

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะทั่วไปของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังตัดแปรที่ไม่ผสมและผสมพลาสติไซเซอร์

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังตัดแปรที่ไม่ผสมพลาสติไซเซอร์ มีลักษณะเป็นเนื้อเดียว สีเหลือง โปร่งแสง และผิวเรียบ สำหรับฟิล์มที่ผสมกลีเซอรอลและซอร์บิทอล มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ส่วนฟิล์มที่ผสมน้ำมันปาล์ม มีลักษณะส่วนใหญ่เหมือนกับฟิล์ม 3 ชนิดข้างต้น แต่มีข้อแตกต่างที่สำคัญคือ มีความมันที่ผิวด้านบนซึ่งเป็นด้านที่ไม่ได้สัมผัสกับแม่แบบ อย่างไรก็ตาม ฟิล์มที่ผสมกรดสเดียริก มีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน กล่าวคือ มีเม็ดสีขาวของกรดสเดียริกกระจายอยู่ทั่วฟิล์ม ทั้งนี้ น่าจะเป็นเพราะกรดสเดียริกไม่สามารถละลายเข้ากันกับแป้งตัดแปร ณ ภาวะเดียวกันกับที่ผสมพลาสติไซเซอร์ชนิดอื่น ด้วยลักษณะของฟิล์มที่ได้ข้างต้น จึงไม่นำฟิล์มที่ผสมกรดสเดียริกไปวิเคราะห์และทดสอบในขั้นตอนต่างๆต่อไป

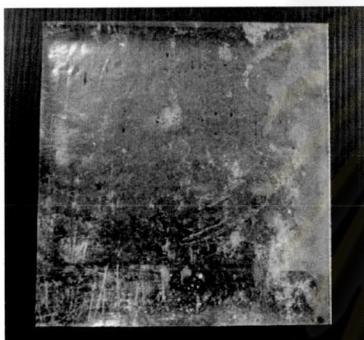
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก. ไม่ผสมพลาสติกไซเซอร



ข. ผสมกลีเซอรอล



ค. ผสมซอร์บิทอล



ง. ผสมกรดสตีริก

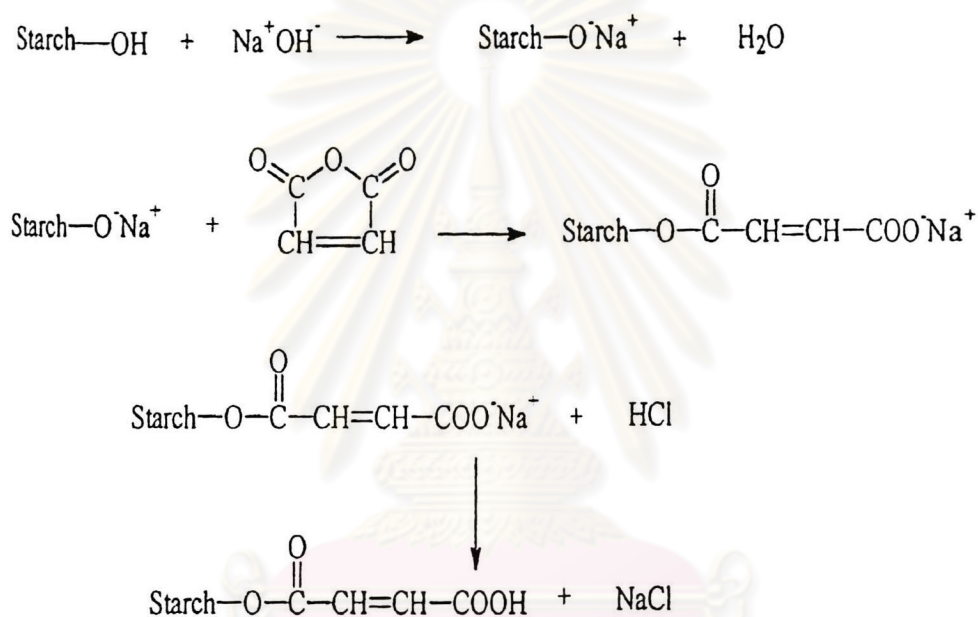


จ. ผสมน้ำมันปาล์ม

รูปที่ 4.1 फिल्मแบ่งมันสำปะหลังดัดแปรที่ไม่ผสม (ก) และผสมพลาสติกไซเซอร (ข-จ)

4.2 โครงสร้างทางเคมีของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังดัดแปรที่ไม่ผสมและผสมพลาสติกไซเซออร์

ในการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา มีขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาดังรูปที่ 4.2



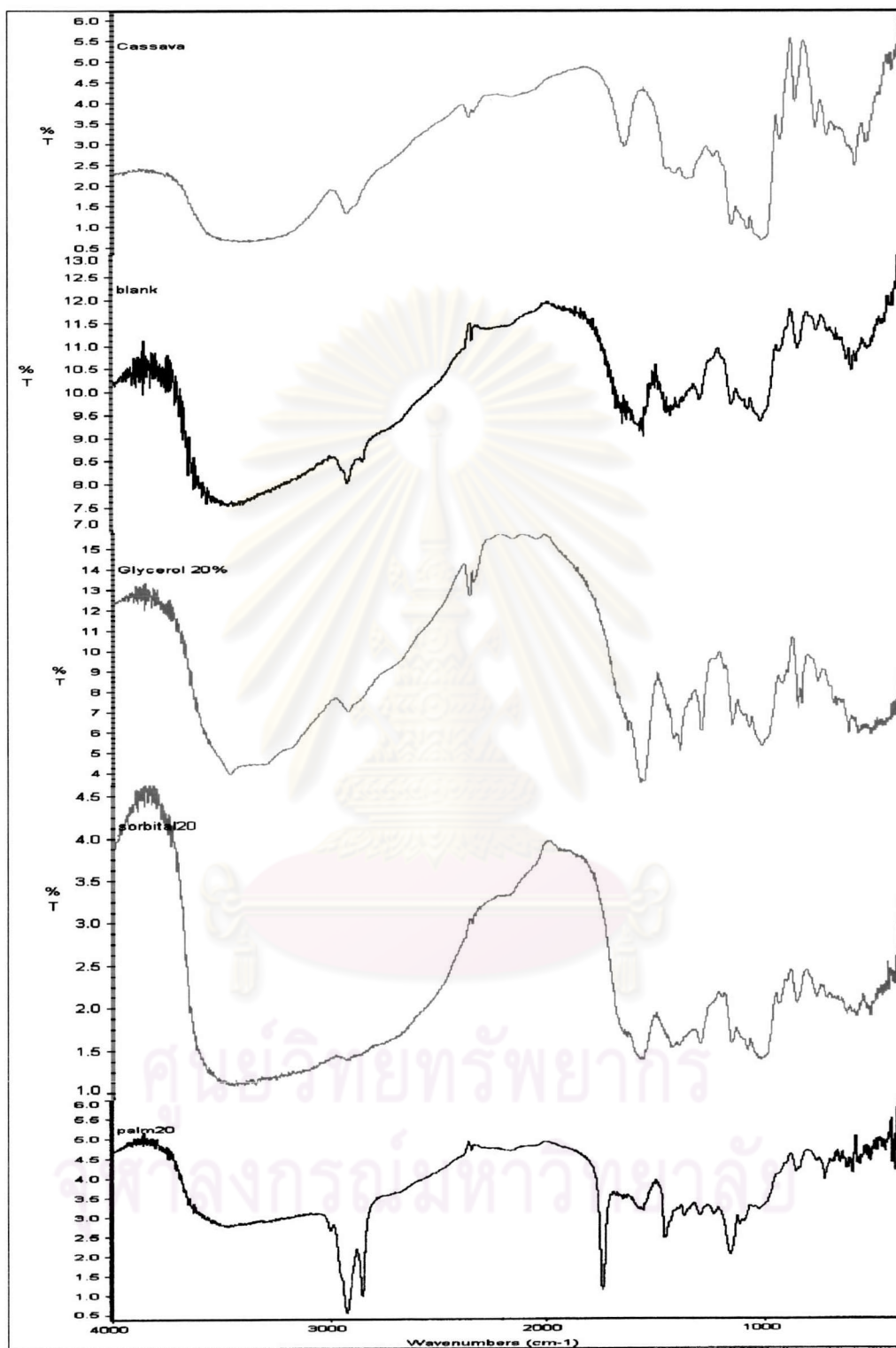
รูปที่ 4.2 ปฏิกิริยาการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์

จากปฏิกิริยาการดัดแปรข้างต้น จะเห็นได้ว่า หมู่ไฮดรอกซิลของแป้งถูกแทนที่ด้วยหมู่เอสเทอร์ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างแป้งกับมาเลอิกแอนไฮไดรด์ เมื่อพิจารณาสเปกตรัมของแป้งดัดแปรทั้งที่ผสมและไม่ผสมพลาสติกไซเซออร์ เปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังที่ไม่ได้ผ่านการดัดแปร ในรูปที่ 4.3 จะเห็นพีกที่แสดงถึงหมู่เอสเทอร์ดังกล่าวอย่างชัดเจน ณ 1750 cm^{-1} ในขณะที่พีกที่แสดงถึงหมู่ไฮดรอกซิล ณ 3490 cm^{-1} ของแป้งดัดแปรมีความเข้มของพีกลดลงเมื่อเทียบกับแป้งที่ไม่ได้ดัดแปร นอกจากนี้ ในแป้งดัดแปรยังปรากฏพีกที่แสดงถึงพันธะคู่ (CH=CH) ณ 920 cm^{-1} อีกด้วย สำหรับในกรณีที่ผสมพลาสติกไซเซออร์นั้น พบว่า ฟิล์มที่ผสมกลีเซอรอลและซอร์บิทอลแสดงลักษณะของสเปกตรัมที่คล้ายคลึงกับฟิล์มที่ไม่ผสมพลาสติกไซเซออร์ ทั้งนี้เป็นเพราะทั้งกลีเซอรอลและ

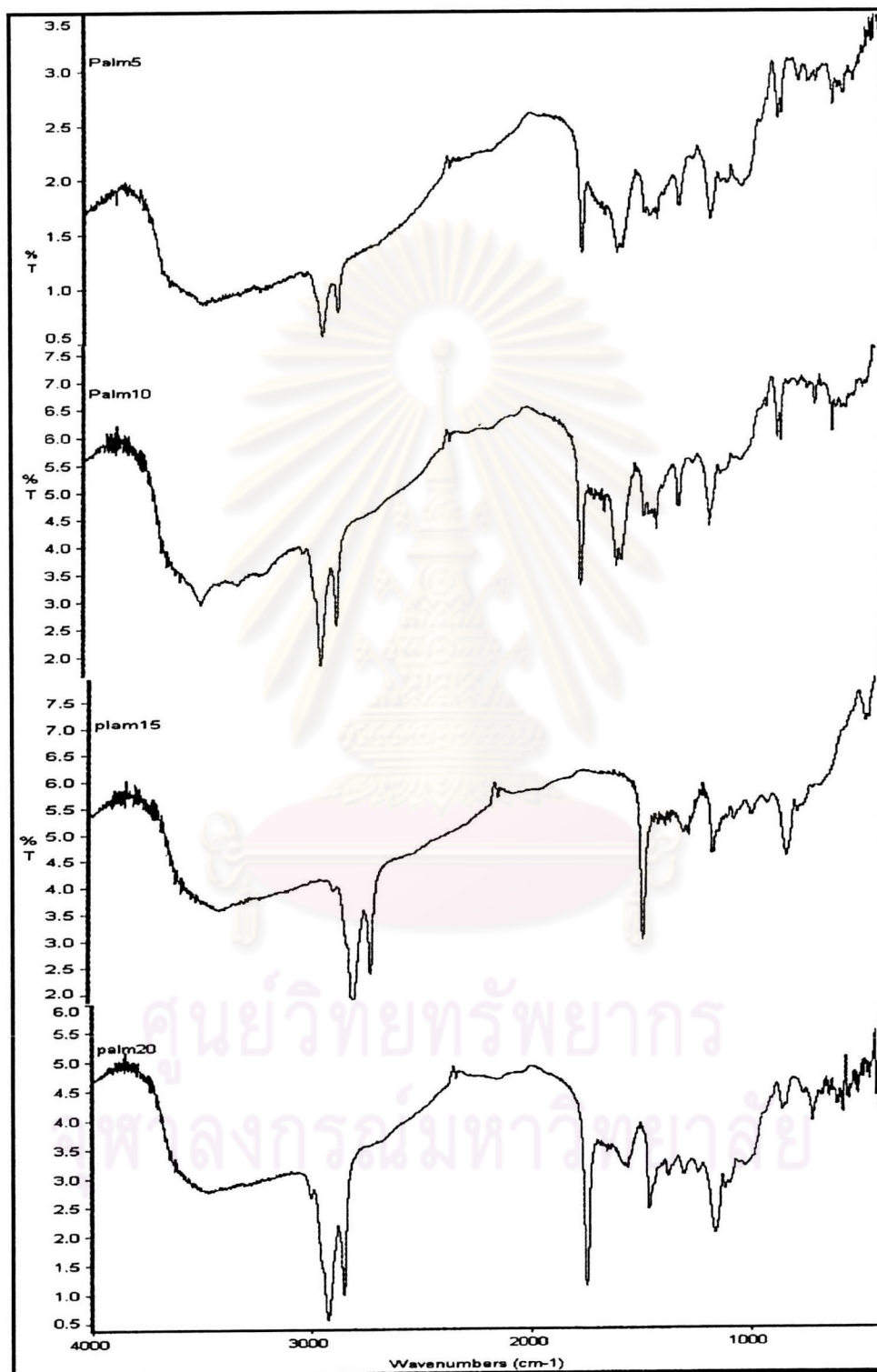
ซอร์บิทอลต่างมีโครงสร้างทางเคมีที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นองค์ประกอบหลักเช่นเดียวกับแป้ง จึงทำให้พิกปรากฏในบริเวณเดียวกัน ในกรณีฟิล์มที่ผสมน้ำมันปาล์ม สเปกตรัมจะมีความแตกต่างจากฟิล์มชนิดอื่นอย่างชัดเจน กล่าวคือ จะมีพีกซึ่งแสดงหมู่ไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่ในน้ำมัน ณ 2970 cm^{-1} ซึ่งพีกนี้มีความเข้มเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณน้ำมันปาล์มเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.4



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

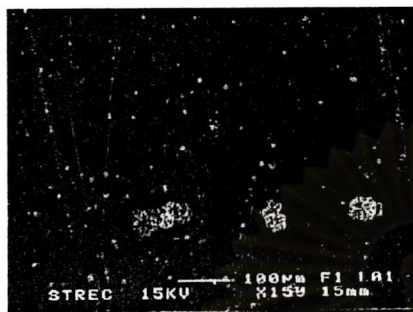


รูปที่ 4.3 เอฟทีไออาร์สเปกตรัมของแป้งที่ไม่ได้ดัดแปร แป้งดัดแปรไม่ผสมพลาสติไซเซอร์และแป้งดัดแปรผสมกลีเซอรอล ซอร์บิทอล และน้ำมันปาล์ม (จากบนลงล่าง ตามลำดับ)

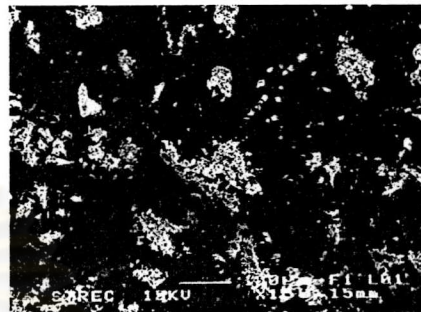


รูปที่ 4.4 เอฟทีไออาร์สเปกตรัมของแป้งดัดแปรผสมน้ำมันปาล์มที่ปริมาณต่างๆ

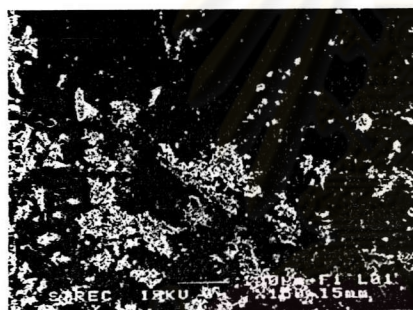
4.3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของฟิล์มแข็งมันสำปะหลังตัดแปรที่ไม่ผสมและผสมพลาสติกไซเซออร์



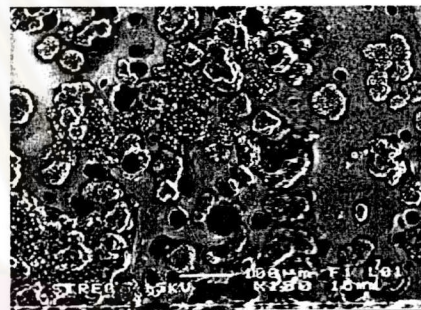
ก. ไม่ผสมพลาสติกไซเซออร์



ข. ผสมกลีเซอรอล



ค. ผสมซอร์บิทอล



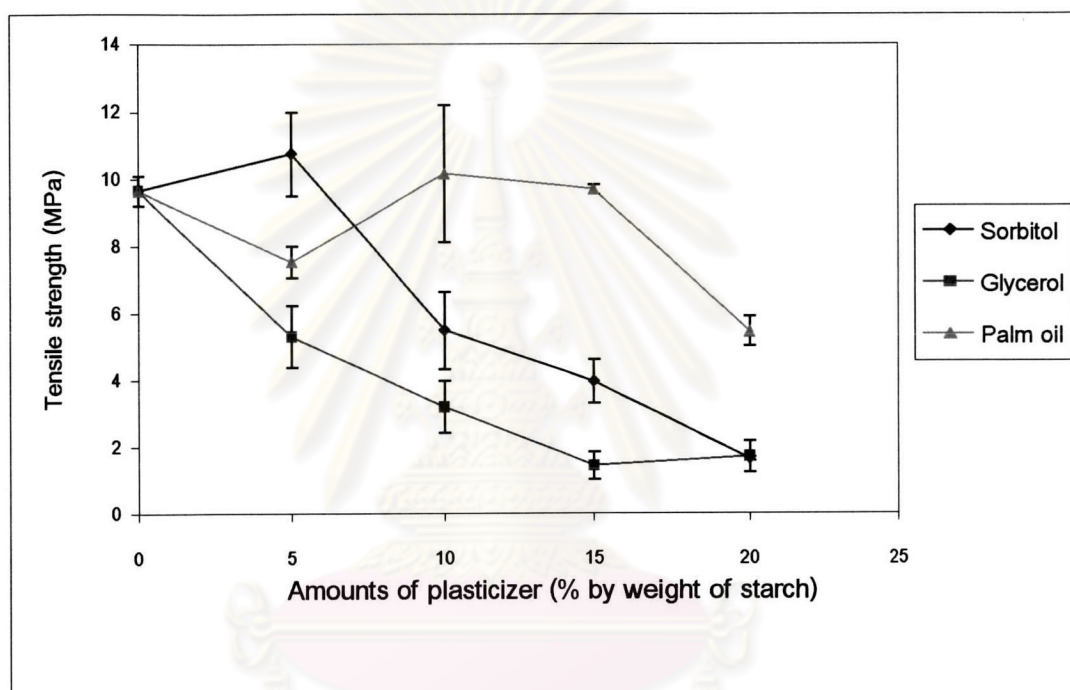
ง. ผสมน้ำมันปาล์ม

รูปที่ 4.5 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 150 เท่าของฟิล์มแข็งมันสำปะหลังตัดแปรที่ไม่ผสม (ก) และผสมพลาสติกไซเซออร์ชนิดต่างๆ (ข-ง)

จากรูปที่ 4.5 พบว่า ฟิล์มทุกชนิดมีลักษณะพื้นผิวเรียบและมีผลึกไซเดียมคลอไรด์ซึ่งเป็นผลพลอยได้ของปฏิกิริยาการตัดแปรกระจายอยู่ประปราย แต่ในกรณีของฟิล์มแข็งตัดแปรที่ผสมน้ำมันปาล์ม (รูป ง) จะพบช่องว่างขนาดต่างๆกระจายอยู่ทั่วพื้นผิว ช่องว่างเหล่านี้จะเป็นผลจากการที่น้ำมันปาล์มบางส่วนเกิดการแยกตัวออกจากแป้งตัดแปร เนื่องจากความแตกต่างของโครงสร้างทางเคมีตั้งที่อธิบายไปแล้วข้างต้น เมื่อฟิล์มแห้งตัว จะมีการหดตัวของแผ่นฟิล์ม จึงทำให้รอยต่อระหว่างเฟสน้ำมันกับเฟสแป้งเกิดแยกตัวออกจากกันเป็นช่องว่างดังที่เห็น

4.4 สมบัติต่างๆของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังดัดแปรที่ไม่ผสมและผสมพลาสติกไฮเซอร

4.4.1 ความทนแรงดึง



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนแรงดึงของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังกับปริมาณพลาสติกไฮเซอรชนิดต่างๆที่ผสมในฟิล์ม

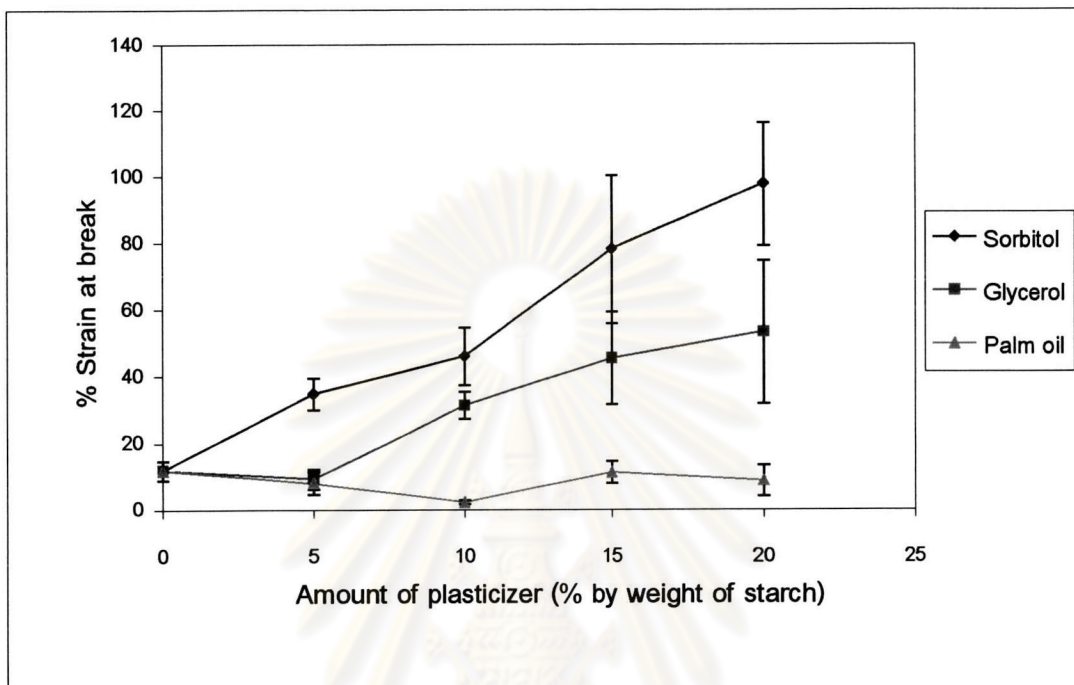
จากรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่า เมื่อเติมซอร์บิทอลลงไป 5 เปอร์เซ็นต์ ความทนแรงดึงของฟิล์มจะสูงกว่าฟิล์มที่ไม่ได้เติมซอร์บิทอล ทั้งนี้ น่าเป็นผลมาจากการเกิดแอนติพลาสติไซเซชัน กล่าวคือ หมู่ไฮดรอกซิลทั้ง 6 หมู่ของซอร์บิทอล สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวสายโซ่โมเลกุลของแป้งดัดแปรได้อย่างเหนียวแน่นกว่าพันธะไฮโดรเจนที่เกิดจากน้ำซึ่งถือเป็นพลาสติกไฮเซอรตามธรรมชาติที่มีอยู่แล้วในเนื้อแป้งดัดแปร ทำให้ต้องใช้แรงดึงในการทำให้ฟิล์มเกิดการฉีกขาดมากกว่า แต่เมื่อปริมาณซอร์บิทอลเพิ่มขึ้น ผลของแอนติพลาสติไซเซชันจะลดลง ในขณะที่ผลของการพลาสติไซเซชันจะเพิ่มขึ้น

กล่าวคือ โมเลกุลของซอร์บิทอลเข้าไปขัดขวางการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของแป้ง ทำให้สายโซ่โมเลกุลของแป้งยึดเหนี่ยวกันน้อยลง ทำให้ความทนแรงดึงของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังดัดแปรมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่เมื่อปริมาณกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น ความทนแรงดึงของฟิล์มแป้งดัดแปรมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เพราะกลีเซอรอลสามารถเข้าไปแทรกตัวระหว่างสายโซ่โมเลกุลของแป้งดัดแปรได้ง่าย [44] ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวไปขัดขวางการจัดเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลของแป้งดัดแปร ทำให้ความเป็นผลึกของแป้งดัดแปรมีผลลดลง นอกจากนี้ ยังไปขัดขวางการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของแป้งดัดแปร เช่นเดียวกับในกรณีของซอร์บิทอล นั่นเอง แต่เนื่องจากกลีเซอรอลมีหมู่ไฮดรอกซิลเพียงสามหมู่ ซึ่งน้อยกว่าของซอร์บิทอล จึงทำให้ไม่เห็นผลของแอนติพลาสติกไซเซชันเหมือนในกรณีของ ซอร์บิทอล

แต่ในกรณีของฟิล์มแป้งดัดแปรที่ผสมน้ำมันปาล์ม พบว่า ความทนแรงดึงของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังดัดแปรที่ผสมน้ำมันปาล์มมีค่าค่อนข้างกระจายตัว ทั้งนี้ น่าจะเป็นเพราะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในฟิล์มดังแสดงภาพถ่าย SEM รูปที่ 4.5 ซึ่งจะเห็นเป็นรูเล็กๆเกิดขึ้น ดังนั้น เมื่อให้แรงดึงกับชิ้นทดสอบ บริเวณนี้จึงเป็นจุดที่เกิดการขาดได้ง่าย อย่างไรก็ตาม เมื่อปริมาณน้ำมันปาล์มเพิ่มขึ้นมาก การขัดขวางการจัดเรียงตัวและการเกิดพันธะไฮโดรเจนของสายโซ่โมเลกุลของแป้งดัดแปรจากหมู่ไฮโดรคาร์บอนของน้ำมันปาล์มจะส่งผลกระทบต่อมาก จึงทำให้ความทนแรงดึงลดต่ำลงมาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

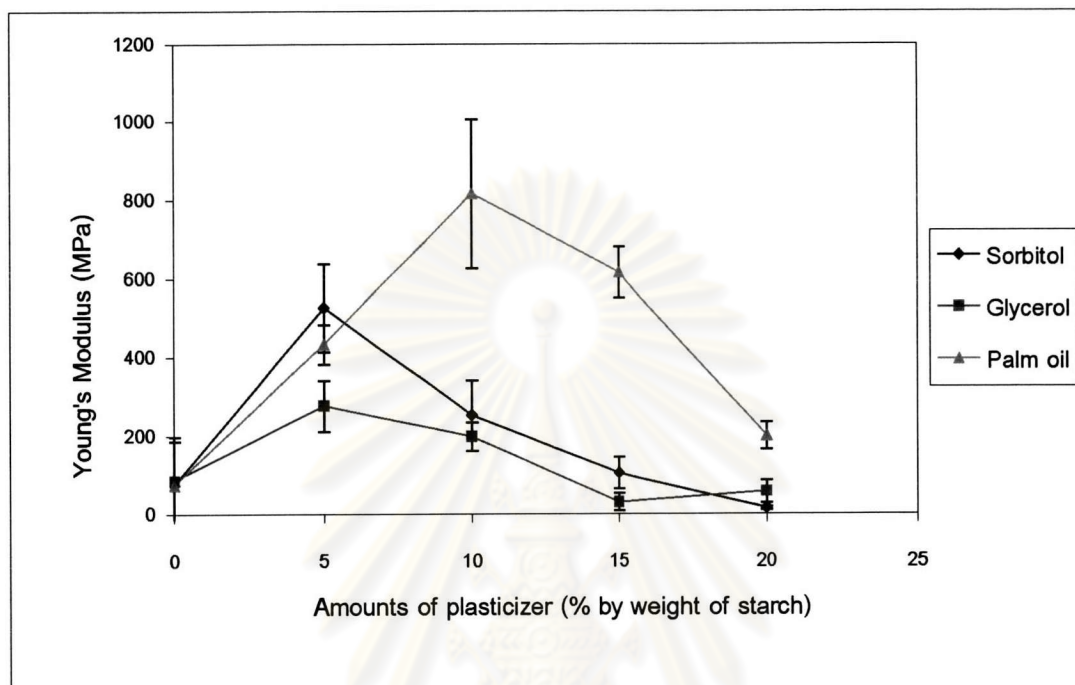
4.4.2 ความสามารถในการยืดดึง ณ จุดขาด



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการยืดดึง ณ จุดขาด ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังกับ ปริมาณพลาสติกไซเซอร์ชนิดต่างๆที่ผสมในฟิล์ม

จากรูปที่ 4.7 พบว่า ฟิล์มแป้งดัดแปรที่ผสมซอร์บิทอลและกลีเซอรอลมีความสามารถในการยืดดึง ณ จุดขาดเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณพลาสติกไซเซอร์ทั้งสองเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะโมเลกุลของกลีเซอรอลและซอร์บิทอลเข้าไปขัดขวางการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของแป้งเหมือนดังที่กล่าวไว้ข้างต้น จึงทำให้สายโซ่มีการเคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการยืดดึง ณ จุดขาดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ในฟิล์มแป้งดัดแปรที่ผสมน้ำมันปาล์ม ความสามารถในการยืดดึง ณ จุดขาดไม่มีแนวโน้มที่สัมพันธ์กับปริมาณของน้ำมันปาล์มที่ผสมเข้าไป ทั้งนี้จะเป็นเพราะจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นในฟิล์มอันเนื่องมาจากความไม่เข้ากันของโมเลกุลของแป้งกับน้ำมันปาล์มดังที่อธิบายและแสดงในรูปที่ 4.5 ง

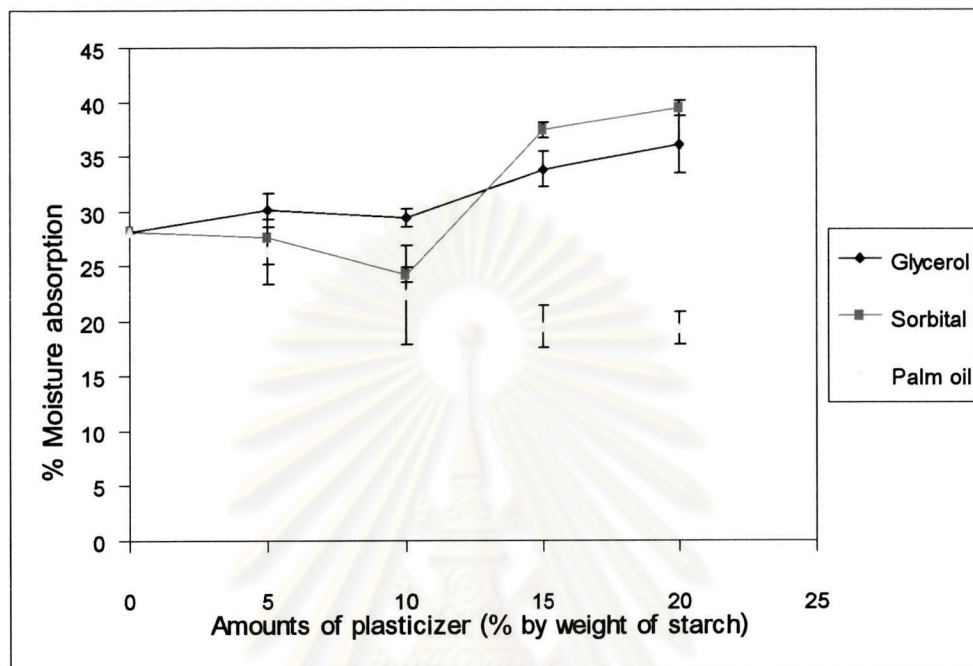
4.4.3 มอดุลัสยืดหยุ่น



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างมอดุลัสยืดหยุ่นของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังกับปริมาณพลาสติกไซเซอร์ชนิดต่างๆที่ผสมในฟิล์ม

จากรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นถึงผลของแอนติพลาสติกไซเซชันที่ค่อนข้างชัดเจนขึ้น โดย ณ ปริมาณซอร์บิทอลและกลีเซอรอล 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ฟิล์มแป้งดัดแปรที่มีมอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่าฟิล์มแป้งดัดแปรที่ไม่ได้ผสมพลาสติกไซเซอร์ แต่เมื่อปริมาณพลาสติกไซเซอร์ทั้งสองเพิ่มขึ้น มอดุลัสยืดหยุ่นกลับมีค่าลดต่ำลง แสดงว่าฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากขึ้น แต่ในฟิล์มแป้งดัดแปรที่ผสมน้ำมันปาล์มทุกสูตรมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่าฟิล์มแป้งดัดแปรที่ไม่ได้ผสมพลาสติกไซเซอร์ ซึ่งแสดงว่าฟิล์มที่ได้มีความแข็งแรงมากกว่า ทั้งนี้ น่าจะมาจากการแยกตัวของน้ำมันปาล์มออกจากเนื้อแป้งและเคลือบผิวหน้าของฟิล์มไว้ จึงทำให้ฟิล์มแป้งไม่สามารถดูดซึมความชื้นเพื่อมาใช้เป็นพลาสติกไซเซอร์ได้

4.4.4 ความสามารถในการดูดซึมความชื้น



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซึมความชื้นของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังกับปริมาณพลาสติกไซเซอร์ชนิดต่างๆที่ผสมในฟิล์ม

เมื่อพิจารณาความสามารถในการดูดซึมความชื้นของฟิล์มแป้งดัดแปรที่เติมกลีเซอรอลและซอร์บิทอล ดังรูปที่ 4.9 พบว่า สำหรับในช่วงแรก 10 เปอร์เซ็นต์แรก ความสามารถในการดูดซึมความชื้นลดลง เนื่องจากโมเลกุลของกลีเซอรอลและซอร์บิทอล ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลมากกว่าน้ำ จึงสามารถแทรกตัวเข้าไปแทนที่น้ำที่อยู่ระหว่างสายโซ่ของแป้งดัดแปรได้ ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างกลีเซอรอลกับแป้งดัดแปรหรือซอร์บิทอลกับแป้งดัดแปร แต่เมื่อปริมาณของพลาสติกไซเซอร์ทั้งสองมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ การแทรกตัวของพลาสติกไซเซอร์ที่มีปริมาณมากขึ้น จึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างโมเลกุลของแป้งในบริเวณข้างเคียงมากขึ้น น้ำในบรรยากาศจึงสามารถแทรกตัวเข้าไปเกิดพันธะไฮโดรเจนกับแป้งได้ นอกจากนี้ โมเลกุลของพลาสติกไซเซอร์บางส่วนยังสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้เช่นเดียวกัน จึงส่งผลให้การดูดซึมความชื้นเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาความสามารถในการดูดซึมความชื้นของฟิล์มแบ่งดัดแปรที่เติมน้ำมันปาล์ม ดังรูปที่ 4.9 พบว่า ความสามารถในการดูดซึมความชื้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณน้ำมันปาล์ม เพิ่มขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำมันปาล์มเป็นโมเลกุลที่ไม่ชอบน้ำ จึงแยกตัวออกมาเคลือบอยู่ที่ ผิวหน้าของฟิล์มดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ส่งผลให้โมเลกุลของน้ำไม่สามารถแทรกตัวเข้าไปเกิดพันธะ ไฮโดรเจนกับแบ่งดัดแปรได้ การดูดซึมความชื้นของฟิล์มจึงลดลง

เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างโมเลกุลของพลาสติกไฮเซอรัลกับความสามารถ ในการดูดซึมความชื้น พบว่า ฟิล์มที่ผสมซอร์บิทอลมีความสามารถในการดูดซึมความชื้นสูงสุด ในขณะที่ฟิล์มซึ่งผสมน้ำมันปาล์มมีค่าดังกล่าวต่ำสุด ซึ่งขึ้นกับปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลที่เกิดพันธะ ไฮโดรเจนกับน้ำ ซึ่งจะเห็นได้ว่า พลาสติกไฮเซอรัลที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ ซอร์บิทอล กลีเซอรอล และน้ำมันปาล์ม (6 3 และ 0 ตามลำดับ)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.5 ความสามารถในการทนทานต่อไขมันและน้ำมัน

เมื่อนำชิ้นงานตัวอย่างมาทำการทดสอบความทนทานต่อไขมันและน้ำมันของฟิล์ม ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังดัดแปรที่ไม่ผสมและผสมพลาสติไซเซอร์ทุกสูตรมีความทนทานต่อไขมันและน้ำมัน

ตารางที่ 4.1 ความทนทานต่อไขมันและน้ำมันของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังดัดแปรที่ผสมพลาสติไซเซอร์ชนิดต่างๆ

สูตร	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	ความทนทานต่อไขมันและน้ำมัน
G5	X	X	X	X	X	ทนทาน
G10	X	X	X	X	X	ทนทาน
G15	X	X	X	X	X	ทนทาน
G20	X	X	X	X	X	ทนทาน
S5	X	X	X	X	X	ทนทาน
S10	X	X	X	X	X	ทนทาน
S15	X	X	X	X	X	ทนทาน
S20	X	X	X	X	X	ทนทาน
P5	X	X	X	X	X	ทนทาน
P10	X	X	X	X	X	ทนทาน
P15	X	X	X	X	X	ทนทาน
P20	X	X	X	X	X	ทนทาน

X คือ ไขมันและน้ำมันไม่สามารถทะลุผ่านแผ่นฟิล์มแป้งดัดแปรไปได้

4.4.6 ความทนทานต่อสารเคมี

เมื่อนำชิ้นงานฟิล์มแบ่งมันสำปะหลังดัดแปรที่ไม่ผสมและผสมพลาสติกไซเซอรส์สูตร B G20 S20 และ P20 มาทดสอบความทนทานต่อสารเคมี ได้ผลทดสอบดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความทนทานต่อสารเคมีของฟิล์มแบ่งมันสำปะหลังดัดแปรที่ผสมพลาสติกไซเซอรส์ชนิดต่างๆ

ชนิดของตัวทำละลาย	เวลา (นาท)	ความทนทานต่อ สารเคมี	เวลา (ชั่วโมง)	ความทนทานต่อ สารเคมี
อะซิโตน	5	√	24	√
กรดอะซิติก	5	√	24	√
10% กรดไฮโดรคลอริก	5	X	24	X
เบนซีน	5	√	24	√
95% เอทิลแอลกอฮอล์	5	√	24	√
10% สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	5	X	24	X
น้ำกลั่น	5	X	24	X

โดย √ คือชิ้นงานสามารถทนตัวละลายนั่นได้

X คือชิ้นงานไม่สามารถทนตัวละลายนั่นได้

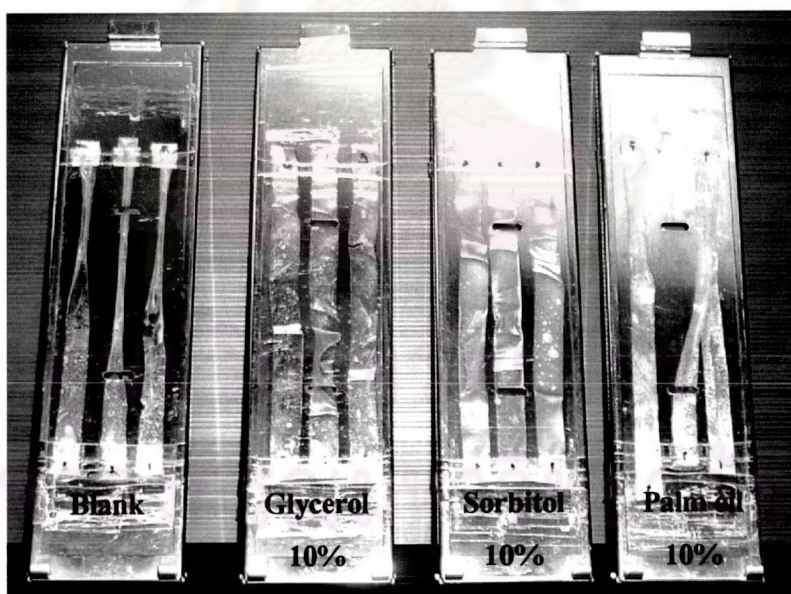
จากตารางที่ 4.2 พบว่า ฟิล์มแบ่งดัดแปรที่ไม่ได้ผสมและผสมกลีเซอรอล ซอร์บิทอล และน้ำมันปาล์ม 20 เปอร์เซ็นต์ ไม่ทนต่อสารละลายกรดไฮโดรคลอริก สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และน้ำกลั่น แต่ทนต่อสารละลายอะซิโตน กรดอะซิติก เบนซีน และเอทิลแอลกอฮอล์

4.4.7 ความทนทานต่อสภาพบรรยากาศ

เมื่อนำชิ้นงานตัวอย่างที่เติมกลีเซอรอล ซอร์บิทอลและน้ำมันปาล์มที่ 10 เปอร์เซ็นต์ มาทดสอบความทนทานต่อสภาพบรรยากาศได้ผลทดสอบดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.10

ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่หายไปหลังจากเข้าเครื่อง Xenotest ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง ดัดแปรที่ไม่ผสมและผสมพลาสติกไฮเซอรชนิดต่างๆ

สูตร	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป
B	7.76±0.96
G10	28.14±9.84
S10	30.25±5.69
P10	20.87±3.26



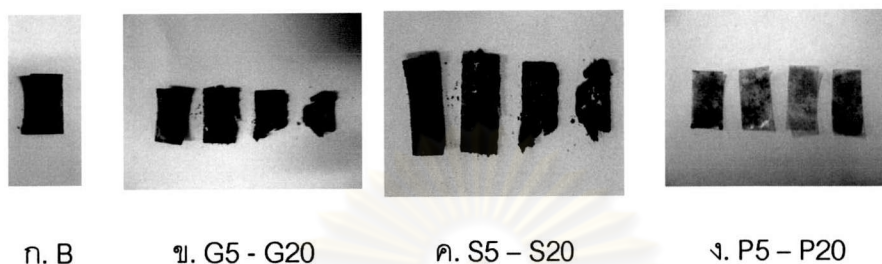
รูปที่ 4.10 ลักษณะของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังดัดแปรที่ไม่ผสมและผสมพลาสติกไฮเซอรหลังจากทดสอบความทนทานต่อสภาพบรรยากาศ

จากตารางที่ 4.3 พบว่า การผสมพลาสติกไซเซอรลงไปในแป้งดัดแปร ทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไปมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องปัจจัยของสภาพบรรยากาศมีทั้งแสงและความชื้น เมื่อผสมพลาสติกไซเซอร มีผลให้ช่องว่างระหว่างสายโซ่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ดูดความชื้นได้มากขึ้น นอกจากนี้ ยังเป็นการเพิ่มหมู่โครโมฟอร์ กล่าวคือ หมู่ไฮดรอกซิลซึ่งเป็นหมู่โครโมฟอร์ที่มีอยู่ในโครงสร้างของซอร์บิทอล และกลีเซอรอล สามารถดูดกลืนแสงและเหนี่ยวนำให้เกิดการแตกสลายของฟิล์มได้ ดังนั้นฟิล์มที่ผสมซอร์บิทอลซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลมากกว่ากลีเซอรอลจึงทนต่อสภาพแวดล้อมน้อยกว่า ส่วนน้ำมันปาล์มที่มีความเข้ากันไม่ได้กับแป้งดัดแปรจึงมีบางส่วนแพร่ออกมาที่ผิว ทำให้เคลือบพื้นผิวฟิล์มแป้งดัดแปรอยู่เป็นเหมือนชั้นป้องกันทั้งแสงและความชื้น ดังนั้น ฟิล์มที่ผสมน้ำมันปาล์มจึงมีการเสื่อมสภาพน้อยที่สุด



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.8 ความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพโดยการฝังดิน



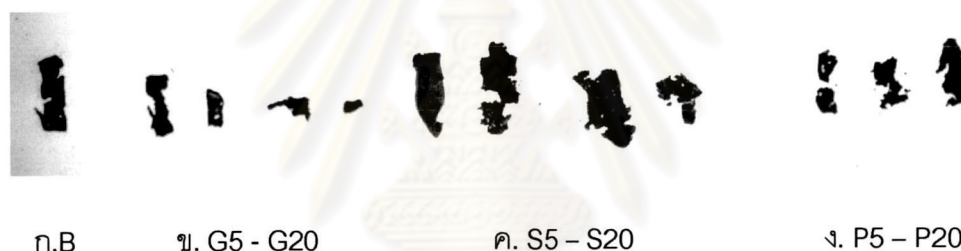
ก. B

ข. G5 - G20

ค. S5 - S20

ง. P5 - P20

รูปที่ 4.11 ลักษณะของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังตัดแปรทุกสูตรหลังจากฝังดินนาน 1 วัน



ก. B

ข. G5 - G20

ค. S5 - S20

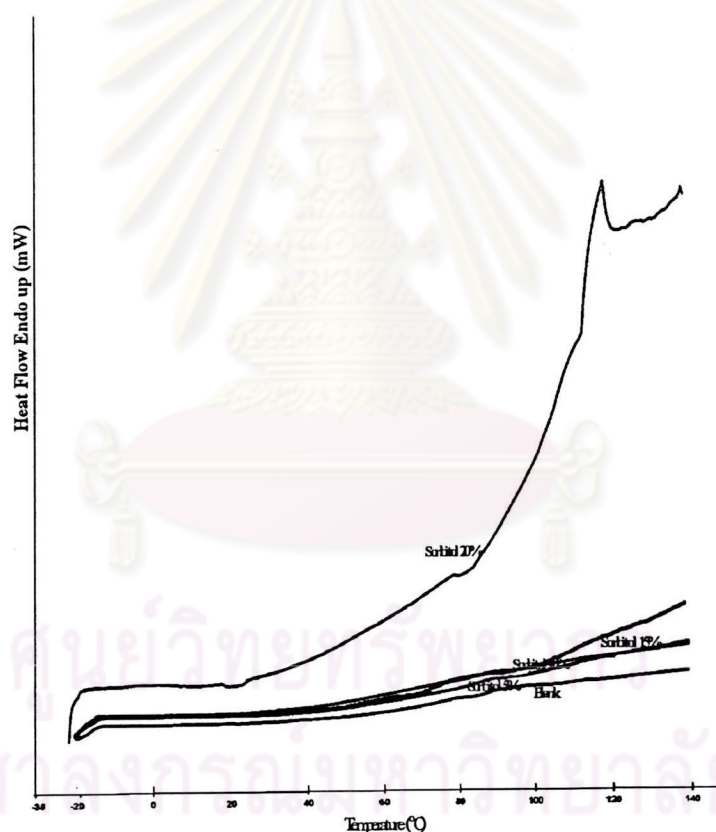
ง. P5 - P20

รูปที่ 4.12 ลักษณะของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังตัดแปรทุกสูตรหลังจากฝังดินนาน 3 วัน

จากรูปที่ 4.11-4.12 พบว่า ฟิล์มแป้งตัดแปรที่ผสมกลีเซอรอล ซอร์บิทอล และน้ำมันปาล์ม เกิดการย่อยสลายได้เร็วกว่าฟิล์มแป้งตัดแปรที่ไม่ได้ผสมพลาสติกไฮดรอกซี เนื่องจาก การย่อยสลายของฟิล์มจะเกิดจากการซึมผ่านของจุลินทรีย์และน้ำเข้าไปในบริเวณส่วนที่เป็นอสังฐาน ซึ่งการเติมกลีเซอรอลและซอร์บิทอล เป็นผลให้ความเป็นผลึกลดลง เนื่องโมเลกุลทั้งสองจะไปขัดขวางการจัดเรียงตัวของส่วนที่เป็นผลึก จึงทำให้ส่วนที่เป็นอสังฐานเพิ่มขึ้น ประกอบกับพลาสติกไฮดรอกซีทั้งสองชนิดยังเป็นสารที่ชอบน้ำ จึงทำให้ดูดซึมความชื้นได้มากขึ้น การย่อยสลายจึงเกิดได้เร็วขึ้น ในกรณีของฟิล์มแป้งตัดแปรที่ผสมน้ำมันปาล์ม ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการย่อยสลายได้เร็วน่าจะมาจาก การที่ฟิล์มมีรูพรุนขนาดต่างๆเกิดขึ้น ดังภาพถ่าย SEM ในรูปที่ 4.5 ง ดังนั้น จุลินทรีย์จึงเข้าไปย่อยสลายได้ง่ายกว่าฟิล์มที่ไม่ได้ผสมพลาสติกไฮดรอกซี

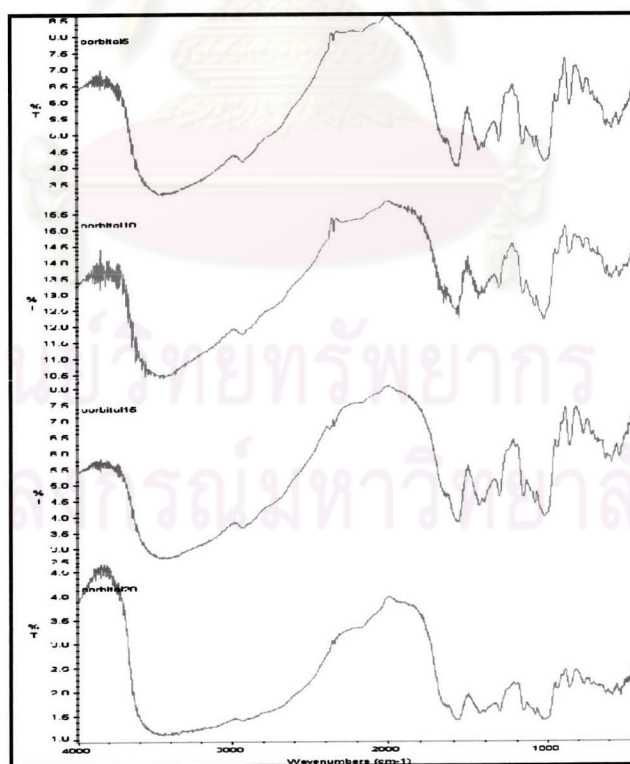
เมื่อพิจารณาสมบัติโดยรวมทั้งหมดแล้ว จะเห็นได้ว่าฟิล์มแข็งมันสำปะหลังดัดแปรที่ผสมชอร์บิทอลมีสมบัติเชิงกล ความสามารถในการดูดซึมความชื้น ความทนทานต่อไขมันและน้ำมัน ความทนทานต่อสารเคมี ความทนทานต่อสภาพบรรยากาศ และความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพที่มีแนวโน้มดีกว่าฟิล์มแข็งมันสำปะหลังดัดแปรที่ผสมกลีเซอรอลและน้ำมันปาล์ม ดังนั้น จึงได้เลือกฟิล์มแข็งดัดแปรที่ผสมชอร์บิทอลมาศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วย DSC ต่อไป

4.4.9 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของฟิล์มแข็งมันสำปะหลังดัดแปรที่ผสมชอร์บิทอล



รูปที่ 4.13 DSC เทอร์โมแกรมของแข็งมันสำปะหลังดัดแปรที่ไม่ผสมและผสมชอร์บิทอลที่มีปริมาณต่างๆกัน

จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ (Differential Scanning Calorimeter: DSC) ดังรูปที่ 4.13 พบว่า ณ ปริมาณของซอร์บิทอล 20 เปอร์เซ็นต์ ฟิล์มที่ได้มีเทอร์โมแกรมที่แตกต่างจากฟิล์มที่ผสมซอร์บิทอลในปริมาณอื่นๆอย่างชัดเจน กล่าวคือ มีการดูดพลังงานอย่างมากเพื่อนำพลังงานดังกล่าวไปสลายพันธะไฮโดรเจนของน้ำที่ถูกดูดซึมโดยแป้งและซอร์บิทอล นอกจากนี้ พลังงานดังกล่าวยังถูกใช้ในการหลอมเหลวซอร์บิทอลอีกด้วย (อุณหภูมิหลอมเหลวของซอร์บิทอล คือ 96.7–97.7 องศาเซลเซียส) แต่สาเหตุสำคัญที่สุดของการดูดพลังงานมากเป็นพิเศษ อยู่ที่ปริมาณความชื้นที่อยู่ในฟิล์มแป้งดัดแปรผสมซอร์บิทอล 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้จากเอพทีไออาร์สเปกตรัม ในรูปที่ 4.14 ซึ่งจะเห็นได้ว่า เมื่อพิจารณาพีกที่ประมาณ 3490 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีกที่แสดงถึง OH stretching ของหมู่ไฮดรอกซิลของสารต่างๆในระบบ ไม่ว่าจะเป็นของแป้ง ซอร์บิทอล รวมไปถึงความชื้นที่ถูกดูดซึมโดยแป้งและซอร์บิทอล จะมีลักษณะกว้างมาก เมื่อเทียบกับสเปกตรัมของฟิล์มแป้งดัดแปรผสมซอร์บิทอลที่ปริมาณอื่นๆ ซึ่งมีลักษณะของพีกใกล้เคียงกัน แสดงว่า ฟิล์มแป้งดัดแปรผสมซอร์บิทอล 20 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณความชื้นอยู่ในฟิล์มมากเป็นพิเศษ จึงต้องใช้พลังงานในการสลายพันธะดังกล่าวมากกว่าฟิล์มแป้งสูตรอื่นๆ



รูปที่ 4.14 เอพทีไออาร์สเปกตรัมของแป้งดัดแปรผสมซอร์บิทอลที่ปริมาณต่างๆ