การย่อยสลายทางชีวภาพของบรรจุภัณฑ์ชนิดพอลิแลคติกแอซิดและเยื่อชานอ้อย

Biodegradation of Polylactic Acid and Bagasse Packaging

สาธินี ศิริวัฒน์ *[1] ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ [1] ธนาวดี ลี้จากภัย[2]

[1]สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

[2]ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120

Satinee Siriwat *[1] Charnwit Kositanont [1] Thanawadee Lichakpai [2]

[1]Program in Environmental Science, Graduate School, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

Tel: 0-2218-7667 E-mail: pang_envi@hotmail.com

[2]National Metal and Materials Technology Center Thailand Science Park, Pathumthani 12120

Tel : 0-2564-6500 E-mail: thanawl@mtec.or.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายทางชีวภาพของบรรจุภัณฑ์ โดยเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากพอลิแลคติกแอซิดและเยื่อชานอ้อย ใช้การทดลองแบบบ็อก-เบนเคน (Box-Behnken Design) สำหรับ 3 ปัจจัยใช้เวลาในการทดสอบ 30 วัน วัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นเป็นดัชนีการย่อยสลายบรรจุภัณฑ์ด้วยจุลินทรีย์ พบว่าที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส และไม่เติมยูเรียมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นสูงสุดสำหรับบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด จากนั้นนำปัจจัยที่ได้มาศึกษาการย่อยสลายทางชีวภาพของบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดโดยขยายเวลาศึกษาเป็น 90 วัน พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 45 แล้วลดลงในช่วงเวลาต่อมา น้ำหนักบรรจุภัณฑ์ชนิดพอลิแลคติกแอซิดและเยื่อชานอ้อยลดลงร้อยละ 100 และ 96 โดยน้ำหนักตามลำดับ การย่อยสลายบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อความเป็นกรดด่างของดิน

คำหลัก การย่อยสลายทางชีวภาพ พอลิแลคติกแอซิด เยื่อชานอ้อย

Abstract

This study is aimed to study optimal biodegradation conditions of packaging materials made of polylactic acid and bagasse. The Box-Behnken design experiment for three factors with CO_2 as a biodegradation indicator was used for biodegradation evaluation. It was found that at 58°C without urea as nitrogen source the highest CO_2 concentration was obtained from both types of material at 30th day. Extension of study time to 90 days, it was shown that CO_2 concentration was maximum at 45th day and then decreased. At the end of study, weight loss of polylactic acid and bagasse were 100% and 96% respectively. Degradation of both materials did not affect the soil pH.

Keywords: Biodegradation, polylactic acid, bagasse

1. บทนำ

จากความสำคัญของปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาการกำจัดขยะชุมชน หลายๆประเทศได้ออกมาตรการ ลดการใช้พลาสติกซึ่งย่อยสลายยากและสนับสนุนให้ประชาชนใช้วัสดุที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพมากขึ้น [1] ประเทศไทยซึ่งมีความพร้อมทางด้านวัตถุดิบด้านการเกษตรอยู่แล้วได้มีแผนพัฒนาอุตสาหกรรมพลาสติกที่ย่อยสลายได้ [2] วัตถุดิบหรือพอลิเมอร์ที่ใช้ในการผลิตวัสดุชีวภาพที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพออกเป็น 2 ชนิดคือ พอลิเมอร์ที่มีแหล่งกำเนิดหรือแหล่งวัตถุดิบจากธรรมชาติ (natural polymers) เช่น เยื่อชานอ้อยซึ่งมีอุตสาหกรรมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุอาหาร

วางขายอย่างแพร่หลาย อีกชนิดหนึ่งคือพอลิเมอร์จากการสังเคราะห์ (synthetic polymers) เช่น พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic Acid, PLA) เป็นพอลิเมอร์ที่ได้รับความสนใจมากที่สุดในกลุ่มพอลิเอสเทอร์สำหรับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการค้าอย่างแพร่หลายในขณะนี้ [3] การใช้วัสดุที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพจะช่วยให้มีการหมุนเวียนแร่ธาตุกลับสู่ธรรมชาติมากขึ้น การย่อยสลายทางชีวภาพนั้นเกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการแตกหักของพันธะพอลิเมอร์จนมีขนาดเล็กลงและเกิดการย่อยสลายได้ผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนสุดท้ายคือ พลังงานและสารประกอบขนาดเล็กที่เสถียรในธรรมชาติ เช่น ก๊าซคาร์บอนได-ออกไซด์ ก๊าซมีเทน น้ำ แร่ธาตุต่างๆและมวลชีวภาพ ทั้งนี้การย่อยสลายจะต้องเกิดอย่างรวดเร็วเพื่อไม่ให้มีขยะตกค้างในสิ่งแวดล้อมนานเกินไปการหาภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายจึงเป็นสิ่งจำเป็น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายบรรจุภัณฑ์ชนิดพอลิแลคติกแอซิดและเยื่อชานอ้อยที่ออกแบบให้ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการขยะบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพและเป็นข้อมูลสำหรับการจัดการสิ่งแวดล้อมในอนาคต

งานวิจัยนี้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนที่ 1 ทำการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายทางชีวภาพซึ่งได้ศึกษาปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย 3 ระดับ ใช้การทดลองแบบบ็อก-เบนเคน (Box-Behnken Design) คิดเป็น 16 การทดลอง โดยสัญลักษณ์ 1, 0 และ –1 แทนระดับของปัจจัยทดสอบดังแสดงในตารางที่ 1 [4] นำค่าในตารางที่ 1 แทนในตารางที่ 2 จะได้ชุดทดลองในขั้นตอนที่ 1 ใช้ระยะเวลาทดลอง 30 วัน เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในการย่อยสลายทางชีวภาพ ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการทำงานของจุลินทรีย์ เมื่อได้ปัจจัยหลักในขั้นตอนที่ 1 แล้วนำปัจจัยนั้นมาศึกษาต่อในขั้นตอนที่ 2 คือศึกษาการย่อยสลายทางชีวภาพของบรรจุภัณฑ์ชนิดพอลิแลคติกแอซิดและชนิดเยื่อชานอ้อยโดยศึกษาเป็นระยะเวลา 90 วัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในขั้นตอนนี้ทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ วัดค่าความเป็นกรดด่างของดิน นับจำนวนจุลินทรีย์ในดินและศึกษาลักษณะทางกายภาพของบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด

2.วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากพอลิแลคติกแอซิด (Poly Lactic Acid, PLA) มีลักษณะใสและมันวาวซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) และบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากเยื่อชานอ้อยที่มีขายในท้องตลาดมีลักษณะคล้ายกระดาษแข็งมีสีขาวขุ่น

ปัจจัยที่ใช้ศึกษาทั้งสามชนิดได้แก่ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิ ปุ๋ยยูเรีย แสดงดังตารางที่ 2 โดยทำการศึกษาบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ชนิดพอลิแลคติกแอซิด บรรจุภัณฑ์เยื่อชานอ้อยและไม่ใส่บรรจุภัณฑ์ ทำการศึกษาที่ 3 อุณหภูมิได้แก่ 20, 30 และ 58 องศาเซลเซียส ใช้ปุ๋ยยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจนเติมลงไปในดินที่ 0, 0.2 และ 0.4 กรัม โดยใช้ปุ๋ยยูเรียที่มีไนโตรเจนร้อยละ 46 เตรียมบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดโดยตัดให้เป็นชิ้นขนาด 1x1 ตารางเซนติเมตร ฝังลงในดินปลูกต้นไม้ผสมใบจามจุรี ตราจามจุรีที่ผ่านการร่อนซึ่งมีขนาดของรูตะแกรงเท่ากับ 5x5 ตารางมิลลิเมตร ดินที่ใช้ในการทดสอบเป็นดินร่วนมีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 7.24 มีค่าความชื้นร้อยละ 54 และมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 11.6 การทดลองทำในขวดทดลองมีจุกปิดสนิทดังรูปที่ 1 อัตราส่วนระหว่างบรรจุภัณฑ์ต่อดินเท่ากับ 1:400 โดยน้ำหนัก ใช้เวลาทดลอง 30 วัน

ตารางที่ 1 ปัจจัยและระดับที่ใช้ในการทดสอบ

ปัจจัยทดสอบ	ระดับ		
	High (1)	Medium (0)	Low (-1)
ชนิดบรรจุภัณฑ์	เยื่อชานอ้อย	ไม่ใส่	PLA
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	58	30	20
ปุ๋ยยูเรีย (กรัม : ดิน 1 กิโลกรัม)	0.4	0.2	0

ตารางที่ 2 การทดลองแบบ Box-Behnken

รอบที่	ชนิดบรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ไนโตรเจน (กรัม)
1	-1	-1	0
2	-1	1	0
3	1	-1	0
4	1	1	0
5	-1	0	-1
6	-1	0	1
7	1	0	-1
8	1	0	1
9	0	-1	-1
10	0	-1	1
11	0	1	-1
12	0	1	1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0

รูปที่ 1 ชุดทดสอบการย่อยสลายบรรจุภัณฑ์

2.2 วิธีการศึกษา

ในการวิเคราะห์จะทำการตรวจวัดพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

2.2.1 วัดการย่อยสลายโดยวิธีการชั่งน้ำหนักตามวิธีของ Gupta และ Kumar [5]

2.2.2 วัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพของบรรจุภัณฑ์ โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ LI-COR รุ่น LI-6400 ด้วยแนวคิดที่ว่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เป็นดัชนีแสดงกิจกรรมจุลินทรีย์ในดิน

2.2.3 วัดค่าความเป็นกรดด่างของดินทดสอบ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของดินที่ขึ้นระหว่างเกิดกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพด้วยเครื่องวัดความเป็นกรดด่าง(pH meter) ในอัตราส่วน ดิน: น้ำ เท่ากับ 1: 5

2.2.4 นับจำนวนจุลินทรีย์ในดินด้วยวิธีนับตรง (direct count) โดยเตรียมตัวอย่างเจือจางบนกระจกสไลด์และใช้กล้องจุลทรรศน์ในการตรวจนับเซลล์และโปรแกรมตรวจนับ (Image-Pro Plus Visual Guide)

2.2.5 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของบรรจุภัณฑ์เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวของบรรจุภัณฑ์ก่อนและหลังเกิดกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope ; SEM)

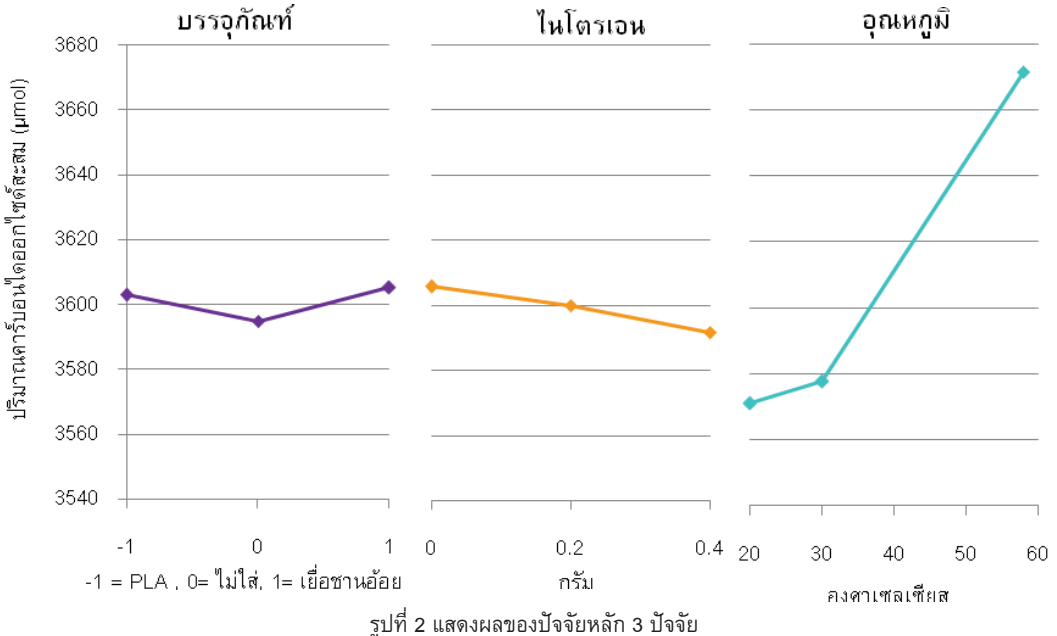
3.ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 สภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายบรรจุภัณฑ์

จากการทดลองแบบบ็อก-เบนเคน (Box-Behnken Design) เพื่อหาผลของปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัยอันได้แก่ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิและไนโตรเจน นำค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้จากชุดทดสอบการย่อยสลายบรรจุภัณฑ์ทั้ง 16 ชุดทดลองมาคำนวณหาค่าของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย ในแต่ละปัจจัยจะได้ค่าออกมา 3 ค่า ค่าที่สูงที่สุดของแต่ละปัจจัยจะแสดงว่าปัจจัยนั้นเป็นปัจจัยหลักของการศึกษา ผลการศึกษาแสดงดังรูปที่ 2 พบว่าการย่อยสลายบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สูงกว่าการไม่ใส่บรรจุ-

ภัณฑ์ การศึกษาที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นกว่าที่อุณหภูมิ 20 และ 30 องศาเซลเซียส อย่างชัดเจน การเติมยูเรียทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงเมื่อพิจารณาปัจจัยการเติมยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจน พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าต่ำสุดเมื่อเติมไนโตรเจนที่ 0.4 กรัมและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าสูงสุดเมื่อไม่เติมยูเรีย จากสมมติฐานที่ว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะสะท้อนกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินที่ย่อยสลายวัสดุทดสอบ อธิบายได้ว่าที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุดแสดงว่ามีการย่อยสลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ในดินสูงกว่าที่อุณหภูมิ 20 และ 30 องศาเซลเซียส การใส่บรรจุภัณฑ์ทั้งพอลิแลคติกแอซิดและเยื่อชานอ้อยเป็นแหล่งคาร์บอนเพิ่มลงไปในดินนั้นทำให้มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลายสูงขึ้นนอกจากนี้ พบว่าการไม่เติมยูเรียลงไปในดินทดสอบเป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทดลองอาจเป็นเพราะดินที่ใช้ในการทดลองมีไนโตรเจนที่สูง (คาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 11.6) ปกติดินที่มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีจะมีค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 15-25 :1 [6]

การเติมยูเรียลงไปอีกจึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนมากเกินไปจึงไปลดอัตราการย่อยสลายและลดอัตราการหายใจของจุลินทรีย์ในดิน [7] ปริมาณไนโตรเจนในดินที่มากเกินไปจะขัดขวางกระบวนการผลิตเอนไซม์ทำให้จุลินทรีย์มีกิจกรรมลดลงและลดกระบวนการเกิดฮิวมัสจึงพบว่ามีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากดินลดลง [8,9] สรุปได้ว่าปัจจัยที่สำคัญสำหรับการย่อยสลายบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดคืออุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียสและไม่ต้องเติมปุ๋ยยูเรียเป็นไนโตรเจน

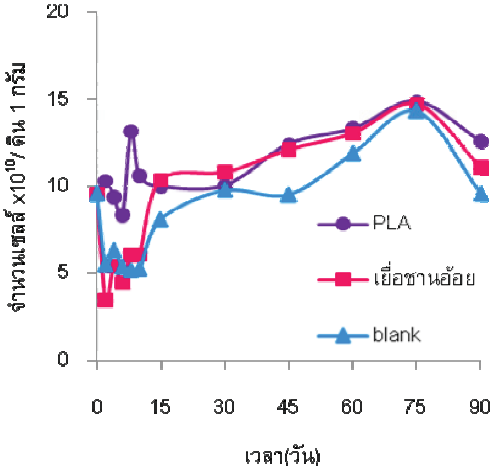


รูปที่ 2 แสดงผลของปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย

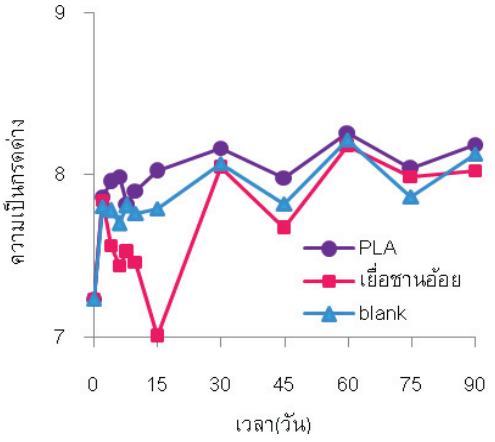
3.2 การย่อยสลายบรรจุภัณฑ์ด้วยปัจจัยที่คัดเลือก

จากปัจจัยหลักที่ได้จากการทดลองในข้อ 3.1 นำปัจจัยดังกล่าวมาทำการศึกษาการย่อยสลายทางชีวภาพของบรรจุภัณฑ์ชนิดพอลิแลคติกแอซิดและเยื่อชานอ้อยทำการศึกษาที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียสและไม่เติมไนโตรเจนลงในดินที่ใช้ในการทดสอบ พบว่าพอลิแลคติกแอซิดและเยื่อชานอ้อยถูกย่อยไปกว่าร้อยละ 90 ที่ 60 วัน (รูปที่ 3) หลังจาก

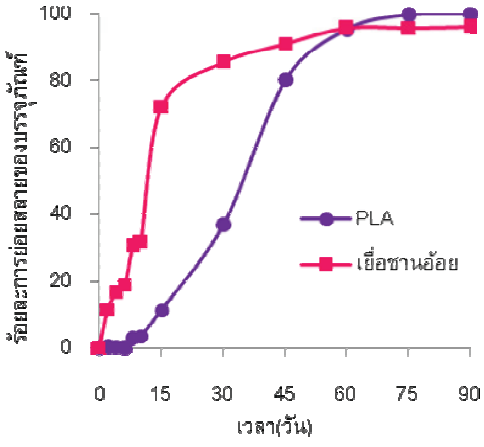
นั้นพอลิแลคติกแอซิดจะถูกย่อยไปจนหมดเนื่องจากไม่พบชิ้นบรรจุภัณฑ์ในชุดทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ ขณะที่เยื่อชานอ้อยยังคงเหลืออยู่ เป็นที่สังเกตว่าเยื่อชานอ้อยถูกย่อยสลายเร็วกว่าพอลิแลคติกแอซิดในช่วง 15 วันแรก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะดินที่ใช้เป็นดินผสมสำหรับปลูกต้นไม้ ดังนั้นจึงมีเศษใบพืชซึ่งเป็นเซลลูโลสปนอยู่จุลินทรีย์ในดินจึงคุ้นเคยกับการย่อยเซลลูโลสหรือมีเอนไซม์ที่มีอยู่เดิมสำหรับย่อยเซลลูโลสปนอยู่จึงย่อยสลายเยื่อชานอ้อยได้เร็วกว่าพอลิแลคติกแอซิดซึ่งจัดเป็นสิ่งใหม่สำหรับจุลินทรีย์ในดิน แต่อย่างไรก็ตามกลับพบว่าในดินที่ฝังพอลิ-แลคติกแอซิดมีจำนวนจุลินทรีย์มากกว่าในดินที่ฝังเยื่อชานอ้อย (รูปที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในช่วงแรก (รูปที่ 6) การย่อยสลายบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อความเป็นกรดด่างของดินมากนักเพราะ pH ใกล้เคียงกับดินชุดควบคุมทั้งคู่ยกเว้นช่วงแรกที่การย่อยเยื่อชานอ้อยเกิดอย่างรวดเร็วทำให้ค่า pH ของดินต่ำกว่าชุดทดลองควบคุมเล็กน้อยแต่ก็ยังอยู่ในช่วงเป็นกลาง (รูปที่ 5) โดยเริ่มต้นการทดลองมีค่า pH อยู่ที่ 7.24 หลังจากนั้นพบว่า pH มีค่าสูงขึ้นอาจเนื่องมาจากดินที่ใช้ศึกษาการย่อยสลายทางชีวภาพนั้นมีส่วนผสมของใบจามจุรีซึ่งมีโปรตีนสูง [10] การย่อยสลายโปรตีนจะได้กรดอะมิโนซึ่งจุลินทรีย์ในดินใช้เป็นอาหารโดยกระบวนการดีอะ-มิเนชั่น(deamination)ได้แอมโมเนีย (NH_3) [11] เมื่อระยะเวลาการย่อยสลายเพิ่ม ขึ้นทำให้ดินมีค่า pH เพิ่มขึ้น



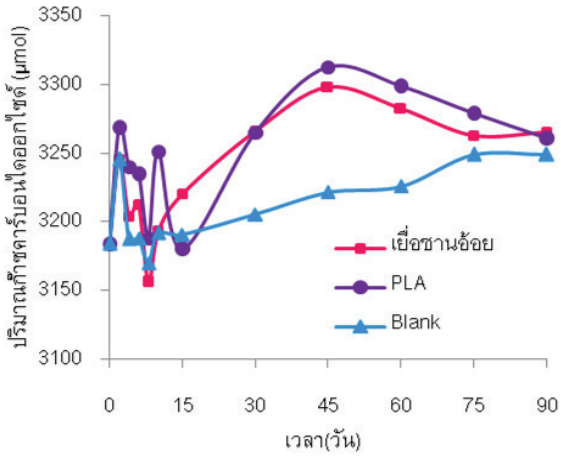
รูปที่ 4 จำนวนจุลินทรีย์จากตัวอย่างดิน 1 กรัม



รูปที่ 5 ความเป็นกรดด่างของดินจากกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ



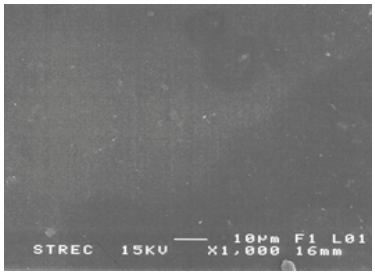
รูปที่ 3 ร้อยละการย่อยสลายของบรรจุภัณฑ์โดยน้ำหนัก



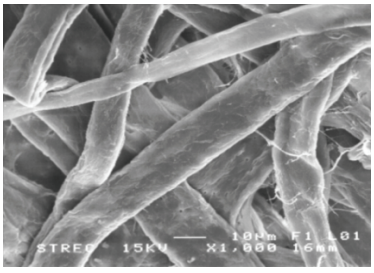
รูปที่ 6 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมจากการย่อยสลายทางชีวภาพของบรรจุภัณฑ์

จากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการย่อยสลายพอลิแลคติกแอซิดและเยื่อชานอ้อย (รูปที่ 6) แสดงว่ามีการย่อยสลายได้น้อยในช่วง 15 วันแรก และมีการย่อยสลายเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปที่ระยะเวลาการย่อยสลาย 45 วัน พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการย่อยสลายพอลิแลคติดแอซิดมีปริมาณสูงกว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการย่อยสลายเยื่อชานอ้อยอาจเนื่องมาจากพอลิแลคติกแอซิดมีพันธะเอสเทอร์ที่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและมีอุณหภูมิสภาพแก้ว (glass transition temperature) ใกล้เคียง 60 องศาเซลเซียส [12] ทำให้สายโซ่พอลิเมอร์ขาดง่าย

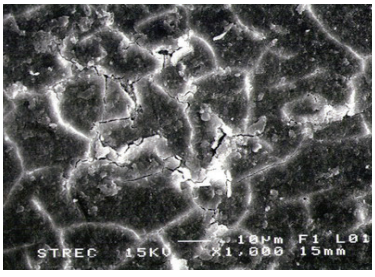
สอดคล้องกับการศึกษาลักษณะทางกายภาพซึ่งมีการย่อยสลายอย่างต่อเนื่อง ส่วนเยื่อชานอ้อยเป็นเซลลูโลสซึ่งมีพันธะ β-1, 4 glycosidic linkage เป็นพันธะเชื่อมต่อระหว่างโมเลกุลน้ำตาล ทำให้การเรียงตัวของสายโซ่พอลิเมอร์เป็นระเบียบ [13] จุลินทรีย์ทำการย่อยสลายได้ยากกว่า การทดสอบการย่อยสลายหลังจาก 45 วัน พบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงเรื่อยๆ ขณะที่การย่อยสลายเกิดน้อยมาก อาจเนื่องมาจากการทดสอบการย่อยสลายซึ่งทำในขวดแบบปิด ไม่มีการเติมอากาศ เมื่อระยะเวลาการย่อยสลายเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลง



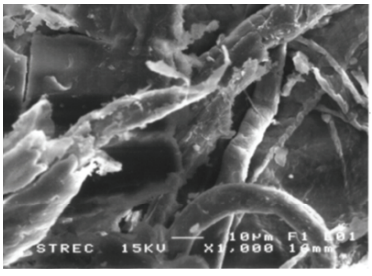
a (0 วัน)



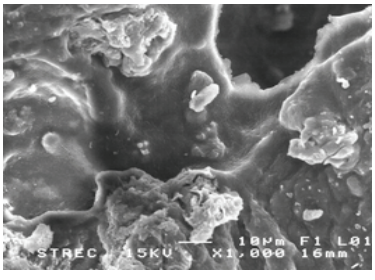
d (0 วัน)



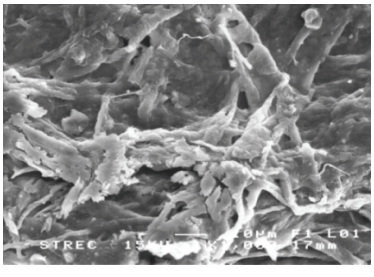
b (30 วัน)



e (30 วัน)



c (60 วัน)



f (60 วัน)

รูปที่ 7 ภาพ Scanning Electron Microscope (SEM) แสดงลักษณะทางกายภาพของพอลิแลคติกแอซิด (a-c) และเยื่อชานอ้อย (d-f) ระหว่างที่มีการย่อยสลายทางชีวภาพ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพอลิแลกติกแอซิดและเยื่อชานอ้อยด้วยกล้องอิเล็คตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Micro-scope ;SEM) พบว่าลักษณะการย่อยสลายพอลิแลกติกแอซิดและเยื่อชานอ้อยแตกต่างกัน (รูปที่ 7) เยื่อชานอ้อยมีลักษณะเป็นเส้นใยขนาดค่อนข้างใหญ่ เมื่อถูกย่อยสลายจะมีขนาดเล็กลงแต่ยังคงรูปความเป็นเส้นใยอยู่ส่วนที่ถูกย่อยเป็นชิ้นเล็กจะหลุดแยกไปได้มากอาจเป็นสาเหตุที่น้ำหนักลดลงเร็วกว่าในขณะที่พอลิแลกติกแอซิดแตกย่อยออกเป็นชิ้นเล็กๆลงไปโดยที่ผิวหน้ายังคงสภาพความเป็นแผ่นทำให้น้ำหนักไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงในระยะ 30 วันแรกแต่เมื่อผิวหน้าแตกจนป่นแล้วอาจหลุดร่วงติดไปกับดินจึงหาไม่พบ จึงทำให้การย่อยสลายคิดเป็นร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก

4. สรุป

การย่อยสลายพอลิแลคติกแอซิดและเยื่อชานอ้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียสทำให้การย่อยสลายบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดในห้องปฏิบัติการได้ร้อยละ 100 และ 96 โดยน้ำหนักตามลำดับภายใน 90 วัน โดยไม่มีผลกระทบต่อความเป็นกรดด่างของดิน จำนวนจุลินทรีย์ต่อกรัมดินเพิ่มขึ้นจากชุดควบคุมเล็กน้อย ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นในช่วง 45 วันแรกของการทดสอบแสดงว่าเป็นการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ ดังนั้นการฝังกลบสามารถย่อยสลายบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากพอลิแลคติกแอซิดและเยื่อชานอ้อยได้หมดใน 90 วัน หากมีการควบคุมสภาวะแบบห้องปฏิบัติการ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและทุนสนับสนุนจากสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย(TGIST) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

เอกสารอ้างอิง

[1] Berkesch, S. 2005. Biodegradable Polymers : A Rebirth of Plastic [online]. แหล่งที่มา : http://www.iopp.org [14 February 2009]

[2] ผู้จัดการออนไลน์. 2551. ครม.อนุมัติแผนพลาสติกชีวภาพ 1,800 ล้าน [online]. www.manager.co.th [23 กรกฎาคม 2551]

[3] เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, กุลฤดี แสงสีทอง, สุนีย์ โชติ นีรนาท และรังสิมา ชลคุปรอด. 2552. วัสดุชีวภาพรักษ์โลก. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์มนัสฟิล์ม.

[4] Mc Cleod, E. 1982. Feed the soil. Organic Culture Research Institute, Graton, Ca. 209p.

[5] Gupta, A. P.,and Kumar, V. 2007. New emerging trends in synthetic biodegradable polymers- Polylactide : A critique. European Polymer 43: 4053-4074

[6] Haaland, P. D. 1989. Experimental Design in Biotechnology. Marcel Dekker, New York.

[7] Soderstrom, B., Baath, E.,and Lundgren, B. 1983. Decrease in soil microbial activity and biomasses owing to nitrogen amendments. Canadian Journal Microbiology, 29: 1500-1506

[8] Wei, Z., Jiangming, M., Yunting, F., Xiankai, L., Hui, W. 2008. Effects of nitrogen deposition on the greenhouse gas fluxes from forest soils. Journal of Acta Ecologica Sinica, 28: 2309-2319

[9] Fog, K. 1988. The effect of added nitrogen on the rate of decomposition of organic matter. Biological review, 63 : 433-462

[10] วรรณะ ม้าเฉี่ยว. 2540. การใช้ใบจามจุรีเป็นอาหารโคนม. รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 14 : สาขาสัตวศาสตร์และการประมง. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง.

[11] นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ. 2547. จุลชีววิทยาทั่วไป .พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[12] Gupta, B., Revagade, N. and Hilborn, J. 2007. Polylactic acid fiber :An overview . Journal Progress in Polymer science, 32: 455-482

[13] ธนาวดี ลี้จากภัย นุกูล เอื้อพันธเศรษฐ์ ก้องเกียรติ คงสุวรรณ โยษิตา ฤดีกิจและภักดี รัตนจันทร์. 2548. การย่อยสลายของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน. เอกสารประกอบการนำเสนอบทความวิชาการประจำปี สวทช. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทยสู่เศรษฐกิจยุคโมเลกุล .