

บทคัดย่อ

โฟมพอลิยูรีเทนชีวภาพเตรียมจากยางธรรมชาติและพอลิคาโพรแลคโตนสำหรับการปลดปล่อยปุ๋ย

ยางธรรมชาติเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มีการใช้งานมานานและประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตรายใหญ่ที่สุดของโลก การใช้งานยางธรรมชาติส่วนใหญ่ยังจำกัดอยู่ในผลิตภัณฑ์รูปแบบเดิม เช่น ยางล้อ ถังมียาง ถังยางอนามัย ปะเก็น ซีลยาง กาวยาง ยางกันกระแทก และผลิตภัณฑ์ต่างๆไป ฯลฯ มีงานวิจัยภายในประเทศเป็นจำนวนมากที่พยายามเพิ่มมูลค่าให้กับยางธรรมชาติ ด้วยการทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่มาจากยางธรรมชาติ มีการใส่สารเคมีเพื่อให้มีการคงรูป ซึ่งเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้ย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่าย เนื่องจากปัจจุบันนี้ ความต้องการผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมชนิดที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายด้วยจุลินทรีย์ เป็นที่ต้องการมากขึ้น ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาเพิ่มมูลค่าให้กับยางธรรมชาติ ควรตระหนักในด้านนี้ ซึ่งยางธรรมชาติที่วัลคาไนซ์แล้วจะมีการย่อยสลายได้ยากขึ้นเพราะจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลลดน้อยลง การนำพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่ย่อยสลายได้ง่ายมาผสมกับยางธรรมชาติ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ นักวิจัยได้มีการทำวิจัยสังเคราะห์พอลิยูรีเทนจากยางธรรมชาติผสมพอลิคาโพรแลคโตนมาก่อนแล้ว จึงมีความคิดที่จะพัฒนาพอลิเมอร์ชนิดใหม่เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้กับยางพารา ทำการสังเคราะห์โฟมพอลิยูรีเทนจากยางธรรมชาติผสมกับพอลิคาโพรแลคโตน(พีพอลิเมอร์) โดยใช้เป็นวัสดุเพื่อการปลดปล่อยปุ๋ยยูเรีย ยางธรรมชาติถูกดัดแปรให้มีหมู่ไฮดรอกซิลที่ปลายสายโซ่โมเลกุลและมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำลง โฟมพอลิยูรีเทนนี้ถูกสังเคราะห์แบบขั้นตอนเดียว โดยการผสมยางธรรมชาติดัดแปรเข้ากับพอลิคาโพรแลคโตนไดโอด ไอโซไซยาเนต สารฟู และสารเติมแต่งต่างๆ รวมทั้งปุ๋ยยูเรีย เข้าด้วยกัน กวนด้วยความเร็วสูงในระยะเวลาที่กำหนด เทลงในเบ้าพิมพ์ และอบในตู้อบภายใต้อุณหภูมิและเวลาที่กำหนด ทำการแปรอัตราส่วนระหว่างยางธรรมชาติดัดแปรและพอลิคาโพรแลคโตนไดโอด ทำการทดสอบการปลดปล่อยปุ๋ยด้วยการฝังดินเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่สูญหายไปจากโฟม ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ทำการทดสอบการปลดปล่อยปุ๋ยในน้ำด้วยการแช่น้ำเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในน้ำที่ถูกปลดปล่อยจากโฟมด้วยเครื่องยูวีสเปกโตรมิเตอร์ ผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่าการปลดปล่อยปุ๋ยได้ระดับหนึ่ง โฟมที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะเป็นทั้งเซลล์ปิดและเซลล์เปิด ทำการทดสอบสมบัติเชิงกลเบื้องต้น ได้แก่ การทนต่อแรงดึงและแรงกด รวมทั้งการคืนตัวหลังการกดของโฟมที่ไม่ผสมปุ๋ย พบว่า โฟมที่มีอัตราส่วนระหว่างยางธรรมชาติและพอลิคาโพรแลคโตนในอัตราส่วนโดยโมลเท่ากับ 1:0.5 และ 1:1 แสดงความทนต่อแรงดึงดีกว่าโฟมที่มีแต่ยางธรรมชาติ แต่ความต้านทานต่อแรงกดของโฟมที่มีแต่ยางธรรมชาติมีค่าสูงที่สุด และค่าความต้านทานมีค่าลดลงเมื่อเติมพอลิคาโพรแลคโตนมากขึ้น ส่วนค่าการคืนตัวหลังการกดมีค่าอยู่ในช่วง 41% - 50% และไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนผสม ทำการทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์จากน้ำทิ้ง ทำการทดสอบตามวิธีการมาตรฐานที่วัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยการไตรเตรต ซึ่งปริมาณก๊าซเป็นตัวบ่งชี้การย่อยสลายของโฟมเนื่องจากจุลินทรีย์มีการใช้คาร์บอนในโฟมเป็นแหล่งอาหาร ผลการทดลองพบว่าการย่อยสลายได้ 12% ในระยะเวลาการทดลอง 42 วัน เนื่องจากการทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพด้วยจุลินทรีย์ใช้เวลาในการศึกษานานและการศึกษาเบื้องต้นได้บ่งชี้ให้เห็นความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพของโฟม พอลิยูรีเทนที่เตรียมได้ การศึกษาค้นคว้าวิจัยในอนาคต ควรมุ่งเน้นการคัดเลือกหาจุลินทรีย์ที่มีความสามารถสูงในการย่อยสลายโฟมพอลิยูรีเทนชนิดนี้ พร้อมกับมีการทดลองสังเคราะห์โฟมพอลิยูรีเทนที่มีส่วนผสมของยางธรรมชาติและพอลิเอสเทอร์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพชนิดอื่นๆ

คำสำคัญ: พอลิยูรีเทนโฟม; ยางธรรมชาติ; พอลิคาโพรแลคโตน; พอลิเมอร์ชีวภาพ; การปลดปล่อยปุ๋ย

Abstract

Bio-based polyurethane foam prepared from natural rubber and poly(caprolactone) for controlled release of fertilizer

Natural rubber is a biopolymer that has been used for a long time. Thailand is the biggest producer in natural rubber in the world. The applications of natural rubber are limited in conventional products such as tires, gloves, condoms, gaskets, sealants, adhesives, load absorbents, and other general rubber products. There are several researchers in Thailand that have tried to increase added value to the natural rubber by producing other new innovative rubber products. In general, it is necessary to add chemicals in the natural rubber products in order to obtain the rubber elasticity properties. This affects the biodegradation of the natural rubber products. According to the environmental concern in nowadays, the need of environmentally friendly products such as the biodegradation polymer is required. Therefore, the research and development in value-added natural rubber products should concern this issue. The vulcanized natural rubber could have lower degradation because the double bonds in the isoprene units become less. The addition of another biodegradation polymer in the molecular structure of the natural rubber was a selected method to solve that problem. Our group had synthesized the polyurethane containing natural rubber and poly(caprolactone). Consequently, this polyurethane (PU) was applied to a new product as it was the objective of the present project. Polyurethane foam was synthesized from natural rubber (NR) and poly(caprolactone) (PCL) for using as a substrate of the controlled release fertilizer. NR was chemically modified to be a hydroxyl terminated NR (HTNR) having low molecular weight. A one-shot process has been applied by adding all chemicals in one time. HTNR and PCL prepolymer acting as diols were mixed with diisocyanate, blowing agent, other chemicals and urea fertilizer. The mixture was stirred in a high speed mixer in a certain time and poured in a mold before heating in the oven under a controlled time and temperature. The molar ratio of HTNR:PCL diols was varied. A testing of the controlled release of fertilizer in the foam was carried out in the soil for 12 weeks. A decrease in nitrogen content in the foam was determined by using a CHN analyzer. A testing of the controlled release of fertilizer in the foam in water was carried out for 8 weeks and evaluated by using a UV spectrophotometer. A promising result was obtained. The cellular structure of the foam was open and closed cells. The tensile properties, compressive strength and compression set were investigated. The foam containing HTNR:PCL diols at 1:0.5 and 1:1 showed higher tensile properties than the foam containing only HTNR. In contrast, the HTNR foam provided the higher compressive strength than the HTNR-PCL foam and the higher PCL content yielded the lower strength. The compressive strength of the foams was in the range 41-50% and there was no correlation with the composition of the foam. A biodegradation test was studied by using microorganisms from waste water. Carbon dioxide (CO_2) occurring in the system was determined by titration. The CO_2 content was an indicator of the biodegradation of the foam because the microorganisms employed the carbon in the foam as a nutrient and generated CO_2 . The test result showed that the biodegradation was $\sim 12\%$ at 42 days. Because the testing of biodegradation was a time consuming and the preliminary test showed a positive result. Thus the future work should focus on the selection of the good microorganisms for this foam and the new PU foam should be synthesized such as HTNR blended with other biodegradable polyester.

Keywords: polyurethane foam; natural rubber; polycaprolactone; bio-based polymer; controlled release of fertilizer