บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมฟิล์มพลาสติก LLDPE ที่มีความสามารถในการย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยใช้เจลาตินเป็นตัวเติม โดยสามารถทำการขึ้นรูปเป็นฟิล์มพลาสติกได้ 2 ชนิด คือ ฟิล์มพลาสติก LLDPE ผสมเจลาตินที่ไม่เติมสารช่วยผสม และฟิล์มพลาสติก LLDPE ผสมเจลาตินที่เติมสารช่วยผสม (PE-g-MA) ปริมาณต่างๆกัน คือ 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของเจลาติน จากนั้นได้ทำการตรวจสอบสมบัติต่างๆของฟิล์มพลาสติก ทั้งลักษณะทางกายภาพด้วย SEM สมบัติและเสถียรภาพทางความร้อน สมบัติความทนแรงดึง และความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพด้วยวิธีการใช้ Activated Sludge และวิธีการใช้เอนไซม์ protease และยังทำการศึกษาถึงอิทธิพลของปริมาณของเจลาติน ปริมาณของสารช่วยผสม ที่มีต่อสมบัติต่างๆเหล่านี้อีกด้วย

จากการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของฟิล์มพลาสติก พบว่าฟิล์มพลาสติกผสมเจลาตินที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสม และมีปริมาณของเจลาติน 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักนั้น จะมีลักษณะทางกายภาพที่ดีทั้งจากการสังเกตด้วยสายตาและการตรวจสอบด้วย SEM คือจะเห็นอนุภาคของเจลาตินได้น้อย แต่ทั้งนี้จะพบว่าฟิล์มพลาสติกที่ผสมเจลาตินและเติมสารช่วยผสมจะทำให้ฟิล์มมีลักษณะทางกายภาพที่ดียิ่งขึ้น

สำหรับสมบัติความทนแรงดึงของฟิล์มพลาสติกพบว่า เมื่อเติมเจลาตินลงไปจะทำให้ค่าความทนต่อแรงดึง และความสามารถในการยืดดึงที่จุดขาด ลดลง ตามปริมาณของเจลาตินที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคของเจลาตินที่เติมลงไปมีแรงยึดติดกับเมทริกซ์คือพลาสติก LLDPE ไม่ดีพอ ดังนั้นเมื่อมีการปรับปรุงความสามารถในการยึดติดกันระหว่างเฟสให้ดีขึ้นด้วยการเติมสารช่วยผสม พอลิเอทิลีนกราฟต์มาเลอิกแอนไฮไดรด์ (PE-g-MA) พบว่า จะทำให้ค่าความทนแรงดึงสูงขึ้นเล็กน้อย และมีค่ามอดุลัสสูงขึ้น เนื่องจากมาเลอิกแอนไฮไดร์ในสารช่วยผสมจะเข้าทำปฏิกิริยากับเจลาตินเกิดเป็นพันธะโควาเลนต์ แต่ความสามารถในการยืดดึงลดลง เนื่องจาก PE-g-MA มีความสามารถในการยืดดึงที่ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้ปริมาณสารช่วยผสมที่มีผลให้ฟิล์มพลาสติกมีสมบัติความทนแรงดึงสูงที่สุดคือ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของเจลาติน

และในการทดสอบความสามารถในการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้ activated sludge และวิธีการใช้เอนไซม์ protease ทั้ง 2 วิธีจะให้ผลการทดลองเป็นไปในแนวทางเดียวกัน โดยที่จากการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพด้วย SEM พบว่ามีรูพรุนเกิดขึ้นที่บริเวณผิวของฟิล์มพลาสติก โดยจำนวนรูจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณเจลาตินที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ยังขึ้นกับระยะเวลาในการทำการย่อยสลายด้วย กล่าวคือเมื่อระยะเวลาในการทดสอบมากขึ้นจะทำให้จำนวนและขนาดของรูพรุนเพิ่มขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเจลาตินที่กระจายอยู่ในเนื้อพลาสติกถูกบริโภคไปโดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียที่ใช้ในการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้ activated sludge และถูกย่อยโดยเอนไซม์ protease ที่ใช้ในการย่อยสลายด้วยวิธีการใช้เอนไซม์

และเมื่อตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่สูญเสียไป พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณเจลาตินมากขึ้น ซึ่งการสูญเสียน้ำหนักเกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคของเจลาตินถูกบริโภคและย่อยสลายไปนั่นเอง

และในการทดสอบสมบัติเชิงกลพบว่า สมบัติความทนแรงดึง ไม่ว่าจะเป็น ค่าความทนแรงดึงและความสามารถในการยืดดึงที่จุดขาด จะลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มพลาสติกที่ไม่ได้ผ่านการย่อยสลาย โดยการลดลงจะแปรผันตามปริมาณของเจลาตินที่เติมลงไปและระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลาย ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าอนุภาคของเจลาตินถูกบริโภคและย่อยสลายไป ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์หรือเอนไซม์เข้าไปย่อยสลายพลาสติกได้มากขึ้นและเหนี่ยวนำให้เกิดการย่อยสลายได้ต่อไป ทำให้เกิดช่องว่างที่บริเวณผิวของฟิล์ม เมื่อถูกแรงดึงมากระทำ จึงทำให้ช่องว่างขยายตัวและเกิดการขาดได้โดยง่าย ส่วนค่ามอดุลัสของฟิล์มพลาสติกภายหลังการย่อยสลายจะลดลง ตามปริมาณเจลาตินและระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายเช่นเดียวกัน

แต่ในกรณีของฟิล์มพลาสติกที่เติมสารช่วยผสม จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ และเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่สูญเสียไปลดลง ซึ่งจะเห็นได้จาก SEM ว่าจำนวนและขนาดของรูพรุนที่เกิดขึ้นลดลง ตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของสารช่วยผสมที่เติมลงไป ทั้งนี้เนื่องจากสารช่วยผสมทำให้อนุภาคของเจลาตินยึดติดกับเนื้อพลาสติกได้ดีขึ้น จุลินทรีย์หรือเอนไซม์จึงเข้าถึงได้ยาก ทำให้เกิดการย่อยสลายน้อยลงตามไปด้วย

จากผลการทดลองขึ้นรูปและทดสอบสมบัติต่างๆของฟิล์มพลาสติกผสมเจลาติน ฟิล์มพลาสติกที่มีสมบัติที่ยอมรับได้และเหมาะสมในการนำไปใช้งาน คือฟิล์มพลาสติกผสมเจลาติน

10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เนื่องจากมีสมบัติความทนแรงดึงก่อนการย่อยสลายลดลงเพียงเล็กน้อย และมีลักษณะทางกายภาพที่ดีไม่แตกต่างจากฟิล์มพลาสติก LLDPE มากนัก และเมื่อทดสอบการย่อยสลายพบว่า มีการเสื่อมลงของสมบัติต่างๆ ทั้งลักษณะทางกายภาพ น้ำหนักที่สูญเสียไป และสมบัติความทนแรงดึงที่น่าพอใจ ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการย่อยสลายของฟิล์มพลาสติกชนิดนี้

ทั้งนี้แม้ว่าที่ปริมาณเจลาติน 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะมีสมบัติต่างๆ ภายหลังการย่อยสลายที่ลดลงอย่างชัดเจน แต่สมบัติทางกายภาพ และสมบัติความทนแรงดึงของฟิล์มพลาสติกก่อนการย่อยสลายมีค่าต่ำ ไม่เหมาะสมในการนำไปใช้งาน

ซึ่งฟิล์มพลาสติก LLDPE ผสมเจลาตินที่เตรียมได้นี้ น่าจะเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งานเป็นฟิล์มพลาสติกที่ใช้ในด้านการเกษตร เช่น ฟิล์มคลุมดิน (mulch film) ทั้งนี้เนื่องจากเจลาตินที่ถูกย่อยสลายไปแล้วก็ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมด้วยเช่นกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการผสมพลาสติก LLDPE กับตัวเติม ควรใช้เครื่องอัดรีดสกรูคู่ (twin screw extruder) ซึ่งจะทำให้เกิดการผสมได้ดีกว่าการใช้เครื่องผสม 2 ลูกกลิ้ง (two roll mill) เนื่องจากเครื่องอัดรีดสกรูคู่ จะมีสกรู 2 อัน หมุนเข้าหากัน และมีช่องว่างระหว่างสกรู ทำให้เนื้อพลาสติกกับตัวเติม ที่เติมลงไปเกิดการผสมเข้ากันได้เป็นอย่างดี และเมื่อผ่านการผสมใน barrel แล้วจะถูกอัดรีดออกมาเป็นเส้น แล้วตัดเป็นเม็ดเล็กๆ เพื่อนำไปขึ้นรูปในขั้นตอนต่อไป

2. ในขั้นตอนการขึ้นรูปเป็นฟิล์มพลาสติก ควรใช้เครื่อง chill roll cast film ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตฟิล์มพลาสติกโดยเฉพาะ ฟิล์มที่ได้จะมีความบางมากน้อยตามความต้องการ และมีความหนาที่สม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น และมีผิวฟิล์มที่เรียบทั้ง 2 ด้าน ซึ่งเหมาะแก่การนำไปใช้งานยิ่งขึ้น

3. ควรปรับปรุงวิธีการดัดแปรทางเคมีของเจลาตินด้วยวิธีอื่น เพื่อช่วยปรับปรุงความสามารถในการเข้ากันได้ระหว่างเจลาตินกับพลาสติก LLDPE มากขึ้น เพื่อทำให้มีสมบัติต่างๆที่ดีขึ้นด้วย

4. ควรทดสอบความสามารถในการย่อยสลายด้วยวิธีอื่นๆด้วย เช่น วิธีการฝังดิน (soil burial test) ซึ่งเป็นวิธีที่ใกล้เคียงกับการย่อยสลายตามธรรมชาติ หรือการย่อยสลายโดยใช้แสง (photodegradation) เพื่อดูแนวโน้มในการย่อยสลายของฟิล์มพลาสติกว่าวิธีไหนมีความเหมาะสมมากที่สุด หรือควรเพิ่มระยะเวลาในการทดสอบการย่อยสลายด้วยวิธีที่ใช้ในงานวิจัยนี้

5. ควรทดสอบความสามารถในการดูดซึมความชื้น (moisture absorption) ของฟิล์มพลาสติกที่เตรียมได้ เพื่อดูแนวโน้มในการดูดซึมความชื้นเมื่อนำฟิล์มพลาสติกไปใช้งาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย