ชนาธินาถ ร่องอ้อ: ฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพจากพอลิแลกติกแอซิด ยางธรรมชาติ และฟางข้าว เพื่อใช้ใน งานด้านการเกษตร (POLY(LACTIC ACID)/ NATURAL RUBBER/ RICE STRAW BIOCOMPOSITE FILMS FOR AGRICULTURAL APPLICATION)
อาจารย์ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี ชุมสำโรง, 152 หน้า.

คำสำคัญ: พอลิแลกติกแอซิด/ยางธรรมชาติ/ฟางข้าว/คอมโพสิตชีวภาพ/การย่อยสลายทางชีวภาพ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพที่ยั่งยืนและย่อยสลายได้ทางชีวภาพสำหรับการใช้งานทางการเกษตรจากวัสดุที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพและทดแทนได้ในระยะเวลาสั้น ได้แก่ พอลิแลกติกแอซิด, ยางธรรมชาติ, และฟางข้าว อย่างไรก็ตามพอลิแลกติกแอซิด และยางธรรมชาติ มีความไม่เข้ากัน นำไปสู่การแยกเฟสและคุณสมบัติเชิงกลต่ำ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการปรับปรุงความเข้ากันได้ผ่านการบด (mastication) ยางธรรมชาติด้วยเครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง (two-roll mill) ระยะเวลาในการบดคือ 10, 20, และ 30 นาที ยางธรรมชาติถูกนำไปผสมเข้ากับพอลิแลกติกแอซิดด้วยเครื่องบดผสมภายใน (internal mixer) อัตราส่วนระหว่างพอลิแลกติกแอซิดและยางธรรมชาติเท่ากับ 60/40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (wt.%) จากการตรวจสอบผลของดัชนีการไหล พบว่า เมื่อเวลาที่ใช้ในการบดยางธรรมชาตินานขึ้นจะส่งผลให้ดัชนีการไหลของพอลิเมอร์ผสมเพิ่มสูงขึ้น โดยเวลาในการบดยาง 10 นาที ดัชนีการไหลมีค่า 9.69 ± 1.01 กรัม/10นาที และที่เวลาในการบดยางเท่ากับ 30 นาที ค่าดัชนีการไหลเพิ่มเป็น 60.27± 0.31 กรัม/10นาที จากการตรวจสอบสมบัติการดึงของชิ้นทดสอบพอลิเมอร์ผสมซึ่งขึ้นรูปด้วยกระบวนการกดอัด (compression molding) พบว่า ค่าความยืดสูงสุด ณ จุดขาด ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลกติกแอซิดกับยางธรรมชาติที่ผ่านการบดเป็นเวลา 10 นาที มีค่าสูงสุดเท่ากับ 231.33 ± 34.43 เปอร์เซ็นต์ (%) ดังนั้นระยะเวลาในการบดยาง 10 นาทีจึงถูกนำไปใช้ศึกษาต่อในการผลิตฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพ

ในการศึกษาถัดมาเป็นการศึกษาผลของปริมาณฟางข้าวที่มีต่อดัชนีการไหล สมบัติการดึงและสัณฐานวิทยาของฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพระหว่างพอลิแลกติกแอซิด ยางธรรมชาติและฟางข้าว ฟางข้าวถูกเติมที่อัตราส่วน 3, 5, และ 10 wt.% ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลกติกแอซิดและยางธรรมชาติที่อัตราส่วนคงที่เท่ากับ 60/40 wt.% ชิ้นงานทดสอบถูกขึ้นรูปด้วยกระบวนการหลอมอัดรีดขึ้นรูปเป็นฟิล์ม (cast films extrusion) จากการขึ้นรูปเป็นฟิล์ม พบว่า ฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพที่มีการเติมฟางข้าว 10 wt.% มีรูขนาดใหญ่จำนวนมากปรากฏบนพื้นผิว ซึ่งทำให้ไม่สามารถทำการทดสอบเพิ่มเติมได้ ความไม่ต่อเนื่องของเนื้อฟิล์มสอดคล้องกับค่าดัชนีการไหลที่สูงของคอมโพสิตที่มีปริมาณฟางข้าว 10 wt.% (37 ± 0.79 กรัม/10 นาที) ซึ่งสูงกว่าช่วงดัชนีการไหลที่เหมาะสม (ประมาณ 9-15 กรัม/10 นาที) สำหรับการผลิตฟิล์มผ่านกระบวนการอัดรีดขึ้นรูปอย่างมีนัยสำคัญ การศึกษาสมบัติการดึงของฟิล์มคอมโพสิตที่เติมฟางข้าวอัตราส่วน 3 และ 5 wt.% พบว่า พฤติกรรม

การแตกหักของพอลิแลกติกแอซิดยังคงเป็นแบบเหนียว แม้ว่าความต้านทานแรงดึงและมอดุลัสของฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพจะลดลงเมื่อมีปริมาณฟางเพิ่มขึ้น แต่ค่าความยืดสูงสุด ณ จุดขาด ยังคงสูงกว่าพอลิแลกติกแอซิด สัณฐานวิทยาของพื้นที่ผิวแตกหักจากการดึงของฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพแสดงให้เห็นถึงความไม่เข้ากัน

ผลการตรวจสอบพฤติกรรมการย่อยสลายของฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพโดยการฝังดินที่มีความชื้นเท่ากับ 30% โดยน้ำหนัก เป็นระยะเวลา 3 เดือน แสดงให้เห็นว่า ฟิล์มพอลิแลกติกแอซิดมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำสุดที่ 3.33% ในขณะที่ฟิล์มที่เติมฟางข้าว 5 wt.% มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดคือ 8.30% สอดคล้องกับผลของน้ำหนักโมเลกุลที่ลดลง สัณฐานวิทยาแสดงให้เห็นถึงการเกิดรอยแตกและการมีอยู่ของเชื้อราบนพื้นผิวฟิล์มหลังจากถูกฝังลงในดิน การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิครังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงาน (energy dispersive X-ray, EDX) แสดงให้เห็นว่ามีองค์ประกอบไนโตรเจนและปริมาณคาร์บอนลดลงหลังจากการฝังดิน ในขณะที่ปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้น เทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction, XRD) เผยให้เห็นความเป็นผลึกต่ำในพอลิแลกติกแอซิด สอดคล้องกับการวิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแครอลีมิเตอร์ (differential scanning calorimeter, DSC) การเติมยางธรรมชาติและฟางข้าวลงในคอมโพสิตชีวภาพทำให้ค่าความเป็นผลึกของพอลิแลกติกแอซิดเพิ่มขึ้น นอกจากนั้น ยังพบว่า ความเป็นผลึกของฟิล์มทุกชนิดมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากฝังดินเป็นเวลา 3 เดือน สอดคล้องกับค่ามอดุลัสที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามพบว่าค่าความต้านทานแรงดึงและค่าความยืดสูงสุด ณ จุดขาดลดลง การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพที่เติมฟางข้าวเสื่อมสภาพได้ง่ายกว่าฟิล์มพอลิแลกติกแอซิด เพื่อประเมินประสิทธิภาพของฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพในการใช้งานทางการเกษตร ฟิล์มทุกชนิดได้แก่ พอลิแลกติกแอซิด พอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลกติกแอซิดและยางธรรมชาติ และฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพถูกนำมาใช้ในการผลิตถุงเพาะชำและฟิล์มคลุมดินสำหรับการปลูกต้นพริกเป็นเวลา 3 เดือน เมื่อครบกำหนดการปลูก 3 เดือน พบว่า รากของพริกสามารถแทงทะลุออกมาจากถุงเพาะชำ โดยเฉพาะถุงที่ทำจากฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพ บ่งชี้ว่าถุงเพาะชำไม่ได้ขัดขวางการเจริญเติบโตของต้นพริก นอกจากนี้ ยังพบว่า ต้นพริกมีแนวโน้มการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในถุงเพาะชำจากฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพที่เติมฟางข้าว 3 wt.% โดยมีค่าน้ำหนักแห้งเท่ากับ 33.33 ± 4.16 กรัม ฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพย่อยสลายเร็วเมื่อใช้เป็นฟิล์มคลุมดินสำหรับปลูกพริก โดยฟิล์มเริ่มมีการขาดออกจากกันตั้งแต่เดือนแรก และในเดือนที่สองพบว่าฟิล์มมีการแตกกระจายออกจนไม่สามารถคลุมดินได้ ทำให้หญ้าและวัชพืชเกิดขึ้นตามบริเวณรอยแตกนั้น แสดงให้เห็นว่า การใช้ฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพเป็นฟิล์มคลุมดินสำหรับการปลูกพริกนั้นอาจไม่เหมาะสม

สาขาวิชา วิศวกรรมวัสดุ ลายมือชื่อนักศึกษา ชยาธินาถ ร่องอ้อ

ปีการศึกษา 2566 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ปราม ชุยงาโน

CHANATINAT RONOG-OR: POLY(LACTIC ACID)/ NATURAL RUBBER/ RICE STRAW BIOCOMPOSITE FILMS FOR AGRICULTURAL APPLICATION.
THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. PRANEE CHUMSAMRONG, Ph.D., 152 PP.

Keyword: Poly(lactic acid)/Natural rubber/Rice straw/Biocomposite/Biodegradability

The aim of this study is to develop sustainable and biodegradable biocomposite films for agricultural applications using biodegradable and renewable resources including poly(lactic acid) (PLA), natural rubber (NR), and rice straw (RS). However, the incompatibility between PLA and NR results in phase separation and poor mechanical properties. To enhance compatibility, NR mastication was conducted by a two-roll mill, with mastication durations of 10, 20, and 30 minutes. Masticated NR was then blended with PLA using an internal mixer. The weight ratio of PLA and NR was fixed at 60/40 wt.%. The melt flow index (MFI) of the polymer blend increased with the duration of NR mastication, from 9.69 ± 1.01 g/10 min at 10 minutes to 60.27 ± 0.31 g/10 min at 30 minutes. The tensile test of the compression-molded polymer blend specimens revealed that the NR mastication time at 10 minutes showed the highest percentage elongation at break, which was 231.33 ± 34.43 %. Therefore, a mastication time of 10 minutes was selected to further investigate the production of biocomposite films.

The subsequent study aimed to investigate the effect of rice straw (RS) content on the MFI, tensile, and morphological characteristics of the bicomposite films. RS was added to a PLA/NR blend at weight ratios of 3, 5%, and 10%, with a PLA and NR weight ratio fixed at 60/40 wt.%. Test specimens were produced using cast film extrusion procedure. Examination revealed numerous large holes on the surface of the biocomposite film containing 10 wt.% RS, which limited further testing. The film's discontinuity is attributed to the elevated melt flow index value of the composite containing 10 wt% rice straw content (37 ± 0.79 g/10 min), which is significantly above the recommended melt flow index range (about 9–15 g/10 min) to produce films using a cast film extrusion process. The tensile tests of biocomposite films containing 3 and 5 wt.% RS still show ductile fracture behavior. Even though the tensile strength and modulus decrease as the RS content increases, the elongation at break remains higher than PLA. The morphology of the fracture surface area exhibits incompatibility.

The results of examining the degradation behavior of biocomposite films by burying them in soil with a moisture content of 30% by weight for a period of 3 months showed that the polylactic acid film had the lowest percentage weight loss at 3.33%, while the film with 5 wt.% RS had the highest weight loss rate at 8.30%. This is consistent with the decrease in the molecular weight of the PLA phase in biocomposite films. The morphological analysis reveals numerous pores and fungus growth on the film surface after soil burial. Energy dispersive X-ray (EDX) analysis indicated a reduction in carbon contents while the oxygen and nitrogen content increased during the burial process. The X-ray diffraction (XRD) study indicated a low degree of crystallinity in the PLA, which is in accordance with the results obtained from the differential scanning calorimeter (DSC). Following the addition of NR and RS to the biocomposites, the crystallinity of the PLA trended to increase. Additionally, after 3 months of soil burial, each type of film showed increased crystallinity and modulus, while tensile strength and elongation at break decreased. This indicates that biocomposite films filled with RS exhibit a higher susceptibility to degradation compared to PLA films.

To evaluate the efficacy of biocomposite films in agricultural applications, all types of films, including PLA, PLA/NR blend, and biocomposite films, were used to fabricate seedling bags and mulch films for the cultivation of chili plants over a three-month period. After a period of three months, the chili roots effectively penetrated the seedling bags. Specifically, bags made from biocomposite materials. These findings indicate that the utilization of seedling bags did not hinder the growth of the chili plants. In addition, the growth of chili plants in the bags made from biocomposite film containing 3 wt.% RS appeared to be better and resulted in a maximum dry weight of 33.33 ± 4.16 grams. Biocomposite film decomposes quickly when used as a mulch for growing chili plants. The film began to fall apart after the first month. In the second month, the film had expanded to such an extent that it could no longer adequately cover the soil. This causes grass and weeds to grow in the cracked area. This suggests that using biocomposite films as mulch films for chilli cultivation may not be appropriate.

School of Material Enginnering Student's Signature Chanatinat Rang-os

Academic Year 2023 Advisor's Signature Pranee Chumsamrong