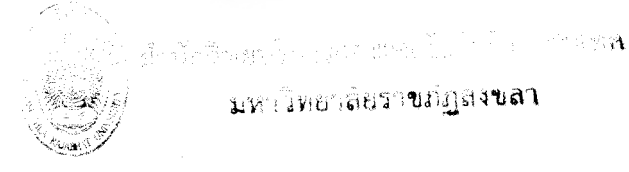
จำนวน 1 เล่ม

รายงานการวิจัย

การเปรียบเทียบการย่อยสลายทางชีวภาพของแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู

The Comparison of Biodegradability of Bioplastic Films from Cassava Starch and Sago Starch

ชนกชนม์ แสงจันทร์
ดวงฤทัย เขมะไชเวช



มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

2559

เลขที่ 112662
วันที่ 17 ม.ค. 2562
เลขเรียกหนังสือ

ใบรับรองการวิจัยสิ่งแวดล้อม

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

เรื่อง การเปรียบเทียบการย่อยสลายทางชีวภาพของแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู
The comparison of Biodegradability of Bioplastic Films from Cassava Starch and Sago Starch

ผู้วิจัย นางสาวชนกชนม์ แสงจันทร์ รหัส 564232006
นางสาวดวงฤทัย เขมะไชเวช รหัส 564232008

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย
คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(ผศ.ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ)

.....กรรมการ
(ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผศ.ขวัญกมล ขุนพิทักษ์)

.....กรรมการ
(ดร.สายสิริ ไชยชนะ)

.....กรรมการ
(ดร.สิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์)

.....กรรมการ
(นายกมลนาวิน อินทนูจิตร.)

.....กรรมการ
(ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ)

.....กรรมการ
(ผศ.ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา รับรองแล้ว

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนา ศิริโชติ)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชื่องานวิจัย การเปรียบเทียบการย่อยสลายทางชีวภาพของแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู

ผู้วิจัย นางสาวชนกชนม์ แสงจันทร์
นางสาวดวงฤทัย เขมะไชเวช

โปรแกรมวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2559

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการย่อยสลายทางชีวภาพของฟิล์มพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาในการย่อยสลายและศึกษาหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลายทางชีวภาพของฟิล์มพลาสติกชีวภาพ ซึ่งจะเตรียมพลาสติกชีวภาพในรูปแผ่นฟิล์มโดยใช้เทคนิคสารละลาย การย่อยสลายทางชีวภาพจึงถูกพิจารณาในการกำหนดระดับการย่อยสลายและอัตราการย่อยสลายทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจนต่อการสัมผัสกับสภาพแวดล้อมที่มีการควบคุมด้วยปุ๋ยหมักจุลินทรีย์ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการที่ดัดแปลงมาจาก ASTM D5538-98 จากการศึกษาพบว่าแป้งมันสำปะหลังมีระยะเวลาในการย่อยสลายตัวได้น้อยและมีอัตราการย่อยสลายสูงกว่าแป้งสาคู เนื่องจากปริมาณอะไมโลสเป็นโครงสร้างที่เป็นโซ่ตรง ถ้ามีปริมาณอะไมโลสน้อยจะย่อยสลายได้เร็ว และมีปริมาณอะไมโลสมากจะย่อยสลายได้ช้า ซึ่งจะสอดคล้องกับปริมาณอะไมโลสที่น้อยกว่าของแป้งมันสำปะหลังและมากกว่าของแป้งสาคู ผลการวิจัยนี้ยังสามารถทำนายระยะเวลาในการใช้ประโยชน์ของฟิล์มพลาสติกชีวภาพได้

Study Title	The Comparison of Biodegradability of Bioplastic Films from Cassava Starch and Sago Starch
Authors	Miss Chanokchon Sangjan Miss Duagrathai Kamachaiwet
Study Program	Environmental Science
Faculty	Science and Technology
Academic Year	2016
Advisor	Asst. Prof. Dr.Polphat Ruamcharoen
Co-Advisor	Dr.Sucheewan Yoyrurob

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

Abstract

This research focused on biodegradability of bioplastic films from cassava starches and sago starches. The objectives of this study were to study the degradation period and carbon dioxide from biodegradation of bioplastic films. The films were prepared using the solution casting method. The biodegradation was determined in terms of the degree of degradation and the rate of aerobic biodegradation on exposure to a controlled-composting environment under laboratory condition adapted from ASTM D5538-98. It was found that cassava starch showed less decomposed time and higher rate of degradation than sago starch. This could be corresponded to the less amylose content of cassava starch than sago starch. Amylose is linear structure and decomposes with slower rate than amylopectin which is branch structure. This research results also could serve as the prediction of service time of these bioplastic films.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาการวิจัยสิ่งแวดล้อม (4453503) รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ และ ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ ที่ได้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยซึ่งให้คำแนะนำปรึกษาในการดำเนินการทดลองและให้คำแนะนำเพิ่มเติม และอ่านแก้ไขข้อบกพร่องในรายงานการวิจัยเพื่อปรับปรุงให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขวัญกมล ขุนพิทักษ์ อาจารย์นัดดา โปดำ อาจารย์หิรัญวดี สุวิบูรณ์ ดร.สายสิริ ไชยชนะ ดร.สิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์ และอาจารย์กมลนาวิน อินทนูจิตร ที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำต่างๆ ในการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณวรรณฤดี หมื่นพล เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการโปรแกรมวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ และคุณสอแหละ บางูสัน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม รวมถึงเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่ช่วยให้คำแนะนำการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และมีส่วนช่วยเหลืองานวิจัยในครั้งนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่อุปถัมภ์กำลังทรัพย์และคอยให้กำลังใจในการทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คุณค่าและประโยชน์ที่พึงได้จากงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้มอบเป็นรางวัลแห่งความภาคภูมิใจแด่ บิดา มารดาและคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา

ชนกชนม์ แสงจันทร์
ดวงฤทัย เขมะไชเวช
12 ตุลาคม 2560

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ตัวแปร	2
1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย	2
1.5 สมมติฐานของการวิจัย	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	4
1.7 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 แป้งมันสำปะหลัง	5
2.2 แป้งสาคู	5
2.3 โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของแป้ง	6
2.4 พลาสติกชีวภาพและกระบวนการผลิตพลาสติกชีวภาพจากแป้ง	9
2.5 กลไกการย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากแป้ง	10
2.6 มาตรฐานการย่อยสลายทางชีวภาพ	10
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	15
3.1 กรอบแนวความคิดการศึกษา	15
3.2 วัสดุและสารเคมี	16
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	16

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 วิธีการทดลอง 17

3.4.1 การเตรียมชิ้นงานพลาสติกชีวภาพจากแป้ง 17

3.4.2 การหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของการย่อยสลายทางชีวภาพ 17

3.4.3 การหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของการย่อยสลายทางชีวภาพ 18

3.4.4 วิธีการติดตามหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 18

บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผลการวิจัย 20

4.1 ลักษณะทางกายภาพและระยะเวลาในการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพแป้งสาคู 20

4.1.1 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังระหว่างการย่อยสลาย 21

4.1.2 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคูระหว่างการย่อยสลาย 22

4.1.3 เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายทางชีวภาพกับระยะเวลา 23

4.1.4 อัตราการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู 24

4.2 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู 25

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 27

5.1 สรุปผลการวิจัย 27

5.1.1 ศึกษาระยะเวลาจากการย่อยสลายทางชีวภาพ 27

5.2.2 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู 27

5.2 ข้อเสนอแนะ 27

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ข้อมูลผลการทดลอง ผก

ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวณ ผข

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ค ภาพประกอบการวิจัย	ผค
ภาคผนวก ง โครงร่างวิจัยเฉพาะทาง	ผง
ภาพผนวก จ ประวัติผู้วิจัย	ผจ

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.7-1 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	4
2.3-1 สมบัติของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน	8
2.3-2 องค์ประกอบของแป้งชนิดต่าง ๆ	8
4.2-1 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา	25

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.3-1	โครงสร้างทางเคมีของอะไมโลส	7
2.3-2	โครงสร้างทางเคมีของอะไมโลเพคติน	7
2.4-1	กระบวนการผลิตพลาสติกชีวภาพจากแป้ง	9
2.5-1	กลไกการย่อยสลายทางชีวภาพของแป้ง	10
3.1-1	กรอบแนวความคิดการศึกษา	15
3.4-1	การจัดอุปกรณ์ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ	18
4.1-1	แผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู	20
4.1-2	การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของแป้งมันสำปะหลังหลังการย่อยสลาย	21
4.1-3	การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของแป้งสาคูหลังการย่อยสลาย	22
4.1-4	การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ในการย่อยสลายทางชีวภาพกับระยะเวลา	23
4.1-5	อัตราการย่อยสลายทางชีวภาพระหว่างพลาสติกจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคูกับระยะเวลาการย่อยสลาย	24
4.2-1	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู	25

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันการใช้งานพลาสติกมีปริมาณสูงมาก เนื่องจากพลาสติกมีสมบัติที่ดีหลายประการ เช่น ความแข็งแรง น้ำหนักเบา และสามารถขึ้นรูปได้ อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์พลาสติกยังมีขีดจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของการกำจัดภายหลังการใช้งาน ทั้งนี้พลาสติกทั่วไปเป็นวัสดุพอลิเมอร์ซึ่งใช้วัตถุดิบจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และย่อยสลายได้ช้าในธรรมชาติ ส่งผลให้ปริมาณการตกค้างของขยะพลาสติกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผลการวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษากระบวนการแปรรูป โดยขึ้นรูปลักษณะของแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งทั้ง 2 ชนิด คือ พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู แต่ยังไม่มีรายงานการศึกษาด้านการย่อยสลายทางชีวภาพของวัสดุดังกล่าว ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาเฉพาะการย่อยสลายพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

พลาสติกชีวภาพเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายซึ่ง พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) เป็นวัสดุที่ผลิตจากธรรมชาติ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงหรือขึ้นรูปได้โดยกระบวนการทางความร้อนอีกทั้งยังสามารถย่อยสลายเองตามธรรมชาติ (พิชาภัค สมยูรทรัพย์, 2553) โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาจากพอลิแล็คติคแอซิด (Polylactic acid; PLA) พอลิไฮดรอกซี่บิวทีเรท (Polyhydroxybutyrate; PHB) และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly vinyl alcohol; PVA) เป็นต้น (วิศิษฏ์ โล้เจริญรัตน์, 2555) แต่เนื่องจากพลาสติกที่ย่อยสลายได้เหล่านี้มีราคาค่อนข้างสูง จึงเป็นข้อกำจัดในการนำไปใช้งาน ดังนั้นทางเลือกหนึ่งที่เริ่มมีผู้ให้ความสนใจอย่างมาก คือ เลือกใช้พอลิเมอร์ (Polymer) จากธรรมชาติมีสมบัติในการย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ เช่น แป้ง (Starch) และเซลลูโลส (Cellulose) เป็นต้น ซึ่งสารประกอบดังกล่าวเป็นวัตถุดิบทางการเกษตรที่ส่วนใหญ่หาได้ง่าย ราคาถูกและสามารถย่อยสลายได้ง่ายตามธรรมชาติ (Tharanathan, 2003) ประเทศไทยเป็นประเทศอุตสาหกรรมและมีความอุดมสมบูรณ์ในเรื่องของวัตถุดิบการเกษตร เช่น ข้าว ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง เป็นต้น ซึ่งสามารถใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตพลาสติกชีวภาพ แป้งเป็นองค์ประกอบหลักในผลิตผลทางการเกษตรสามารถใช้ประโยชน์ได้ในอุตสาหกรรมที่ไม่ใช่อาหารเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยขยายตลาดและขอบเขตการใช้ประโยชน์รวมทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับแป้งอีกด้วย โดยทั่วไปแป้งไม่สามารถขึ้นรูปโดยกระบวนการทางความร้อนเช่นเดียวกับพลาสติกเพียงอย่างเดียวทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เปาะ แตกหักง่ายทำให้เกิดปัญหาในการใช้งาน (Shogren et al., 2002)

ดังนั้น ผลการวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษากระบวนการแปรรูป โดยขึ้นรูปลักษณะของแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งทั้ง 2 ชนิด คือ พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำหลังและพลาสติกชีวภาพแป้งสาคูโดยการละลายและขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มบาง (สุนิสา โร๊ะศรี และเจนจิรา สุวรรณ, 2558) แต่ยังไม่มีรายงานการศึกษาด้านการย่อยสลายทางชีวภาพของวัสดุดังกล่าว ดังนั้น งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเฉพาะการย่อยสลายพลาสติกชีวภาพ โดยการพัฒนาอุปกรณ์ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพเพื่อให้คล้ายคลึงกับสภาวะการย่อยสลายตามมาตรฐาน ASTM D5338-98 และอาศัยหลักการย่อยสลายทางชีวภาพที่มีออกซิเจนและควบคุมสภาวะการย่อยสลายโดยการฝังกลบในดินผสมปุ๋ยหมักที่มีจุลินทรีย์ช่วยในการย่อยสลาย เพื่อศึกษาระยะเวลาการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคูและการหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู (พัชรี คำธิตา, 2553)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาระยะเวลาในการย่อยสลายทางชีวภาพของแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู

1.2.2 เพื่อศึกษาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู

1.3 ตัวแปร

1.3.1 ตัวแปรต้น คือ แผ่นพลาสติกชีวภาพแป้งมันสำปะหลังและแผ่นพลาสติกชีวภาพแป้งสาคู

1.3.2 ตัวแปรตาม คือ ระยะเวลาในการย่อยสลายทางชีวภาพ และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการย่อยสลายทางชีวภาพ

1.3.3 ตัวแปรควบคุม กระบวนการผลิตแผ่นพลาสติกชีวภาพ

1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1.4.1 แป้ง คือ พอลิแซคคาไรด์ที่เกิดจากกลูโคสจำนวนหลายหน่วยต่อกัน มีโครงสร้างเป็นทั้งแบบสายยาวและกิ่งก้านสาขา แป้งมีมากในพืชประเภทเมล็ดและหัว สูตรทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ จากการจัดเรียงตัวกัน

ระหว่างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน (Intermixed) ภายในเม็ดแป้ง ในส่วนผลึกโมเลกุลอยู่กันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ (Kawabata et al., 1994)

1.4.2 อะไมโลส (Amylose) คือ กลูโคสที่มาต่อกันเป็นโซ่ยาวหรือโซ่ตรง (Beynum and Roels, 1985)

1.4.3 อะไมโลเพกติน (Amylopectin) คือ กลูโคสที่ต่อกันเป็นโซ่กิ่งสาขา (ด้วยพันธะ α-1,4-glycosidic linkage และ α-1,6-glycosidic linkage ตามลำดับ) (Beynum and Roels, 1985)

1.4.4 แป้งมันสำปะหลัง คือ ลักษณะของแป้งมีสีขาว เนื้อละเอียด ลื่นเป็นมัน เหมาะแก่การผลิตฟิล์มหรือพลาสติกชีวภาพได้ ซึ่งมีอะไมโลสถึง 17.8% และอะไมโลเพกติน 83% (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

1.4.5 แป้งสาคู คือ แป้งที่มีลักษณะคล้ายแป้งมันสำปะหลัง เมื่อทำให้สุกจะมีลักษณะใสเป็นแป้งในรูปของคาร์โบไฮเดรตที่บริสุทธิ์ที่สุดชนิดหนึ่ง เป็นแป้งที่มีความเหนียวมากซึ่งเหมาะสมแก่การผลิตฟิล์มหรือพลาสติกชีวภาพ มีอะไมโลส 27% และอะไมโลเพกติน 73% (Sriroth et al., 1999)

1.4.6 พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) คือ วัสดุที่ผลิตจากธรรมชาติ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงหรือขึ้นรูปได้โดยกระบวนการทางความร้อนอีกทั้งยังสามารถย่อยสลายเองตามธรรมชาติได้อีกด้วย (พิชาภัค สมยูรทรัพย์, 2553)

1.4.7 การย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradation) คือ การสลายตัวทางชีวภาพ คือการสลายตัวของวัสดุจากเชื้อจุลินทรีย์และจะถูกย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจน ซึ่งเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่สามารถย่อยสลายกลับไปเป็นธาตุตามธรรมชาติ (ชนะ เสวิกุล, 2558)

1.4.8 เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายทางชีวภาพ คือ การหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่หายไปจากการย่อยสลายคำนวณตามสูตรที่ให้ไว้ในบทที่ 3 (Varalakshmi, 2015)

1.4.9 การหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ คือ การย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพในดินที่มีปุ๋ยหมักโดยการตรวจสอบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผ่านการทดสอบมาแล้ว มาใช้ในการศึกษาและการวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อการย่อยสลายทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจนจุลินทรีย์ในดินธรรมชาติ ในงานวิจัยนี้ดำเนินการโดยใช้ดินที่ผสมปุ๋ยหมักและตัวอย่างทดสอบในภาชนะขวดโหลแก้วที่ปิดสนิท (Biometer) ที่อุณหภูมิห้อง และหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นได้โดยให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดขึ้นทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) โดยรายละเอียดได้ให้ไว้ในบทที่ 3 (Rosario and Dell, 2010)

1.5 สมมุติฐานของการวิจัย

แผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังมีการย่อยสลายทางชีวภาพได้ดีกว่าแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.6.1 สามารถทราบถึงระยะเวลาในการย่อยสลายทางชีวภาพของแผ่นพลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู

1.6.2 เพื่อทำให้ทราบถึงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง และพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู

1.7 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

การศึกษานี้มีระยะเวลาดำเนินการระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2559 ถึง เดือนตุลาคม 2560 สำหรับแผนการดำเนินการศึกษาแสดงไว้ในตารางที่ 1.7-1

ตารางที่ 1.7-1 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2559												2560									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
รวบรวมข้อมูลและตรวจเอกสาร																						
สอบโครงร่างวิจัย							▲															
การทดลองในห้องปฏิบัติการ																						
สอบรายงานความก้าวหน้าทางวิจัย																				▲		
วิเคราะห์และสรุปผล																						
การเขียนรายงานวิจัย																						
รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์																						▲

หมายเหตุ : *ม.ค. - เม.ย. 2560 เป็นช่วงของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพ รวมถึงการผลิตพลาสติกที่ผลิตจากแป้งมันสำหลังและพลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากแป้งสาคู ผู้วิจัยจึงได้รวบรวมเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่อง องค์ประกอบของแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู พลาสติกชีวภาพการย่อยสลายทางชีวภาพ มาตรฐานการย่อยสลายทางชีวภาพ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 แป้งมันสำปะหลัง

มันสำปะหลัง(Cassava) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Manihot esculenta* Crantz จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae แป้งมันสำปะหลังมีไขมันในปริมาณที่ต่ำ (0.1% หรือน้อยกว่า) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งจากธัญพืชซึ่งมีไขมันประมาณ 0.6-0.8% (w/w) การมีไขมันในแป้งจะมีผลต่อสมบัติของแป้งเนื่องจากไขมันสามารถรวมตัวกับอะไมโลสในแป้งเกิดเป็นสารเชิงซ้อนของอะไมโลส-ไขมัน (Amylose-lipid complex) ซึ่ง Amylose-lipid complex นี้ไม่ละลายน้ำ แต่ถูกทำลายเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 120 องศาเซลเซียส พันธะที่ยึดเหนี่ยวกันจะถูกทำลายทำให้ส่วนของอะไมโลสสามารถละลายออกมาได้ นอกจากนั้นแป้งมันสำปะหลังมีความเป็นผลึก สามารถตรวจพบลักษณะผลึก โครงสร้างผลึกของเม็ดแป้งดิบในธรรมชาติอาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับการปฏิบัติ (Treatment) ต่อเม็ดแป้ง เช่น แป้งที่มีความชื้นเมื่อถูกบ่มไว้เป็นเวลานานที่อุณหภูมิสูง จากที่เคยมีการจัดเรียงตัวแบบหลวมๆ และมีปริมาณความชื้นสูง จะกลายเป็นการจัดเรียงตัวแบบหนาแน่นและมีปริมาณความชื้นต่ำ (Kawabata et al., 1994)

2.2 แป้งสาคู

สาคู (Sago palm) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Metroxylon sagu* จัดเป็นพืชในตะกูลปาล์ม Genus Metroxylon มีชื่อสามัญในภาษาอังกฤษว่า Sago cycad หรือ King sago palm เป็นพืชที่เจริญได้ดีที่มีน้ำขังและพื้นที่ป่าพรุแป้งสาคูมีไขมันในปริมาณที่ต่ำ (0.1% หรือน้อยกว่า) เมื่อเทียบกับแป้งมันสำปะหลัง มีไขมันประมาณ 0.1% เท่ากัน แต่จะมีปริมาณฟอสฟอรัสต่างกันคือ 0.01-0.02% แป้งสาคูสกัดได้จากส่วนของลำต้นซึ่งเมื่ออายุแก่เต็มที่ (ตั้งแต่ 8 ปีขึ้นไป) ลำต้นสาคูมีปริมาณแป้งสูงสุดอยู่ในส่วนกลางของลำต้น แป้งจะถูกเก็บไว้ในคลอโรพลาสต์ในเซลล์ของส่วนแกนลำต้นสาคู (Pith) โดยด้านนอกจะเป็นเปลือกและเส้นใย ซึ่งมีความหนาประมาณ 2.0-2.5 เซนติเมตร พบว่าส่วนของลำต้นที่มีอายุเหมาะสมสำหรับใช้สกัดแป้งจะมีปริมาณส่วนของเนื้อร้อยละ 75 และเป็นส่วนเปลือกร้อยละ 25

โดยในส่วนของเนื้อจะมีความชื้นอยู่ประมาณร้อยละ 50 ซึ่งปริมาณแป้งถ้าพิจารณาในส่วนของลำต้นสาคูที่ปลอกเปลือกแล้วจะสามารถผลิตแป้งได้คิดเป็นร้อยละ 34-40 ของน้ำหนักแห้ง (Sriroth et al., 1999)

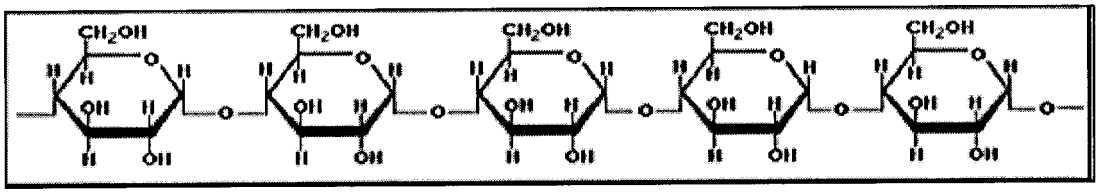
จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของแป้งลำต้นของสาคูพบว่า ลำต้นสาคูนั้นมีปริมาณของแป้งสาคูมีค่าใกล้เคียงกัน โดยเฉลี่ยมีแป้งอยู่ร้อยละ 82.7 ของน้ำหนักแห้ง และจากการศึกษาของ (Sriroth et al., 1999) พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างแป้งสาคู (Flour) จะประกอบด้วยส่วนของแป้ง (Starch) อยู่ร้อยละ 88.56 ของน้ำหนักแห้ง แป้งสาคูบริสุทธิ์มีอะไมโลส 27% และอะไมโลเพกติน 73%

2.3 โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของแป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืชชั้นสูง พบในคลอโรพาสต์และในส่วนที่พืชใช้เป็นแหล่งเก็บอาหาร เช่น เมล็ดและหัว แป้งในกระบวนการผลิต หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนไฮโดรเจน และออกซิเจนส่วนใหญ่ มีสิ่งอื่นเจือปน เช่น โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ น้อยมาก แป้งที่ผลิตทั่วไปที่ยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ อยู่มากจะเรียกว่า ฟลาวร์ (Flour) เช่น แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวสาลี ถ้ายังมีส่วนประกอบของโปรตีนอยู่สูงก็จะจัดอยู่ในประเภทฟลาวร์ เมื่อสิ่งเจือปนจำพวกโปรตีน ไขมัน เกลือแร่อื่นถูกสกัดออกไป จนเหลือแต่แป้งบริสุทธิ์จะเรียกว่า แป้งสตาร์ช (Starch) สำหรับแป้งมันสำปะหลังปัจจุบันผลิตโดยกรรมวิธีที่ทันสมัยมีความบริสุทธิ์สูง แป้งสตาร์ชที่ยังไม่ดัดแปรหรือแปรรูป เรียกว่า แป้งดิบ (Native starch) ส่วนแป้งที่ถูกดัดแปรหรือ แปรรูปแล้วจะเรียกว่า โมดิไฟด์สตาร์ช (Modified starch) หรือแป้งดัดแปร แป้งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคสซึ่งจะประกอบด้วยหน่วยของน้ำตาลกลูโคสมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (Glucosidic linkage) มีสูตรเคมีทั่วไป คือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิดด้วยกัน คือ อะไมโลส (Amylose) เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น และอะไมโลเพคติน (Amylopectin) เป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งวางตัวอยู่ในแนวรัศมี แสดงระดับโครงสร้างของเม็ดแป้ง องค์ประกอบหลักภายในเม็ดแป้งมีดังนี้

2.3.1 อะไมโลส (Amylose)

เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วยเชื่อมต่อด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิด α-1, 4 (α-1, 4) แป้งจากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลีแป้งข้าวฟ่าง ซึ่งจะมีปริมาณอะไมโลสสูงประมาณ 28% ส่วนแป้งข้าวเหนียวเป็นแป้งที่ไม่มีอะไมโลสเลย แป้งแต่ละชนิดมีขนาดโมเลกุลหรือระดับขั้นการเกิดพอลิเมอร์ที่ต่างกัน แป้งที่มีโมเลกุลของอะไมโลสยาวขึ้นจะมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) ลดลง รายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 2.3-1

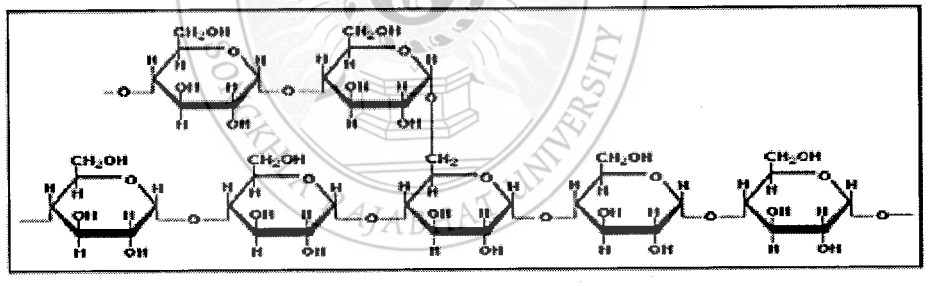


ภาพที่ 2.3-1 โครงสร้างทางเคมีของอะไมโลส

ที่มา: Vandamme et al., 2002

2.3.2 อะไมโลเพกติน (Amylopectin)

พอลิแซคคาร์ไรด์ประเภท Homopolysaccaride ซึ่งเป็นส่วนประกอบของสตาร์ช เป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสที่จัดเรียงตัวเป็นโซ่ที่มีกิ่งก้านสาขา โดยพันธะไกลโคซิดิกสองแบบ คือ ส่วนที่เป็นเส้นตรงเป็นพันธะชนิด α-1, 4 (α-1, 4) เหมือนกับอะไมโลสแต่มีส่วนที่เป็นกิ่งก้านสาขาเชื่อมต่อด้วยพันธะ α-1, 6 (α-1, 6) อะไมโลเพคตินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000 เท่าของอะไมโลสและมีอัตราการคืนตัวต่ำ (การคืนตัวของแป้งสุกนั้นเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำแป้งสุกซึ่งร้อนมีอุณหภูมิลดต่ำลง) เนื่องจากอะไมโลเพคตินมีลักษณะโครงสร้างเป็นกิ่งอะไมโลเพคตินถือว่ามีความสำคัญมากกว่าอะไมโลสทั้งด้านโครงสร้าง หน้าที่และการนำไปใช้งาน รายละเอียดดังภาพที่ 2.3-2



ภาพที่ 2.3-2 โครงสร้างทางเคมีของอะไมโลเพคติน

ที่มา: Vandamme et al., 2002

ปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกติน มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันแสดงดังตารางที่ 2.3-1 และนอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบของแป้งทั้ง ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และฟอสฟอรัส ในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของแป้งแสดงดังตารางที่ 2.3-2

ตารางที่ 2.3-1 สมบัติของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

อะไมโลส (Amylose)	อะไมโลเพคติน (Amylopectin)
1. ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ α-1, 4 (α -1, 4)	1. ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสที่ต่อกัน เป็นเส้นตรงด้วยพันธะแอลฟา α-1, 4 (α -1, 4)และมีการแตกกิ่งด้วยพันธะแอลฟา α-1, 6 (α-1, 6)
2. ประกอบด้วยกลูโคส 200-6000 หน่วย	2. แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-25 หน่วย
3. ละลายน้ำได้น้อยกว่า	3. ละลายน้ำได้ดีกว่า
4. เมื่อต้มในน้ำจะมีความข้นหนืดน้อยกว่าเกิดเรทโทรเกรเดชั่นได้ง่าย	4. ข้นหนืดและใสมาก เกิดเรทโทรเกรเดชั่นยาก
5. ให้สีน้ำเงินกับสารละลายไอโอดีน	5. ให้สีม่วงแดงหรือสีน้ำตาลแดงกับ สารละลายไอโอดีน
6. ต้มแล้วทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง	6. ต้มแล้วทิ้งไว้จะไม่จับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง
7. แป้งที่มีอะไมโลสสูง ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด	7. แป้งที่มีอะไมโลเพคตินสูง ได้แก่ แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวโพด ข้าวเหนียว

ที่มา: Beynum and Roels, 1985

ตารางที่ 2.3-2 องค์ประกอบของแป้งชนิดต่าง ๆ

ชนิดแป้ง	**ความชื้น (%)**	**ไขมัน (%)**	**โปรตีน (%)**	**เถ้า (%)**	**ฟอสฟอรัส (%)**
แป้งข้าวโพด	13	0.6	0.35	0.1	0.015
แป้งมันฝรั่ง	19	0.05	0.06	0.4	0.08
แป้งสาลี	14	0.8	0.4	0.15	0.06
แป้งมันสำปะหลัง	13	0.1	0.1	0.2	0.01
แป้งข้าวโพดข้าวเหนียว	13	0.2	0.25	0.07	0.007
แป้งข้าวฟ่าง	13	0.7	0.3	0.08	-
แป้งข้าวเจ้า	-	0.8	0.45	0.5	0.01
แป้งสาคู	-	0.1	0.1	0.2	0.02
แป้งมันเทศ	13	-	-	0.1	-

ที่มา: อังศุมา บุญไชยสุริยา, 2554

2.4 พลาสติกชีวภาพและกระบวนการผลิตพลาสติกชีวภาพจากแป้ง

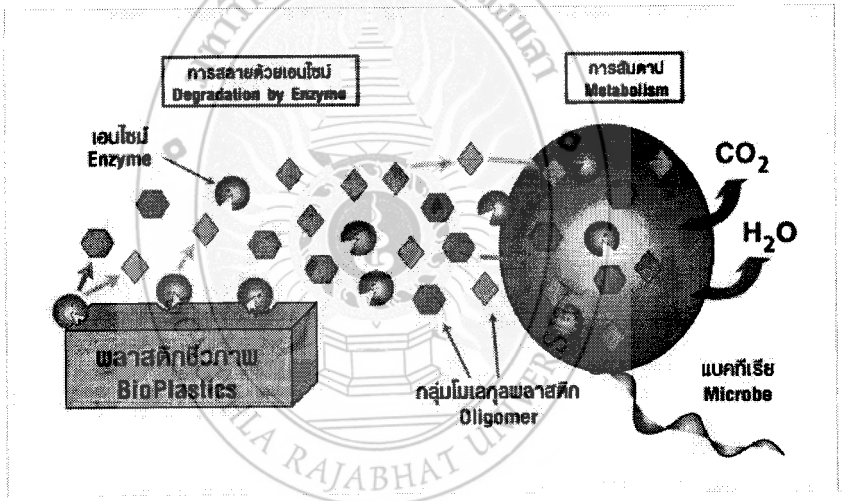
พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) เป็นพลาสติกที่ผลิตขึ้นจากวัสดุธรรมชาติซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงหรือขึ้นรูปได้โดยกระบวนการทางความร้อน และสามารถย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ เมื่อย่อยสลายจนหมดจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและดำรงชีวิตได้ ซึ่งวัสดุธรรมชาติที่นำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพมีหลายชนิด ส่วนใหญ่จะได้มาจากพืชหัว เช่น มันสำปะหลัง ซึ่งวัสดุธรรมชาติที่ได้รับความสนใจในการนำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพ คือ แป้ง (Starch) (พิชาภัค สมยูรทรัพย์, 2553)

ดังนั้น จากงานวิจัยนี้จึงนำแป้งซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สามารถทดแทนขึ้นมาใหม่ได้ในธรรมชาติ (Renewable resource) มาใช้ในกระบวนการผลิตพลาสติกชีวภาพซึ่งแป้งที่นำมาใช้ศึกษาครั้งนี้คือ แป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาคู โดยมีวิธีการผลิต ดังแสดงในภาพที่ 2.4-1

ภาพที่ 2.4-1 กระบวนการผลิตพลาสติกชีวภาพจากแป้ง
ที่มา: ชวนันท์ ชาติเจริญรัตน์ และคณะ, 2557

2.5 กลไกการย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากแป้ง

กลไกการย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากแป้ง เริ่มจากการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์และปัจจัยภายนอกที่ส่งผลให้พลาสติกชีวภาพแตกออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย ขั้นตอนนี้เรียกว่า การย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodeterioration) หลังจากนั้นจุลินทรีย์จะปล่อยเอนไซม์ออกมานอกเซลล์เพื่อย่อยสลายพอลิเมอร์ของพลาสติกชีวภาพขั้นตอนนี้เรียกว่า กระบวนการทำลายการโพลีเมอไรเซชั่น (Depolymerisation) กลายเป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็ก โมเลกุลที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายเหล่านี้จะถูกซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ผ่านทางเยื่อหุ้มเซลล์ส่งเข้าสู่กระบวนการสันดาปเพื่อนำไปใช้ในการสร้างพลังงานและมวลชีวภาพ ขั้นตอนนี้เรียกว่า การดูดซึม (Assimilation) ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์จากการย่อยสลาย คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) แสดงดังภาพที่ 2.5-1



ภาพที่ 2.5-1 กลไกการย่อยสลายทางชีวภาพของแป้ง
ที่มา: วชิระ ยมาภัย และคณะ, 2555

2.6 มาตรฐานการย่อยสลายทางชีวภาพ

องค์กรทั่วโลกได้ดำเนินการจัดทำมาตรฐานผลิตภัณฑ์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable plastics) ขึ้น และให้คำจำกัดความของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพซึ่งมีความแตกต่างกันเล็กน้อยไว้ โดยมีมาตรฐานดังต่อไปนี้

2.6.1 ASTM D883-12 (2012): American Society for Testing and Materials พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ คือ พลาสติกที่ย่อยสลายได้ เนื่องมาจากการทำงานของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น แบคทีเรีย รา และสาหร่าย (จารุนี วิวัชรโกเศศ, 2541)

2.6.2 ISO 472 (1998): International Organization for Standardization พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ คือ พลาสติกที่ถูกออกแบบมาให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีภายใต้สภาวะแวดล้อมที่กำหนดไว้โดยเฉพาะ เป็นสาเหตุทำให้สมบัติต่าง ๆ ของพลาสติกลดลงภายในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้วิธีทดสอบมาตรฐานที่เหมาะสมกับชนิดของพลาสติกและการใช้งาน ผลการทดสอบสามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกประเภทของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ โดยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมี ดังกล่าวต้องเกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์ในธรรมชาติเท่านั้น (จุฑากานต์ บุญมี, 2555)

2.6.3 BPS Japan (1994): Biodegradable Plastics Society Japan พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ คือ วัสดุพอลิเมอร์ที่สามารถเกิด การเปลี่ยนแปลงเป็นสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลลดต่ำลงได้ โดยมีอย่างน้อย 1 ขั้นตอนในกระบวนการย่อยสลายนี้เกิดผ่านกระบวนการเมทาบอลิซึมของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ (จุฑากานต์ บุญมี, 2555)

2.6.4 DIN FNK103.2 (1993): German Standard Organization วัสดุพลาสติกจะได้ชื่อว่าเป็นพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ก็ต่อเมื่อสารประกอบอินทรีย์ทั้งหมดถูกย่อยสลายอย่างสมบูรณ์โดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในสภาพแวดล้อม และมีอัตราการย่อยสลายอยู่ภายใต้ข้อกำหนดในการทดสอบตามมาตรฐาน (จุฑากานต์ บุญมี, 2555)

2.6.5 CEN (1993): European Standard Organization วัสดุย่อยสลายได้ คือ วัสดุที่การย่อยสลายเป็นผลมาจากการทำงานของจุลินทรีย์ทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน และมวลชีวภาพใหม่ เป็นผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนสุดท้าย (จุฑากานต์ บุญมี, 2555)

2.6.6 ASTM D5338-98 (2003): American Society for Testing and Materials การทดสอบการย่อยสลายพลาสติกโดยกระบวนการทางชีวภาพในระบบที่มีการควบคุมสภาวะการหมักในห้องปฏิบัติการ (จารุนี วิวัชรโกเศศ, 2541)

การทดสอบได้ครบตามข้อกำหนดในมาตรฐานสากล เพื่อยืนยันและรับรองว่าวัสดุพลาสติกย่อยสลายได้จริงและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากมาตรฐานสากลที่เป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติ เช่น ISO ASTM และ JIS ได้กำหนดให้ผลิตภัณฑ์พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพต้องมีสมบัติตรงตามมาตรฐานที่กำหนด 4 ประการ คือ การย่อยสลายได้เบื้องต้นจากการศึกษาโครงสร้างทางเคมี อัตราการย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradability) อัตราการแตกละเอียดระหว่างกระบวนการหมักทางชีวภาพ (Disintegration during biological treatment) และความเป็นพิษต่อ

ระบบนิเวศน์ (Ecotoxicity) ปัจจุบันห้องปฏิบัติการสามารถทำการทดสอบได้ตามมาตรฐาน ISO 14851 ISO 14852 ISO 14855 และ ASTM D5338 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ยอมรับกันโดยทั่วไปในระดับนานาชาติ (ธนาวดี ลี้จากภัย และโยษิตา ฤดีกิจ, 2555)

งานวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาการย่อยสลายทางชีวภาพ โดยดัดแปลงการวัดจากมาตรฐาน ASTM D 5338-98 คือ การทดสอบการย่อยสลายพลาสติกโดยกระบวนการทางชีวภาพในสภาวะที่มีออกซิเจนในระบบที่มีการควบคุมสภาวะการหมักในห้องปฏิบัติการ โดยจะเป็นการเร่งการย่อยสลายของพลาสติกให้เกิดการย่อยสลายเร็วกว่าวิธีการทดสอบที่นิยมกันทั่วไป ซึ่งคือการฝังกลบหรือปล่อยทิ้งไว้ในธรรมชาติ นอกจากนี้เครื่องมือทดสอบนี้ยังออกแบบให้สามารถวัดปริมาณการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนในชิ้นตัวอย่างไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อัตราการย่อยสลายและสามารถใช้ทดสอบวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพทุกประเภท

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พัชรี คำธิตา (2553) ได้พัฒนาอุปกรณ์ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกภายใต้สภาวะควบคุม ที่มีออกซิเจนตามมาตรฐาน ASTM D5338-98 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกในสภาวะที่มีออกซิเจนและควบคุมสภาวะการย่อยสลาย รวมทั้งศึกษาอัตราการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกและเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของคาร์บอนในวัสดุไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ อุปกรณ์ทดสอบการย่อยประกอบด้วยส่วนป้อนอากาศที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนของการย่อยสลายวัสดุ และส่วนของการดูดจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการย่อยสลาย วัสดุหมักที่ใช้ประกอบด้วยดินผสมปุ๋ยหมักอัตราส่วน 50:50 โดยน้ำหนัก มีความชื้น 23% และค่าความเป็นกรด-ด่าง pH 7 – 8 วัสดุที่ใช้ทดสอบการย่อยสลายแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ วัสดุชีวมวล ได้แก่ กระดาษชานอ้อยที่เป็นวัสดุย่อยสลายง่าย (Positive control) พลาสติกพอลิโพรพิลีนซึ่งเป็นวัสดุย่อยสลายได้ยาก (Negative control) และวัสดุพลาสติกชีวภาพพอลิโพรพิลีนผสมสารย่อยสลายได้ (Bioplastic materials) มีขนาด 1x2 เซนติเมตร ใส่วัสดุทดสอบต่อวัสดุหมักอัตราส่วน 1:10 โดยน้ำหนัก ทดสอบการย่อยสลายในที่มืดเป็นเวลา 45 วันภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส ป้อนอากาศที่ปราศจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ระบบที่อัตราการไหล 70 มิลลิลิตรต่อนาที ผลจากการทดสอบนั้นพบว่าอุปกรณ์ชุดนี้สามารถวัดอัตราการการย่อยสลายของวัสดุทดสอบภายใต้สภาวะที่ควบคุมได้ โดยวัสดุทดสอบประเภทกระดาษชานอ้อยมีอัตราการย่อยสลายมากกว่าวัสดุทดสอบประเภทพลาสติกพอลิโพรพิลีน นอกจากนี้พบว่าปัจจัยสำคัญต่อการย่อยสลายที่จะต้องควบคุม คือ อุณหภูมิในการย่อยสลาย

มลสุดา ลิวไธสง (2556) ได้รายงานผลการวิจัยที่เกี่ยวกับการผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย โดยได้มุ่งเน้นเกี่ยวกับวิธีการผลิตภาชนะโดยใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ เพื่อช่วยลดปริมาณขยะจากภาชนะพลาสติกและภาชนะโฟมแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ จากการทดลองพบว่าการเตรียมวัสดุเส้นใยจากกาบกล้วย โดยมีแป้งมันสำปะหลังเป็นวัสดุประสาน สภาวะที่เหมาะสมต่อกระบวนการอัดขึ้นรูป คือ ใช้อุณหภูมิ เท่ากับ 150 องศาเซลเซียส ความดันเท่ากับ 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และใช้เวลาในการอัดขึ้นรูปเท่ากับ 15 นาที ซึ่งชิ้นงานที่ผลิตออกมาจะแห้งตลอดทั่วทั้งแผ่นและมีผิวหน้าที่เรียบ การทดสอบสมบัติทางกลและสมบัติทางกายภาพคือการเพิ่มขึ้นของปริมาณเส้นใยส่งผลให้ค่าความต้านทานการดัดโค้ง (Flexural strength) ค่ามอดุลัสดัดโค้ง (Flexural modulus) ค่าความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile strength) มอดุลัสความยืดหยุ่น (Young's modulus) และค่าร้อยละการยืด (%Elongation) มีค่าลดลง แต่จะช่วยปรับปรุงความสามารถในการรับแรงกระแทกให้ดีขึ้น ซึ่งความยาวของเส้นใยที่เหมาะสมต่อกระบวนการอัดขึ้นรูปและช่วยปรับปรุงสมบัติต่างๆ ของชิ้นงานให้ดีขึ้น

อำนาจ เจรีรัตน์ (2554) พัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการควบคุมและจัดการกับขยะพลาสติกชีวภาพโดยการเร่งการย่อยสลายพลาสติกชีวภาพอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อรองรับการพัฒนาอุตสาหกรรมพลาสติกชีวภาพของประเทศไทยในอนาคต โดยใช้จุลินทรีย์ที่พบในดิน เพื่อทำการย่อยสลายพลาสติกชีวภาพที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เช่น Poly(L-lactide) (PLA) Poly(Butylenes succinate-co-adipate) (PBSA) ภายในเวลา 1 สัปดาห์ นอกจากนี้จุลินทรีย์ดังกล่าวยังสามารถย่อยสลายพลาสติกที่มีการผสม (Blend) ระหว่าง PLA และ PBSA ที่อัตราส่วนต่างๆ ได้ ทั้งนี้ในการผลิตพลาสติกทางการค้าเพื่อให้มีสมบัติที่ต้องการในรูปแบบต่างๆ จะต้องมีการผสมพลาสติกชนิดต่างๆ เข้าด้วยกัน โดยใช้จุลินทรีย์เป็นตัวย่อยสลายทางชีวภาพ

Sani and Soykeabkaew (2015) ได้ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพของคอมโพสิตชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วย ขี้เลื่อย (SD) เสริมในเมทริกซ์ (WG) (ข้าวสาลี (กลูเตน) และกลีเซอรอล) โดยมีอัตราส่วน 50:50 (SD50) และอัตราส่วน 70:30 (SD70) โดยน้ำหนัก จึงนำไปเปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังและเส้นใยปอ ตามมาตรฐาน ASTM D5988-03 หลังจาก 3 เดือนแป้งย่อยสลายมากกว่าเส้นใยปอ เนื่องจากเส้นใยปอมีบริเวณของผลึกมากขึ้น สำหรับการย่อยสลายของไบโอคอมโพสิตในอัตราส่วนที่แตกต่างกันแสดงให้เห็นว่า อัตราส่วน 50:50 สลายตัวได้เร็วกว่าอัตราส่วน 70:30 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการสลายตัวอยู่ประมาณ 22% เพราะอัตราส่วน 50:50 มีเมทริกซ์ของกลูเตนและกลีเซอรอลมากขึ้นซึ่งจะเกิดการสลายตัวได้ง่ายอัตราสูงสุดของการย่อยสลายทางชีวภาพสำหรับแต่ละวัสดุที่เป็นข้อสังเกตหลังจาก 14 วัน เพราะส่วนใหญ่น้ำได้ซึมเข้าไปในห่วงโซ่และเอนไซม์ยึดห่วงโซ่ที่จะมีขนาดเล็กลงอย่างต่อเนื่อง

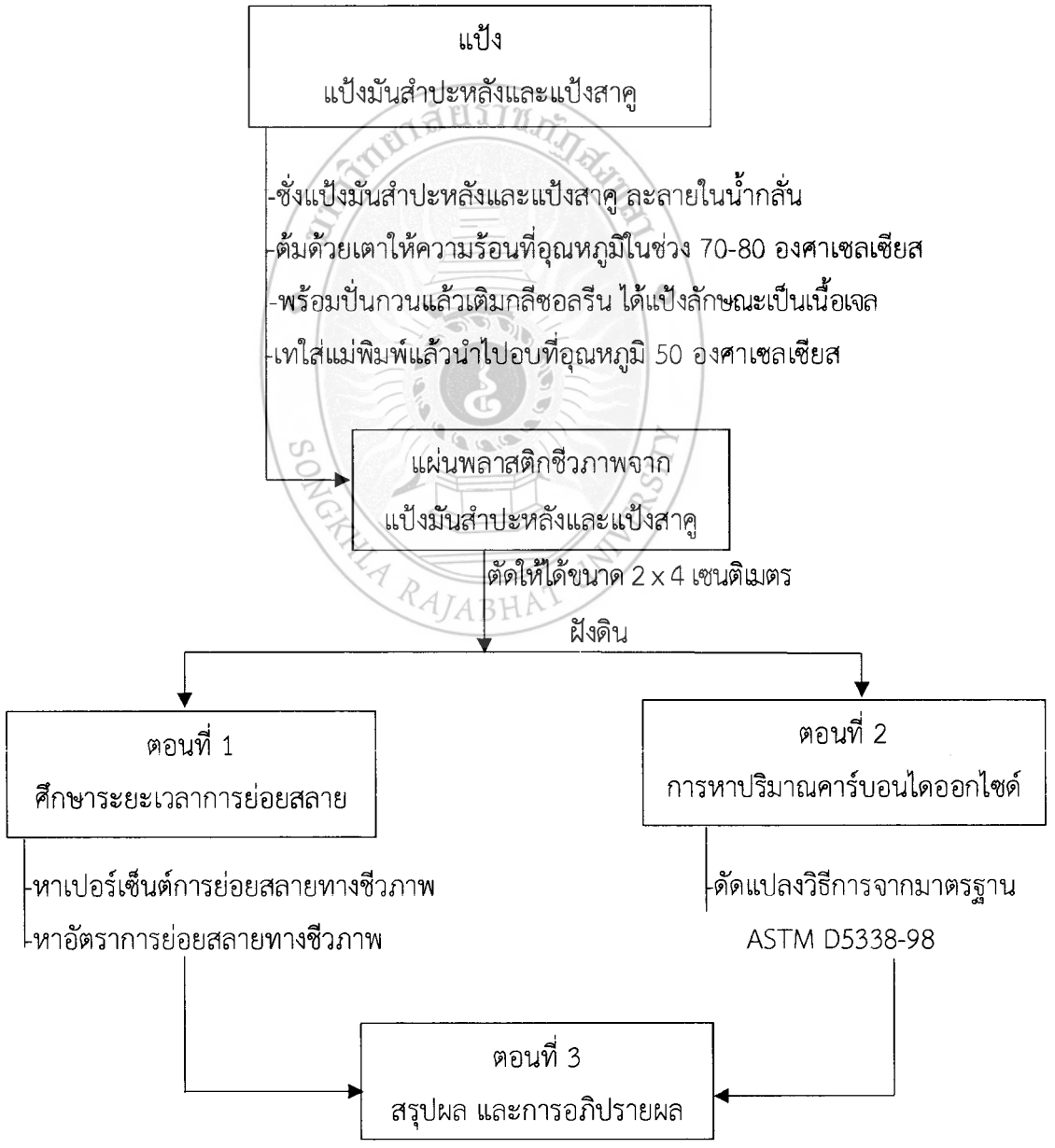
จากนั้นจึงวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพจึงมีการเกิดก๊าซไหลเข้าสู่สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งทำให้สามารถดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ตามมาตรฐาน ASTM D5338-03 (มาตรฐานดังที่กล่าวมาคือ วิธีการทดสอบสำหรับการย่อยสลายทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจนจากวัสดุเชิงประกอบภายใต้ที่มีปุ๋ยหมักควบคุม)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 กรอบแนวความคิดการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาการเปรียบเทียบการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู กรอบแนวความคิดการศึกษาแสดงไว้ดังภาพที่ 3.1-1



ภาพที่ 3.1-1 กรอบแนวความคิดการศึกษา

3.2 วัสดุและสารเคมี

3.2.1 วัสดุและสารเคมีสำหรับเตรียมพลาสติกชีวภาพ

1) กลีเซอรีน (Glycerine) analytical grade บริษัท Thermo fisher scientific

2) แป้งมัน (Cassava Starch) นิวเกรด บริษัท เซ็นทรัล ฟู้ด รีเทล จำกัด

3) แป้งสาคู (Sago Starch) นิวเกรด บริษัท เซ็นทรัล ฟู้ด รีเทล จำกัด

3.2.2 วัสดุและสารเคมีการย่อยสลายทางชีวภาพ

1) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) บริษัท UNIVAR

2) แบเรียมไฮดรอกไซด์ ($Ba(OH)_2$) บริษัท Fluka Chemika

3) กรดไฮโดรคลอริก (HCl) บริษัท Riedel-de Haen

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือการเตรียมพลาสติกชีวภาพ มีดังนี้

1) พิมพ์สะดึง (Embroidery hoop) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร

2) ตู้อบความร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert

3) เครื่องชั่งไฟฟ้า (Electrical balance) ยี่ห้อ OHAUS รุ่น Adventurer

4) เตาให้ความร้อน (Hotplate) ยี่ห้อ LMS รุ่น HTS-1003

3.3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือการทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ

1) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ยี่ห้อ Memmert

2) ขวดโหลสีชาพร้อมฝาปิด ขนาดความจุ 1.5 ลิตร

3) สายยางซิลิโคน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร

4) จุกยางสีดำขนาด 16 และ ขนาด 18

5) ดินที่ผสมปุ๋ย ชื่อดินพร้อมปลูกลุงสิทธิ์ ร้านลุงเจิม อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมชิ้นงานพลาสติกชีวภาพจากแป้ง

1) ชั่งน้ำหนักแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคูอย่างละ 12 กรัม

2) ละลายในน้ำกลั่นอย่างละ 200 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร

3) แช่บีกเกอร์ในอ่างน้ำมันพืช ต้มด้วยเตาให้ความร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 70–80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาทีพร้อมกับปั่นกวน

4) เติมกลีเซอรีน 20 เปอร์เซ็นต์ แล้วปั่นกวนต่ออีก 20 นาที

5) ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เทใส่แม่พิมพ์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร

6) อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จะได้แผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพจากแป้ง จากนั้นตัดชิ้นงานพลาสติกชีวภาพขนาดให้ได้ 2 x 4 เซนติเมตร หนา 0.1 เซนติเมตร เพื่อนำไปทดสอบในตอนที่ 2 การย่อยสลายทางชีวภาพ (สุนิสา โร๊ะศรี และ เจนจิรา สุวรรณ, 2558)

3.4.2 การหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของการย่อยสลายทางชีวภาพ

ศึกษาโดยการย่อยสลายในดินที่ผสมปุ๋ย (ลงในถังสีดำขนาด 29.5 x 25.7 เซนติเมตร) โดยการชั่งน้ำหนักของพลาสติกที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1) การเตรียมดิน การนำดินที่ผสมปุ๋ยหมักใส่ลงภาชนะถังสีดำ ขนาด 29.5 x 25.7 เซนติเมตร และความลึกของดินจากชิ้นพลาสติกในการย่อยสลาย 12 เซนติเมตร ปุ๋ยหมักที่ใช้ประกอบด้วยดินที่ผสมปุ๋ยอัตราส่วน 50:50 โดยน้ำหนัก

2) การเตรียมชิ้นพลาสติกชีวภาพ ที่เตรียมได้จากวิธีการในหัวข้อ 3.4.1 แผ่นพลาสติกชีวภาพที่ตัดขนาด 2 x 4 เซนติเมตร

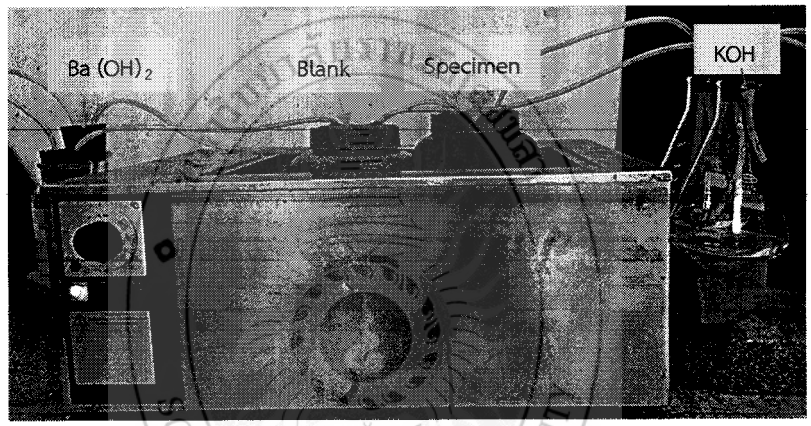
3) การติดตามการย่อยสลาย วางถังสีดำไว้ที่มืดเก็บตัวอย่างทุก 6 ชั่วโมง (เช้าและเย็น) จากนั้นชั่งน้ำหนัก เพื่อหาน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปจากการย่อยสลาย ดังสูตร (Varalakshmi, 2015)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายทางชีวภาพ} = \frac{(\text{น้ำหนักแห้งก่อนการย่อยสลาย} - \text{น้ำหนักแห้งหลังการย่อยสลาย})}{\text{น้ำหนักแห้งก่อนการย่อยสลาย}} * 100$$

4) หาอัตราเร็วการย่อยสลาย หาได้จากความชันของความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายทางชีวภาพและระยะเวลาการย่อยสลาย (โยธญา อิศราเสนา, 2558)

3.4.3 การหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลายทางชีวภาพ

การหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลายทางชีวภาพโดยจะดัดแปลงมาจากมาตรฐาน ASTM D5338-98 ทำได้โดย เตรียมภาชนะในการศึกษาการย่อยสลาย คือ ใส่ดินที่ผสมปุ๋ยในขวดโหลที่เตรียมไว้ประมาณครึ่งหนึ่งจากนั้นวางพลาสติกชีวภาพที่เตรียมได้ จำนวน 10 แผ่น (เนื่องจาก เป็นจำนวนที่เหมาะแก่ภาชนะ) ลงในขวดโหล จากนั้นกลบดินจนเต็มขวดโหลและฝังสายยางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ลงในดินลึก 10 เซนติเมตร ร้อยสายยางผ่านฝาปิดขวดโหลแล้วต่อสายยางระหว่างขวดสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมไว้วางขวดโหลที่ใส่ดินไว้ในอ่างน้ำร้อนที่ตั้งอุณหภูมิไว้ 58 องศาเซลเซียส จัดอุปกรณ์ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพแสดงดังภาพที่ 3.4-1



ภาพที่ 3.4-1 การจัดอุปกรณ์ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ

สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล เตรียมได้โดยละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 2.80 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร และสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล เตรียมได้โดยชั่งน้ำหนัก 3.15 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

3.4.4 วิธีการติดตามหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

เก็บตัวอย่างสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 10 มิลลิลิตร ที่เวลาเริ่มต้น 3 วัน และ 6 วัน ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มิลลิลิตร ไทเทรตหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.5 นอร์มอล (เตรียมโดยใส่น้ำกลั่นในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร มาดูดกรดไฮโดรคลอริก 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในน้ำ จากนั้นใส่ในขวดวัดปริมาตรแล้วมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร) ปฏิกิริยาการไทเทรตแสดงได้ดังปฏิกิริยา (3.1) และ (3.2)

$$2KOH\ (start) + CO_2 \longrightarrow K_2CO_3 + H_2O \qquad (3.1)$$

$$KOH\ (remain) + HCl \longrightarrow KCl + H_2O \qquad (3.2)$$

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายจะทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ได้เป็นโพแทสเซียมคาร์บอเนต และจะสามารถหาปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ส่วนที่เหลือได้โดยการไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริกดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข (Rosario and Dell, 2010)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

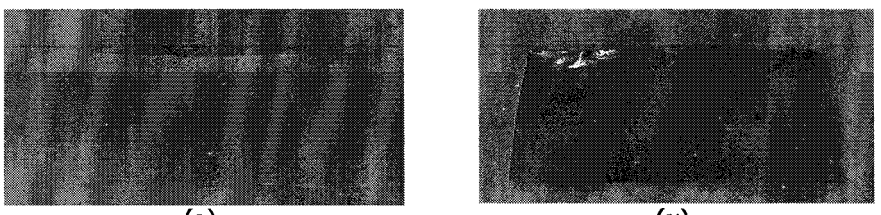
งานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบการย่อยสลายทางชีวภาพของแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู โดยได้รายงานผลการวิจัยเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ การศึกษาลักษณะทางกายภาพของระยะเวลาในการย่อยสลายทางชีวภาพ และศึกษาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการย่อยสลาย ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ลักษณะทางกายภาพและระยะเวลาในการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพแป้งสาคู

วิธีการผลิตแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู ศึกษาลักษณะทางกายภาพและระยะเวลาในการย่อยสลายของแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง และพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ชั่งน้ำหนักแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคูอย่างละ 12 กรัม หลังจากนั้นละลายน้ำกลั่นอย่างละ 200 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร จากนั้นแช่บีกเกอร์ในอ่างน้ำมันพืช ต้มด้วยเตาให้ความร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 70 – 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาทีพร้อมกับปั่นกวน จากนั้นเติมกลีเซอรีน 20% แล้วปั่นกวนต่ออีก 20 นาที สุดท้ายทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เทใส่แม่พิมพ์ ขนาด 10 เซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จะได้แผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู เพื่อนำไปศึกษาลักษณะทางกายภาพและระยะเวลาในการย่อยสลายทางชีวภาพ โดยมีวิธีการศึกษาดังรายละเอียดซึ่งแสดงไว้ในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.4.1-3.4.2

ลักษณะชิ้นงานแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังจะเป็นสีใสและลักษณะชิ้นงานแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคูจะเป็นสีน้ำตาล ขนาด 2 x 4 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 4.1-1



(ก) (ข)

ภาพที่ 4.1-1 แผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง (ก) และแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู (ข)

4.1.1 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังระหว่างการย่อยสลาย

ผลการศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังหลังระหว่างการย่อยสลายแสดงดังภาพที่ 4.1-2 และมีรายละเอียดที่สำคัญดังต่อไปนี้

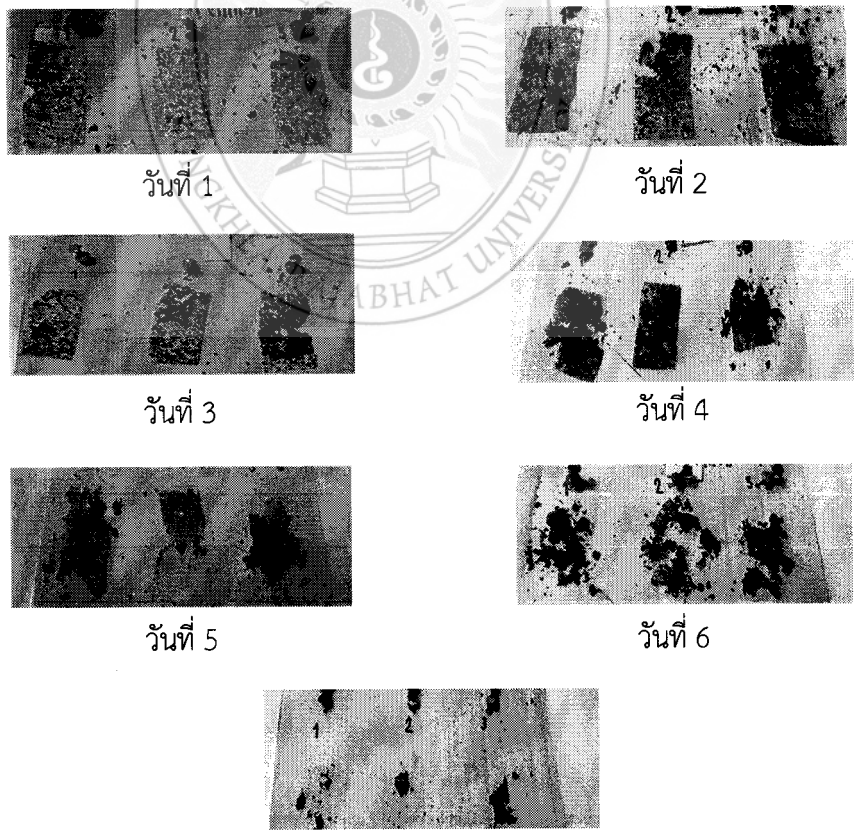
วันที่ 1 เริ่มมีการพองตัวของพลาสติกชีวภาพ ซึ่งเกิดจากการที่พลาสติกชีวภาพมีการสัมผัสกับดินที่ผสมปุ๋ยหมักจุลินทรีย์ทำให้มีความชื้นเกิดขึ้น

วันที่ 2 และวันที่ 3 จะเห็นลักษณะรอยขาด ซึ่งเกิดจากจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินมีการแทรกซึมเข้าไปทำลายโครงสร้างในการย่อยสลายของแผ่นพลาสติกชีวภาพ หรือเกิดจากการบวมพอง เนื่องจากการแทรกซึมของน้ำในดิน

วันที่ 4 มีการแยกเป็นลักษณะชิ้นส่วนอย่างชัดเจน

วันที่ 5 และวันที่ 6 พลาสติกชีวภาพย่อยสลายเป็นชิ้นส่วนละเอียด

วันที่ 7 พลาสติกชีวภาพย่อยสลายเป็นเนื้อเดียวกับดินที่ผสมปุ๋ยหมักจุลินทรีย์ เนื่องจากการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์



ภาพที่ 4.1-2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของแป้งมันสำปะหลังหลังการย่อยสลาย

4.1.2 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคูระหว่างการย่อยสลาย

ผลการศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคูระหว่างการย่อยสลายแสดงดังภาพที่ 4.1-3 และมีรายละเอียดที่สำคัญดังต่อไปนี้

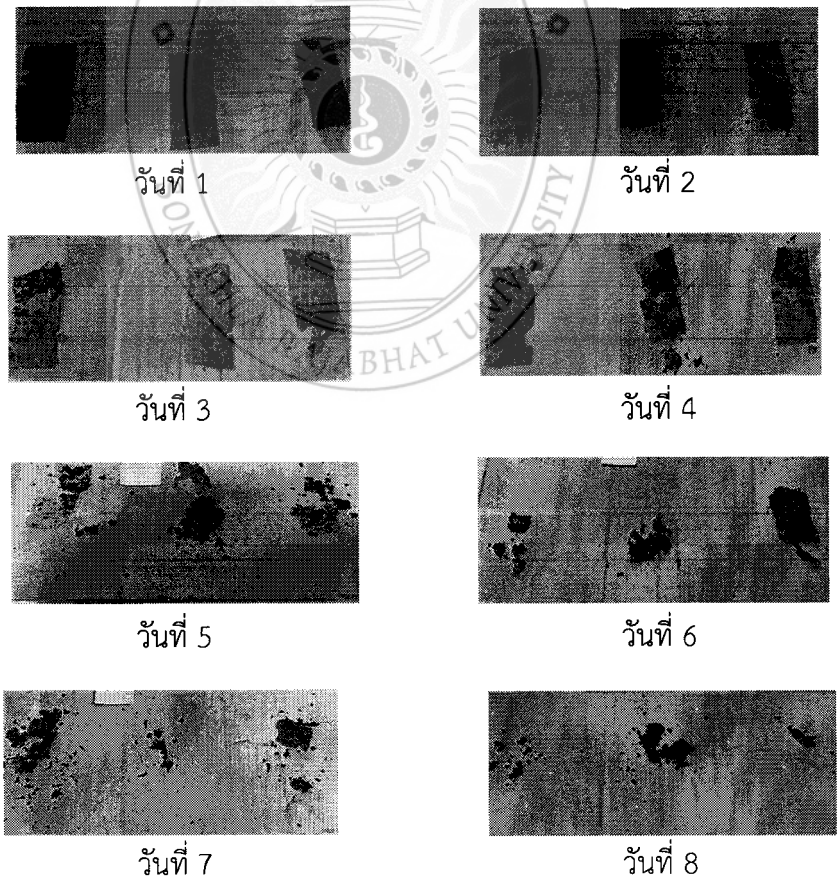
วันที่ 1 จะไม่เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของการย่อยสลาย เนื่องจากโครงสร้างของแป้งสาคูมีปริมาณอะไมโลสมากกว่าแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งอะไมโลสจะมีโครงสร้างเป็นเส้นตรง ดังนั้นจุลินทรีย์จะเข้าไปทำลายโครงสร้างได้ยาก

วันที่ 2 ถึงวันที่ 4 จะสังเกตเห็นเป็นรอยขาดของแผ่นพลาสติก เนื่องจากจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินเข้าไปทำลายโครงสร้างของแป้งในการย่อยสลายแผ่นพลาสติกชีวภาพ

วันที่ 5 และวันที่ 6 เห็นเป็นลักษณะขาดเป็นเศษชิ้นส่วนขนาดเล็ก

วันที่ 7 พลาสติกชีวภาพย่อยสลายเป็นชิ้นมีลักษณะเล็กละเอียด

วันที่ 8 พลาสติกชีวภาพถูกย่อยสลายมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกับดินที่ผสมปุ๋ย นั่นคือเกิดการย่อยสลายที่สมบูรณ์



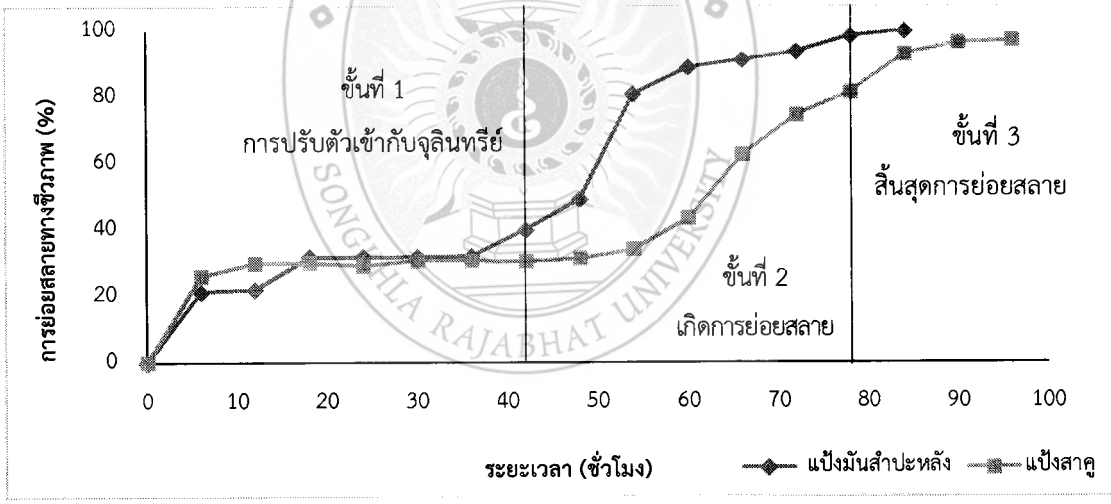
ภาพที่ 4.1-3 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของแป้งสาคูหลังการย่อยสลาย

จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้ง 2 ชนิดสามารถสรุปได้ว่า พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเกิดการย่อยสลายดีกว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู เนื่องจากแป้งสาคูปริมาณอะไมโลสมากกว่าแป้งมันสำปะหลังทำให้เกิดการย่อยสลายได้ยากกว่า (อะไมโลสมีโครงสร้างเป็นโซ่ตรงมีการจัดตัวเป็นระเบียบสูง น้ำและจุลินทรีย์สามารถแทรกซึมผ่านได้ยาก) สำหรับเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายทางชีวภาพกับระยะเวลาจะแสดงรายละเอียดดังข้อที่ 4.1.3

4.1.3 เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายทางชีวภาพกับระยะเวลา

การศึกษาการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู ซึ่งวิธีการทดลองได้แสดงไว้ในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.4.2 รายงานผลการทดลอง ดังภาพ 4.1-4

ภาพที่ 4.1-4 แสดงเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคูกับระยะเวลา โดยที่แกนตั้ง คือ เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายทางชีวภาพ และแกนนอน คือ ระยะเวลา (ชั่วโมง) จากการย่อยสลายทางชีวภาพโดยทั่วไปจะแสดงถึงขั้นตอนในการย่อยสลายทางชีวภาพ ดังนี้



ภาพที่ 4.1-4 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายทางชีวภาพกับระยะเวลา

จากภาพที่ 4.1-4 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพจากแป้งทั้ง 2 ชนิด เกิดขึ้นชั่วโมงที่ 42 ถึง ชั่วโมงที่ 79 และจะสิ้นสุดการย่อยสลายชั่วโมงที่ 98 โดยการย่อยสลายทางชีวภาพ จะแบ่งเป็น 3 ขั้น คือ

ขั้นที่ 1 การย่อยสลายค่อนข้างคงที่ในชั่วโมงที่ 0 ถึง ชั่วโมงที่ 42 เนื่องจาก เป็นช่วงที่จุลินทรีย์มีการปรับตัวเพื่อให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เกิดจากการย่อยสลายทางชีวภาพ

ขั้นที่ 2 : มีการย่อยสลายเกิดขึ้นในชั่วโมงที่ 42 ถึง ชั่วโมงที่ 79 จะเห็นได้ว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเกิดการย่อยสลายได้เร็วกว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู เนื่องจากจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินเข้า

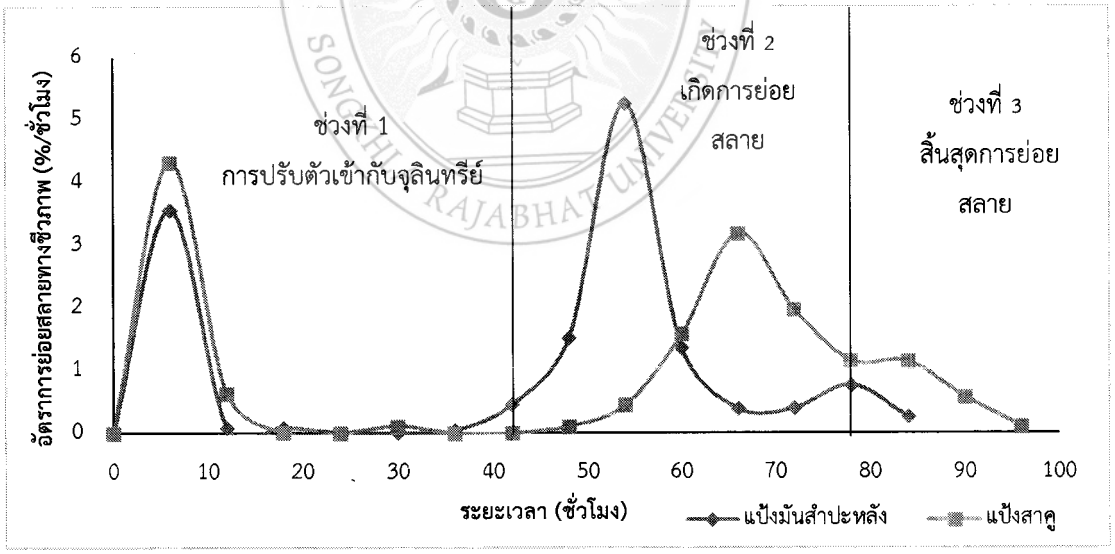
ไปทำลายโครงสร้างที่เรียงตัวไม่เป็นระเบียบ ซึ่งมีมากในแป้งมันสำปะหลัง จึงส่งผลให้แป้งมันสำปะหลังย่อยสลายได้เร็วกว่าแป้งสาคู เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับลักษณะชิ้นงานจากการย่อยสลายในหัวข้อ 4.1.1 และ 4.1.2 พบว่าจะสอดคล้องกับลักษณะตัวอย่างจากการย่อยสลายในวันที่ 2 และวันที่ 3

ขั้นที่ 3 : เป็นระยะเวลาที่ชิ้นพลาสติกชีวภาพถูกใช้ไปหมดในชั่วโมงที่ 79 ถึงชั่วโมงที่ 98 เกิดการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์ โดยชิ้นพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคูเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพ 99.73 เปอร์เซ็นต์ และ 97.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพได้เร็วกว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู ซึ่งจะเห็นได้ว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเริ่มเกิดการย่อยสลายมากกว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคูตั้งแต่ชั่วโมงที่ 42 รวมทั้งพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง สิ้นสุดการย่อยสลายเร็วกว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู

4.1.4 อัตราการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู

อัตราการย่อยสลายทางชีวภาพหาได้จากความชันของความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายทางชีวภาพและระยะเวลาในการย่อยสลาย ซึ่งแสดงไว้ในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.4.2 แสดงดังภาพ 4.1-5



ภาพที่ 4.1-5 อัตราการย่อยสลายทางชีวภาพระหว่างพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคูกับระยะเวลาการย่อยสลาย

จากภาพที่ 4.1-5 อัตราการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้ง 2 ชนิดมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกับผลการการวิจัยของ Song et al. (2009) สามารถอธิบายได้เป็นช่วงดังต่อไปนี้

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ช่วงที่ 1 : เนื่องจากจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม ทำให้พลาสติกจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู มีอัตราการย่อยสลายที่ไม่แตกต่างกันในช่วงแรก

ช่วงที่ 2 : อัตราเร็วของการย่อยสลายสูงขึ้นกว่าช่วงที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบชนิดของแป้งต่ออัตราการย่อยสลายจะเห็นได้ว่าแป้งมันสำปะหลังมีอัตราการย่อยสลายเร็วกว่าแป้งสาคู โดยพิจารณาได้จากแป้งมันสำปะหลังมีความสูงของอัตราการย่อยสลายทางชีวภาพสูงกว่า และระยะเวลาในการย่อยสลายที่สั้นกว่าแป้งสาคู เนื่องจาก แป้งมันสำปะหลังมีปริมาณอะไมโลสน้อยกว่าแป้งสาคู

ช่วงที่ 3 : เป็นเส้นคงที่คือ เกิดการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์

สรุปผลการทดลองพบว่า พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคูมีอัตราการย่อยสลายทางชีวภาพเกิดขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง และ 3 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ตามลำดับ

4.2 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู

การย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้งทั้ง 2 ชนิด จะทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ โดยสามารถตรวจสอบกับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ไว้มาไทเทรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งจะแสดงสมการไว้ในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.4.3-3.4.4 จึงมาไทเทรตในวันที่ 0 วันที่ 3 และวันที่ 6 ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2-1

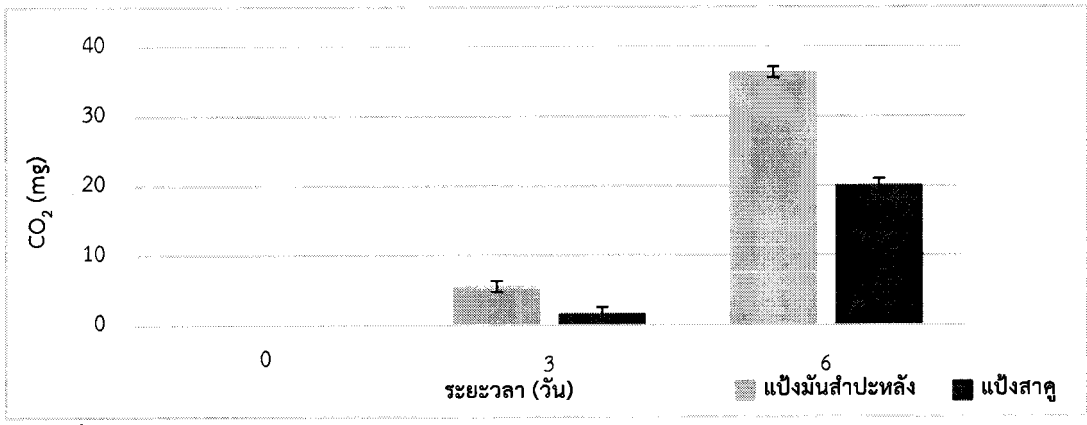
ตารางที่ 4.2-1 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา

ชนิดแป้ง	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (mg)		
	0 วัน	3 วัน	6 วัน
แป้งมันสำปะหลัง	0.0	5.5	36.3
แป้งสาคู	0.0	1.5	20.0

จากตารางที่ 4.2-1 แสดงถึงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของพลาสติกชีวภาพจากแป้งทั้ง 2 ชนิด โดยจะอธิบายในหลักของการเกิดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนี้

เมื่อมีการย่อยสลายทางชีวภาพเกิดขึ้น ทำให้มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาตามหลักการที่แสดงไว้ในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.4.3-3.4.4 การย่อยสลายทางชีวภาพเป็นแบบใช้ออกซิเจนซึ่งสอดคล้องกับระยะเวลาที่ผ่านไป จึงทำให้มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 4.2-1

17 มิ.ค. 2567



ภาพที่ 4.2-1 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู

จากภาพที่ 4.2-1 พบว่า ระยะเวลาเริ่มต้นวันที่ 3 พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคูมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น 5.5 มิลลิกรัม และ 1.5 มิลลิกรัม ตามลำดับ และวันที่ 6 พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคูมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น 36.3 มิลลิกรัม และ 20.0 มิลลิกรัม ตามลำดับ ดังนั้น แป้งมันสำปะหลังมีการย่อยสลายสูงกว่าทุกช่วงเวลา เมื่อระยะเวลาการย่อยสลายนานขึ้น ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังย่อยสลายทางชีวภาพได้เร็วกว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู ซึ่งพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังจะสิ้นสุดการย่อยสลายภายใน 7 วัน พลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคูจะสิ้นสุดการย่อยสลายภายใน 8 วัน สอดคล้องกับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น คือ แป้งมันสำปะหลังเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่ายและเร็ว ดังนั้น ทำให้มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นมาก ในขณะที่แป้งสาคูย่อยสลายทางชีวภาพได้ช้ากว่า และมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นน้อยกว่า

อย่างไรก็ตามระยะเวลาในการย่อยสลายทางชีวภาพภายใน 7 วัน และ 8 วัน สามารถที่จะประยุกต์ใช้งานได้ในบางประเภท เช่น ถุงเพาะต้นกล้า ซึ่งการประยุกต์การใช้งานที่หลากหลายสามารถทำได้โดย การปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของพลาสติกชีวภาพเพื่อยืดระยะเวลาในการใช้งานได้นานยิ่งขึ้น

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคูซึ่งเตรียมจากสภาวะสารละลายโดยใช้กลีเซอรีนเป็นพลาสติไซเซอร์ (Plasticizer) ในปริมาณ 20% โดยน้ำหนัก สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การศึกษาระยะเวลาจากการย่อยสลายทางชีวภาพ

จากการติดตามตรวจสอบการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพ โดยวิธีการศึกษาแป้งทั้ง 2 ชนิด คือ แป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาคู ทุกๆ 6 ชั่วโมง พบว่า พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังสามารถย่อยสลายได้ดีกว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู โดยพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังมีการย่อยสลายภายใน 7 วัน ในขณะที่พลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคูมีการย่อยสลายภายใน 8 วัน และจากการหาอัตราเร็วในการย่อยสลาย พบว่า พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังมีอัตราการย่อยสลายได้เร็วกว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู

5.1.2 การศึกษาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู

จากผลการวิจัยพบว่าจะมีการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เมื่อเทียบกับระยะเวลาซึ่งสามารถยืนยันได้ว่าการย่อยสลายทางชีวภาพเป็นไปตามกลไกที่มีการใช้ออกซิเจน (Aerobic) จากการทดลองดังกล่าวเป็นข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นที่เป็นการติดตามของการย่อยสลายทางชีวภาพ (มาตรฐาน ASTM D5338-98)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษากระบวนการเคลือบผิวแผ่นพลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคูเพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายยิ่งขึ้น

5.2.2 ในการทดลองครั้งนี้เป็นการหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการย่อยสลายทางชีวภาพแต่ไม่ได้ควบคุมอัตราการไหลเข้าของออกซิเจน ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรควบคุมปริมาณและความบริสุทธิ์ของออกซิเจนให้มากขึ้น

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2547. **มันสำปะหลัง.** เอกสารวิชาการ. โรงพิมพ์โอเดียลสแคว์. กรุงเทพฯ. 20 (4): 124.

จารุนี วิวัชรโกเศศ. 2541. เอกสารมาตรฐาน ASTM. **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ 46.** พฤษภาคม 2541: 23-25.

จุฑากานต์ บุญมี. 2555. **พลาสติกย่อยสลายได้ เทคโนโลยีเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม.** แหล่งที่มา: http://www2.mtec.or.th/th/special/biodegradable_plastic/bio_de_plas.html. 20 ตุลาคม 2560.

ชนะ เสรีวิกุล. 2558. **การย่อยสลายทางชีวภาพ.** แหล่งที่มา: https://www.trueplookpanya.com /new/asktrueplookpanya/questiondetail/14351. 20 ตุลาคม 2560.

ชวนันท์ ชาติเจริญรัตน์, น้ำอบ ศรีสัญ และวรัตนลักษณ์ สกุลเจริญพร. 2557. **พลาสติกชีวภาพรักษ์โลก.** สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.

ธนาวดี ลี้จากภัย และโยษิตา ฤดีกิจ. 2555. **เครื่องมือทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนตามมาตรฐานสากล.** แหล่งที่มา: https://www.mtec.or.th/ prnews/new-research/. 20 ตุลาคม 2560.

พัชรี คำธิตา. 2553. **การพัฒนาอุปกรณ์ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกภายใต้สภาวะควบคุม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, มหาวิทยาลัยรังสิต.

พิชาภัค สมยูรทรัพย์. 2553. **พลาสติกชีวภาพนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์สีเขียว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

มลสุดา ลิวไธสง. 2556. **การผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

โยธญา อิศราเสนา. 2558. **อัตราการเปลี่ยนแปลง.** แหล่งที่มา: http://www.thaigoodview.com/ node/144298. 20 ตุลาคม 2560.

วชิระ ยมาภัย, ปราณี ชาวกล้า และนัฐกานต์ ไตรอุโฆษ. 2555. **กระบวนการย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพ.** แหล่งที่มา: https://enchemcom1po.wordpress.com. 19 ตุลาคม 2560.

วิศิษฏ์ โล้เจริญรัตน์. 2555. **ผลิตภัณฑ์จากวัสดุพอลิเมอร์ชีวฐานที่ย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุนิสา โร๊ะศรี และเจนจิรา สุวรรณ. 2558. **การเตรียมและสมบัติของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังผสมยางธรรมชาติ.** ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต โปรแกรมวิชายางและพอลิเมอร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

อังศุมา บุญไชยสุนิยา. 2554. **การผลิตโฟมย่อยสลายทางชีวภาพจากแป้งมันปะหลังเสริมแรงด้วยเส้นใยปาล์ม.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อำนาจ เจรีรัตน์. 2554. **การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเร่งการย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพด้วยจุลินทรีย์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

Beynum, G.M.A. and Roels, J.A. 1985. **Starch Conversion Technology.** Marcel Dekker, Inc., New York, p. 326.

Kawabata, A., Takase, N. and Miyoshi, E. 1994. Microscopic observation and X-Ray Diffractometry of Heat/Moisture – Treated Starch Granules. **Starch.** 46 (12): 463-469.

Rosario, L. and Dell, E. 2010. **Biodegradability of plastics testing in undergraduate materials laboratory course.** Rochester Institute of Technology, American.

Shogren, R.L., Lawton, J.W. and Tiefenbacher, K.F. 2002. Baked Starch Foams: Starch Modifications and Additives Improve Process Parameters, Structure and Properties. **Industrial Crops and Products.** 1 (16): 69-79.

Song, J.H., Murphy, J., Narayan, B. and Davies, G.B.H. 2009. Biodegradable and compostable alternatives to conventional plastics. **Philosophical Transactions of the Royal Society B.** 364: 2127-2139.

Sani, A. and Soykeabkaew, N. 2015. **Aerobic biodegradation of bio-composite in soil.** M.E. Thesis, Mae Fah Luang University.

Sriroth, K., Chollakup, R., Hicks, A. and Oates, C.G. 1999. **Structural and functional properties of Thai sago (Metroxylon spp.) starch extracted from different trunk portions.** (Food and Agriculture Organization of the United Nations).

Tharanathan, R.N. 2003. Review biodegradable films and composite coatings past Present and future. **Trends in Food Science and Technology**. 1 (14): 71-78.

Vandamme, E.J., Beats, S. and Stelnbuchel, A. 2002. **Biopolymers (sixth edition)**: John Wiley and Sons.

Varalakshmi, B. 2015. Biodegradation of Polythene Bag using Bacteria Isolated from Soil. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.** 4: 674-680.

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลผลการทดลอง

ตารางที่ ก1 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายทางชีวภาพของแผ่นพลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักการย่อยสลายทางชีวภาพ (%) แป้งมันสำปะหลัง	น้ำหนักการย่อยสลายทางชีวภาพ (%) แป้งสาคู
0	0	0
6	21.4149	29.1961
12	21.9859	29.8126
18	32.6497	29.9149
24	31.7033	29.1262
30	31.7287	30.5857
36	34.5332	30.5981
42	47.0574	30.4032
48	48.1203	31.2575
54	80.7246	33.9381
60	88.8560	43.4230
66	91.1760	62.5534
72	93.5714	74.3697
78	98.2065	81.3230
84	99.7310	92.6561
90	-	96.1216
96	-	96.7672

ตารางที่ ก2 การเกิดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) จากการย่อยสลายทางชีวภาพพลาสติกที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลัง(Cassava starch)

ตัวอย่าง				
เวลา (วัน)	ปริมาณ HCl ที่ใช้ (ml)	โมลของ KOH ที่เหลือ (mmol)	โมลของKOH ที่ทำปฏิกิริยา (mmol)	CO_2 (mg)
t 0	19.0	9.5	0	0
t 3	15.1	7.55	1.95	42.9
t 6	13.9	6.05	3.45	75.9
Blank				
t 0	19.5	9.8	0	0
t 3	16.2	8.1	1.7	37.4
t 6	16.0	8.0	1.8	39.6

ตารางที่ ก3 การเกิดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) จากการย่อยสลายทางชีวภาพพลาสติกที่ผลิตจากแป้งสาคู(Sago starch)

ตัวอย่าง				
เวลา	ปริมาณ HCl ที่ใช้ (ml)	โมลของ KOH ที่เหลือ (mmol)	โมลของKOH ที่ทำปฏิกิริยา (mmol)	CO_2 (mg)
t 0	18.7	9.4	0	0
t 3	16.2	8.1	1.3	29
t 6	13.3	6.65	2.75	60.5
Blank				
t 0	19.8	9.9	0	0
t 3	17.3	8.65	1.25	27.5
t 6	16.1	8.05	1.85	40.7

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการย่อยสลายทางชีวภาพ

ตัวอย่างของการคำนวณการย่อยสลายทางชีวภาพหลังจากผ่านไป 8 วัน แสดงการย่อยสลายทางชีวภาพของวัสดุแป้งทั้ง 2 ชนิด แสดงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดจากการย่อยสลายทางชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู

หลักการคำนวณการหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายจะทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ได้เป็นโพแทสเซียมคาร์บอเนต และจะสามารถหาปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ส่วนที่เหลือได้โดยการไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริก

ในการทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น มิลลิโมลของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่เหลืออยู่และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยามาคำนวณตามสมการที่ (3) และ (4) ตามลำดับ มิลลิโมลของคาร์บอนไดออกไซด์คำนวณโดย มิลลิโมลโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ทำปฏิกิริยาหารสองตามสมการที่ (5) และสุดท้ายจึงได้มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ คือ นำมิลลิโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ คูณ 44 มิลลิกรัม (Rosario and Dell, 2010) ดังสมการต่อไปนี้

$$2KOH\ (start) + CO_2 \longrightarrow K_2CO_3 + H_2O \quad (1)$$

$$KOH\ (remain) + HCl \longrightarrow KCl + H_2O \quad (2)$$

$$mmol\ KOH\ (remain) = (0.5N)(V_{HCl}) \quad (3)$$

$$mmol\ KOH\ (reacted) = KOH\ (Start) - KOH\ (remain) \quad (4)$$

$$mmol\ CO_2 = \frac{mmol\ KOH\ (reacted)}{2} \quad (5)$$

$$mg\ CO_2 = mmol\ of\ CO_2 \times 44\ mg \quad (6)$$

1. **หลักการคำนวณหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในการย่อยสลายทางชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง**

ตารางที่ ข1 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการย่อยสลายทางชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง

ตัวอย่าง				
เวลา (วัน)	ปริมาณ HCl ที่ใช้ (ml)	โมลของ KOH ที่เหลือ (mmol)	โมลของKOH ที่ทำปฏิกิริยา (mmol)	CO_2 (mg)
t 0	19.0	9.5	0	0
t 3	15.1	7.55	1.95	42.9
t 6	13.9	6.05	3.45	75.9
Blank				
t 0	19.5	9.8	0	0
t 3	16.2	8.1	1.7	37.4
t 6	16.0	8.0	1.8	39.6

1.1 เวลาช่วงการไทเทรตที่ 0

mmol KOH(remain) = $(0.5N)(V_{HCl})$ (3)

จะได้ว่า : 0.5 mol/l x 19.0 ml = 9.5 mmol

mmol KOH (reacted) = KOH (start) – KOH (remain) (4)

จะได้ว่า : 0

$$\text{mmol } CO_2 = \frac{\text{mmol KOH (reacted)}}{2} \quad (5)$$

จะได้ว่า : 0

mg CO_2 = mmol of CO_2 ×44 mg (6)

จะได้ว่า : 0

1.2 เวลาช่วงการไทเทรตที่ 3

mmol KOH(remain) = $(0.5N)(V_{HCl})$ (3)

จะได้ว่า: 0.5 mol/l x 15.1 ml = 7.55 mmol

mmol KOH (reacted) = KOH (start) – KOH (remain) (4)

จะได้ว่า: 9.5 mmol – 7.55 mmol = 1.95 mmol

$$\text{mmol } CO_2 = \frac{\text{mmol KOH (reacted)}}{2} \quad (5)$$

จะได้ว่า : 1.95 mmol / 2 = 0.975 mmol

mg CO_2 = mmol of CO_2 x44 mg (6)

จะได้ว่า : 0.975 mmol x 44 mg = 42.9 mg

1.3 เวลาช่วงการไทเทรตที่ 6

mmol KOH(remain) = $(0.5N)(V_{HCl})$ (3)

จะได้ว่า : 0.5 mol/l x 13.9 ml = 6.05 mmol

mmol KOH (reacted) = KOH (start) – KOH (remain) (4)

จะได้ว่า : 9.5 mmol – 6.05 mmol = 3.45 mmol

$$\text{mmol } CO_2 = \frac{\text{mmol KOH (reacted)}}{2} \quad (5)$$

จะได้ว่า : 3.45 mmol / 2 = 1.725 mmol

mg CO_2 = mmol of CO_2 x44 mg (6)

จะได้ว่า : 1.725 mmol x 44 mg = 75.9 mg

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร SAKON NAKHON RAJABHAT UNIVERSITY

2. หลักการคำนวณหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในการย่อยสลายทางชีวภาพจากแป้งสาคู

ตารางที่ ข2 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการย่อยสลายทางชีวภาพจากแป้งสาคู

ตัวอย่าง				
เวลา	ปริมาณ HCl ที่ใช้ (ml)	โมลของ KOH ที่เหลือ (mmol)	โมลของKOH ที่ทำปฏิกิริยา (mmol)	CO_2 (mg)
t 0	18.7	9.4	0	0
t 3	16.2	8.1	1.3	28.6
t 6	13.3	6.65	2.75	60.5
Blank				
t 0	19.8	9.9	0	0
t 3	17.3	8.65	1.25	27.5
t 6	16.1	8.05	1.85	40.7

2.1 เวลาช่วงการไทเทรตที่ 0

$$\text{mmol KOH(remain)} = (0.5N)(V_{HCl}) \quad (3)$$

จะได้ว่า จากสมการที่ 3 : 0.5 mol/l x 18.7 ml = 9.4 mmol

$$\text{mmol KOH (reacted)} = \text{KOH (start)} - \text{KOH (remain)} \quad (4)$$

จะได้ว่า : 0

$$\text{mmol } CO_2 = \frac{\text{mmol KOH (reacted)}}{2} \quad (5)$$

จะได้ว่า : 0

$$\text{mg } CO_2 = \text{mmol of } CO_2 \times 44 \text{ mg} \quad (6)$$

จะได้ว่า : 0

2.2 เวลาช่วงการไทเทรตที่ 3

mmol KOH(remain) = $(0.5N)(V_{HCl})$ (3)

จะได้ว่า : 0.5 mol/l x 16.2 ml = 8.1 mmol

mmol KOH (reacted) = KOH (start) – KOH (remain) (4)

จะได้ว่า : 9.4 mmol – 8.1 mmol = 1.3 mmol

$$\text{mmol } CO_2 = \frac{\text{mmol KOH (reacted)}}{2} \quad (5)$$

จะได้ว่า : 1.3 mmol / 2 = 0.65 mmol

mg CO_2 = mmol of CO_2 ×44 mg (6)

จะได้ว่า : 0.65 mmol x 44 mg = 28.6 mg

2.3 เวลาช่วงการไทเทรตที่ 6

mmol KOH(remain) = $(0.5N)(V_{HCl})$ (3)

จะได้ว่า จากสมการที่ 3 : 0.5 mol/l x 13.3 ml = 6.65 mmol

mmol KOH (reacted) = KOH (start) – KOH (remain) (4)

จะได้ว่า จากสมการที่ 4 : 9.4 mmol – 6.65 mmol = 2.75 mmol

$$\text{mmol } CO_2 = \frac{\text{mmol KOH (reacted)}}{2} \quad (5)$$

จะได้ว่า จากสมการที่ 5 : 2.75 mmol / 2 = 1.375 mmol

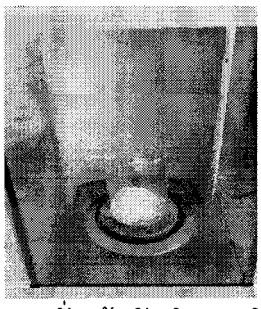
mg CO_2 = mmol of CO_2 ×44 mg (6)

จะได้ว่า จากสมการที่ 6 : 1.375 mmol x 44 mg = 60.5 mg

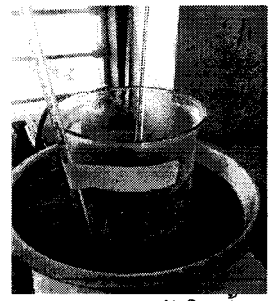
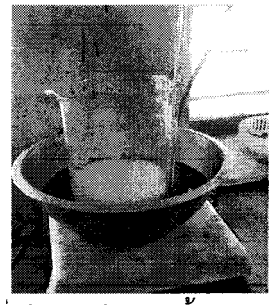
**หมายเหตุ: ช่วงเวลาที่ 0 คือ ช่วงเวลาเริ่มต้น จึงไม่มีคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น

ภาคผนวก ค

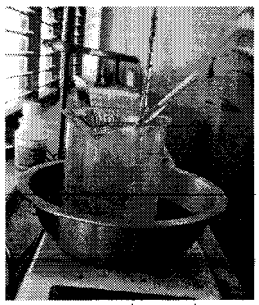
ภาพประกอบการวิจัย



(ก) ชั่งแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู

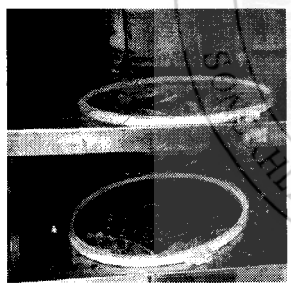



(ข) ละลายแป้งในน้ำกลั่นโดยแช่ในอ่างน้ำมันพืชร้อนแล้วนำไปต้มด้วย Hot plate อุณหภูมิ 70 – 80 องศาเซลเซียส

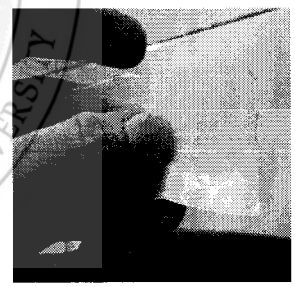


(ค) เติมกลีซอลรีน 20 % (3 ml) ค่อยๆหยดลงไป แล้วปั่นกวนต่ออีก 20 นาที

(ง) ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เทใส่แม่พิมพ์ ขนาด 10 เซนติเมตร

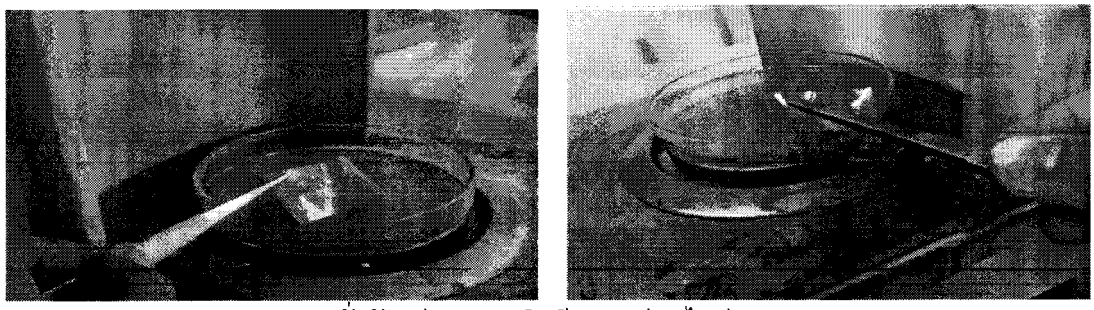


(ช) อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง



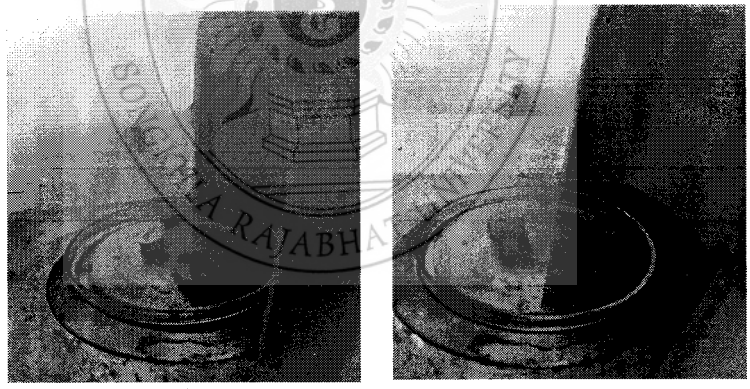
(ซ) ได้แผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคูออกมา ตัดขนาด 2x 4 เซนติเมตร

ภาพที่ ค1 กระบวนการผลิตพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู



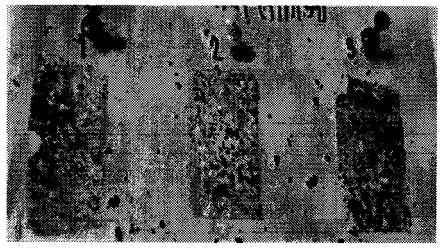
(ก) ชั่งตัวอย่างพลาสติกชีวภาพก่อนไปย่อยสลาย

(ข) นำไปย่อยสลายลงขวดโหลที่เตรียมไว้



(ค) ชั่งตัวอย่างพลาสติกชีวภาพหลังการย่อยสลาย

ภาพที่ ค2 วิธีการนำพลาสติกชีวภาพย่อยสลาย

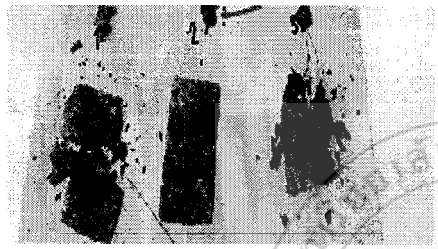


(ก)

1 วัน

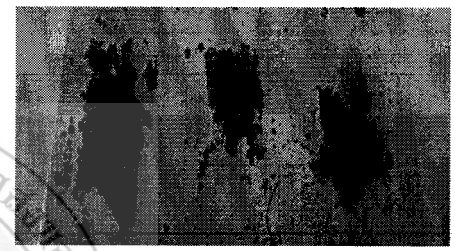
(ข)

2 วัน



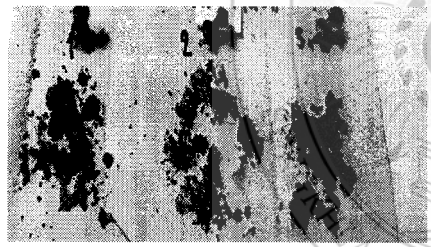
(ค)

4 วัน



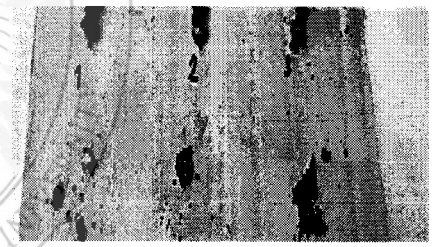
(ง)

5 วัน



(ช)

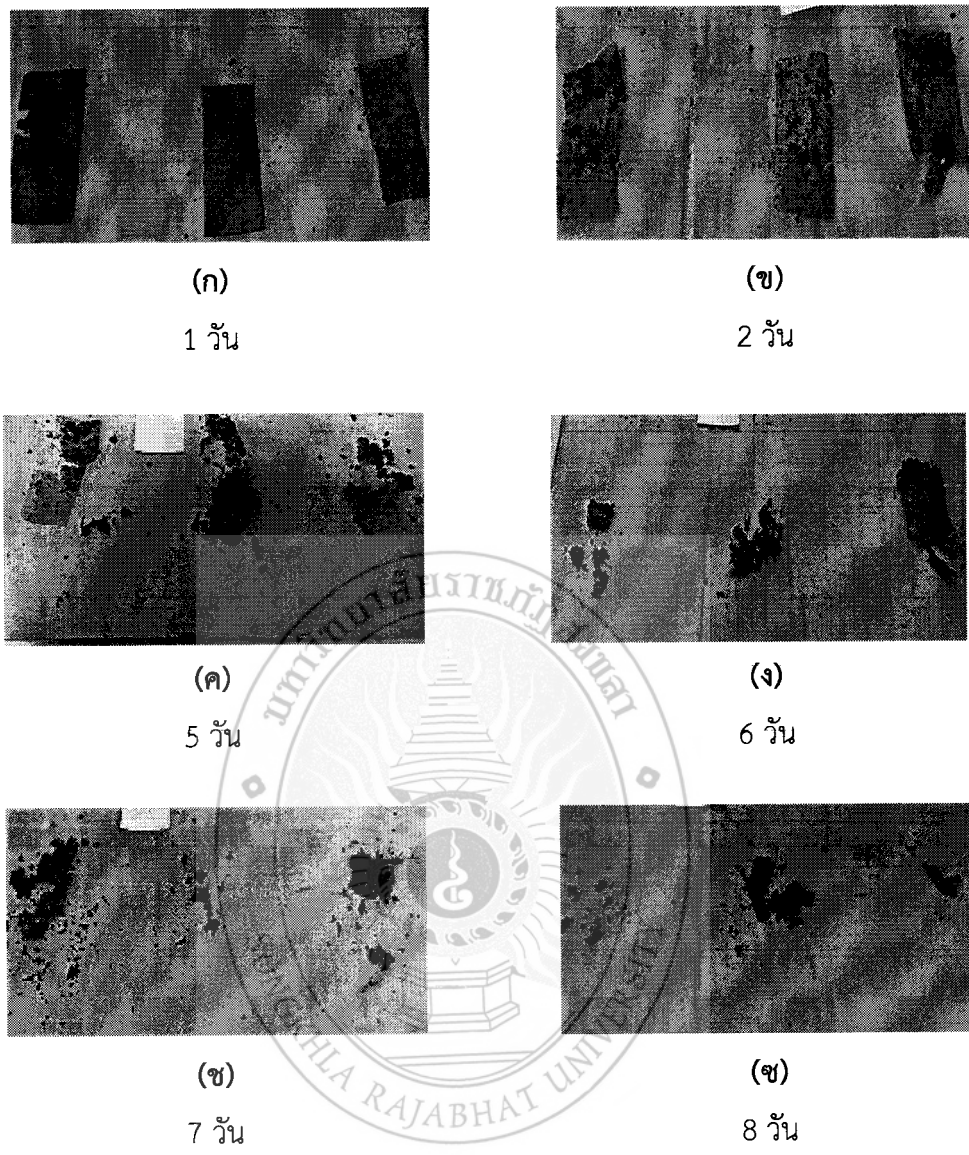
6 วัน



(ซ)

5 วัน

ภาพที่ ค3 วิธีการเก็บตัวอย่างพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังที่เกิดจากการย่อยสลายที่ระยะเวลาต่างๆ



(ก) 1 วัน

(ข) 2 วัน

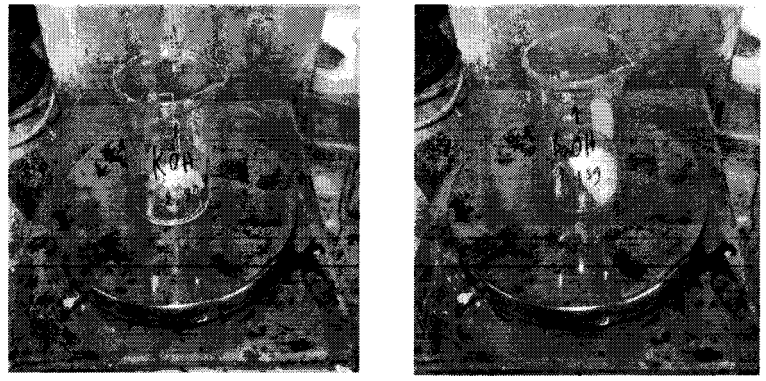
(ค) 5 วัน

(ง) 6 วัน

(ช) 7 วัน

(ซ) 8 วัน

ภาพที่ ค4 วิธีการเก็บตัวอย่างพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคูที่เกิดจากการย่อยสลายที่ระยะเวลาต่างๆ



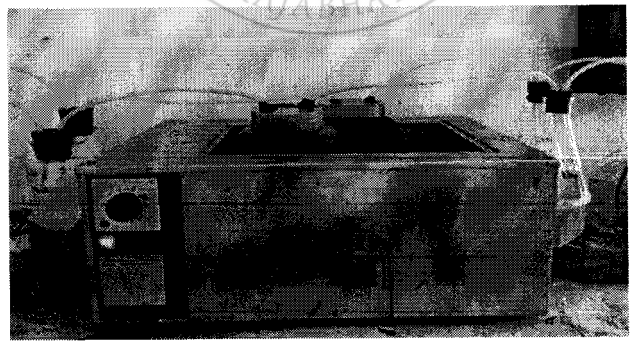
(ก) นำสาร KOH และ สาร$Ba(OH)_2$ มาชั่งน้ำหนัก

(ข) ละลายสาร KOH และ $Ba(OH)_2$ ด้วยน้ำกลั่นคนให้เข้ากันปรับปริมาตร100 มิลลิลิตร

ภาพที่ ค5 การเตรียมสารในการจัดอุปกรณ์ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ

(ก) ดินที่ผสมปุ๋ยมาใส่ลงขวดโหลสีทึบที่เตรียมไว้ประมาณครึ่งหนึ่ง

(ข) พลาสติกชีวภาพขนาด 2x4 เซนติเมตร จำนวน 10 แผ่น ใส่ลงในขวดโหลที่มีดินอยู่แล้วครึ่งหนึ่ง หลังจากนั้นก็ปิดฝาที่มีการเจาะรูใส่สายยางฝังลงในดินแล้วนำดินมากลบอีกทีจนเต็ม



(ค) สารละลาย KOH และสาร $Ba(OH)_2$ เตรียมไว้ มาต่อสายยางเพื่อนำมาทดสอบอุปกรณ์การย่อยสลายทางชีวภาพ

ภาพที่ ค6 การเตรียมอุปกรณ์ในการทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ

การคำนวณการหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายจะทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ได้เป็นโพแทสเซียมคาร์บอเนต และจะสามารถหาปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ส่วนที่เหลือได้โดยการไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริก

ในการทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น มิลลิโมลร์ของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่เหลืออยู่และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยามาคำนวณตามสมการที่ (3) และ (4) ตามลำดับ มิลลิโมลร์ของคาร์บอนไดออกไซด์คำนวณโดย มิลลิโมลร์โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ทำปฏิกิริยาหารสองตามสมการที่ (5) และสุดท้ายจึงได้มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ คือ นำมิลลิโมลร์ของคาร์บอนไดออกไซด์ คูน 44 มิลลิกรัม (Rosario and Dell, 2010) ดังสมการต่อไปนี้

$$2KOH\ (start) + CO_2 \longrightarrow K_2CO_3 + H_2O \quad (1)$$

$$KOH\ (remain) + HCl \longrightarrow KCl + H_2O \quad (2)$$

$$mmol\ KOH\ (remain) = (0.25)(V_{HCl}) \quad (3)$$

$$mmol\ KOH\ (reacted) = KOH\ (Start) - KOH\ (remain) \quad (4)$$

$$mmol CO_2 = \frac{mmol KOH\ (reacted)}{2} \quad (5)$$

$$mg\ CO_2 = mmol\ of\ CO_2 \times 44\ mg \quad (6)$$

ภาคผนวก ง

โครงร่างวิจัยเฉพาะทาง

โครงร่างวิจัยเฉพาะทาง

1. ชื่อโครงการ

ภาษาไทย การเปรียบเทียบการย่อยสลายทางชีวภาพของแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู

ภาษาอังกฤษ The Comparison of Biodegradability of Bioplastic Films from Cassava Starch and Sago Starch

2. สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม)

3. ชื่อผู้วิจัย นางสาวชนกชนม์ แสงจันทร์ รหัส 564232006
นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
นางสาวดวงฤทัย เขมะไชเวช รหัส 564232008
นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

4. คณะกรรมการที่ปรึกษาวิจัยเฉพาะทาง

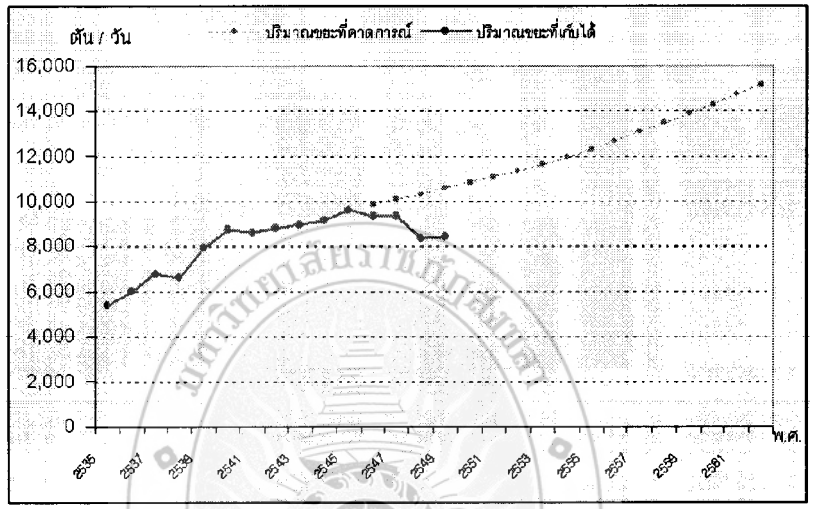
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก **ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พลพัฒน์ รวมเจริญ**
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม **ดร. สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ**
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

5. ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากพลาสติกทั่วไปเป็นวัสดุพอลิเมอร์สังเคราะห์ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายนานถึง 450 ปี (ปราโมทย์ ทองเนียม,2556) ส่งผลให้ปริมาณขยะพลาสติกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ดังภาพที่ 1 จึงจะสังเกตเห็นปริมาณขยะที่เก็บได้ในแต่ละวัน ซึ่งมีปริมาณมากตั้งแต่ 6,000-8,000 ตัน/วัน และจะคาดการณ์ได้ว่าปริมาณขยะจะสูงมากขึ้นเรื่อยๆ

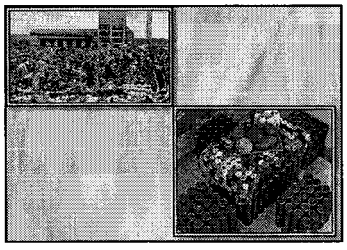


ภาพที่ 1 แนวโน้มปริมาณขยะพลาสติกระหว่าง พ.ศ. 2535-2561

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2558

การกำจัดขยะพลาสติก

การนำขยะพลาสติกไปกำจัดทิ้ง โดยการฝังกลบ เป็นวิธีที่สะดวก แต่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เพราะโดยธรรมชาติ พลาสติกถูกย่อยสลายได้ยาก จึงทับถมอยู่ในดิน และนับวันยิ่งมีปริมาณมากขึ้น ตามปริมาณการใช้พลาสติก ส่วนการเผาขยะพลาสติกก็ก่อให้เกิดมลภาวะ ซึ่งเป็นอันตรายอย่างมาก และวิธีการแก้ปัญหาขยะพลาสติก คือ การนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่



ภาพที่ 2 รีไซเคิลพลาสติก

ภาพที่ 3 การฝังกลบกำจัดขยะพลาสติก

ที่มา: ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2016

5.1 การกำจัดขยะพลาสติกและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

5.1.1 การรีไซเคิล: การนำขยะรีไซเคิลมาแปรรูปเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต

1) ซับซ้อนและจำเป็นต้องใช้พลังงานมาก เพราะพลาสติกทั่วไปนั้นในกระบวนการผลิตจะต้องมีส่วนของปิโตรเคมีเข้ามาเกี่ยวข้อง ทั้งนี้อาจจะทำให้การผลิตพลาสติกเกิดการใช้พลังงานมาก

5.1.2 การฝังกลบหรือการเผา

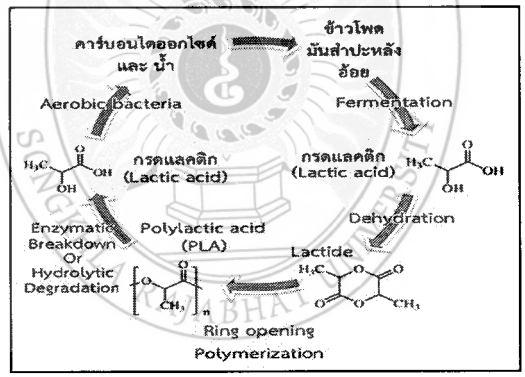
1) ผลกระทบเชิงลบต่อทัศนียภาพของพื้นที่ทำให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมลง

2) เกิดการปนเปื้อนของแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณใกล้เคียง

3) ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ (กรณีการกำจัดพลาสติกโดยการเผา)

5.2 พลาสติกชีวภาพ: ทางเลือกใหม่การแก้ปัญหา

พลาสติกชีวภาพ (Bioplastics) หมายถึง วัสดุที่ผลิตจากสิ่งมีชีวิตและสามารถเปลี่ยนแปลงหรือขึ้นรูปได้โดยกระบวนการทางความร้อนและสามารถย่อยสลายเองตามธรรมชาติ



ภาพที่ 4 ลักษณะสำคัญของพลาสติกชีวภาพ

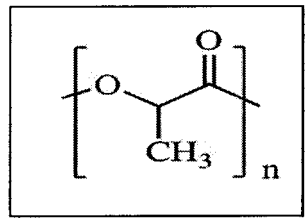
ที่มา: ชนะ เสรีวิกุล, 2558

5.3 ลักษณะสำคัญของพลาสติกชีวภาพ

ได้จากกระบวนการหมักพืช ลดการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์เป็น renewable source สามารถผลิตได้จากกระบวนการธรรมชาติ สามารถย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์และแบคทีเรียในธรรมชาติได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำ มวลชีวภาพ ก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

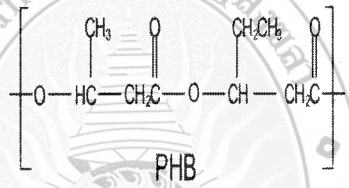
5.3.1 พลาสติกชีวภาพ (bioplastics) แบ่งได้เป็น 2 ชนิด

1) Polylactic acid (PLA) หรือ Polylactide เป็นพลาสติกที่ผลิตจากข้าวโพดหรืออ้อย แต่ส่วนใหญ่นิยมผลิตจากข้าวโพดโดยการหมักแป้งที่ได้ โดยใช้แบคทีเรีย



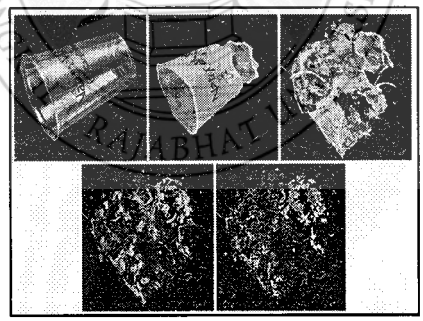
ภาพที่ 5 Polylactic acid (PLA)

2) Polyhydroxybutyrate (PHB) ผลิตจากแหล่งวัตถุดิบจากน้ำตาลกลูโคสหรือ แป้ง เป็นแหล่งคาร์บอนให้กับจุลินทรีย์



ภาพที่ 6 Polyhydroxybutyrate (PHB)

ผลิตภัณฑ์พลาสติกชีวภาพและการย่อยสลายทางชีวภาพ



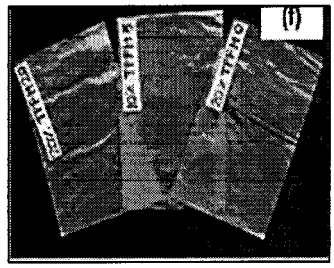
ภาพที่ 7 แก้วน้ำที่ผสมจากPLA

ที่มา: พิชาภัค สมยูรทรัพย์, 2553

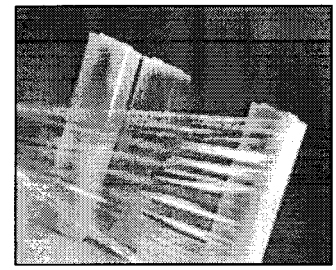
5.3.2 ข้อจำกัดของพลาสติกชีวภาพทั่วไป

1) มีราคาสูง

2) ขึ้นรูปยาก เนื่องจาก จุดหลอมเหลวสูง และความหนืดสูง



ภาพที่ 8 แผ่นถุงพลาสติกชีวภาพ



ภาพที่ 9 ฟิล์มพลาสติกชีวภาพ

ที่มา : เทคโนโลยีการบรรจุและวัสดุ, 2015

5.4 ทางเลือกใหม่ในการแก้ปัญหา

งานวิจัยนี้สนใจแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู เนื่องจากพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคูซึ่งมีราคาถูกและหาได้ทั่วไปจึงง่ายต่อการขึ้นรูป และเหมาะแก่การย่อยสลายทางชีวภาพ (ศิริรจนา กันภัย, 2549)

ผลงานวิจัยที่ผ่านมา สุนิสา โร๊ะศรีและเจนจิรา สุวรรณ ได้ศึกษากระบวนการแปรรูป โดยขึ้นรูปลักษณะของแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งทั้ง 2 ชนิด แต่ยังไม่มีรายงานการศึกษาด้านการย่อยสลายทางชีวภาพของวัสดุดังกล่าว ดังนั้น งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเฉพาะการย่อยสลายพลาสติกชีวภาพโดยดัดแปลงวิธีมาตรฐาน ASTM D5338-98 (พัชรี คำธิตา, 2010)

6. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระยะเวลาในการย่อยสลายทางชีวภาพของแผ่นพลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู

2. เพื่อศึกษาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลายทางชีวภาพของแผ่นพลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู

7. สมมติฐานของการวิจัย

แผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ดีกว่าแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู (เพราะดูจากปริมาณอะไมโลสถ้าแป้งมีอะไมโลสน้อยก็จะย่อยได้ดี)

8. ตัวแปร

1. ตัวแปรต้น คือ แผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งสาคู
2. ตัวแปรตาม คือ ระยะเวลาในการย่อยสลายทางชีวภาพ และหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลายทางชีวภาพ
3. ตัวแปรควบคุม คือ กระบวนการผลิตแผ่นพลาสติกชีวภาพ

9. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถทราบถึงระยะเวลาในการย่อยสลายทางชีวภาพของแผ่นพลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู
2. เพื่อทำให้ทราบถึงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลายทางชีวภาพของแผ่นพลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู

10. ขอบเขตการวิจัย

1. แผ่นพลาสติกชีวภาพที่ใช้ในการวิจัย ผลิตจากแป้ง 2 ชนิด คือแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู
2. การศึกษาระยะเวลาในการย่อยสลายทางชีวภาพโดยใช้น้ำหนักเป็นตัวบ่งชี้ (มาตรฐาน ASTM D 5338-98) ณ ห้องปฏิบัติการยางและพอลิเมอร์
3. การหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลายทางชีวภาพของแผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้ง 2 ชนิด

11. นิยามศัพท์เฉพาะ

1. แป้ง คือ เป็นพอลิแซคคาไรด์ที่เกิดจากกลูโคสจำนวนหลายหน่วยต่อกัน มีโครงสร้างเป็นทั้งแบบสายยาวและกิ่งก้านสาขา แป้งมีมากในพืชประเภทเมล็ดและหัว สูตรทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ จากการจัดเรียงตัวกันระหว่างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน (Intermixed) ภายในเม็ดแป้ง ในส่วน ผลึกโมเลกุลอยู่กันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ

2. อะไมโลส (Amylose) คือกลูโคสที่มาต่อกัน เป็นโซ่ยาว

3. อะไมโลเพกติน (Amylopectin) คือกลูโคสที่ต่อกันเป็นโซ่ตรงและโซ่กิ่ง (ด้วยพันธะ α-1,4-glycosidic linkage และ -1,6-glycosidic linkage ตามลำดับ) เป็นสายโซ่กิ่งก้านสาขาแตกแขนงออกไป

4. แป้งมันสำปะหลัง ลักษณะเป็นเนื้อละเอียด มีปริมาณอะไลโลส 17.8 % (สารานุกรมเสรี, 2542)

5. แป้งสาคู ลักษณะเป็นเนื้อหยาบ มีปริมาณอะไมโลส 27% (สารานุกรมเสรี, 2556)

6. พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) หมายถึง วัสดุที่ผลิตจากสิ่งมีชีวิต ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงหรือขึ้นรูปได้โดยกระบวนการทางความร้อนอีกทั้งยังสามารถย่อยสลายเองตามธรรมชาติได้อีกด้วย (สวรรยา, 2553)

7. ASTM D5338-98 หมายถึง การทดสอบการย่อยสลายพลาสติกโดย กระบวนการทางชีวภาพในระบบที่มีการควบคุมสภาวะการหมักในห้องปฏิบัติการ (2545)

8. การย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradation) หรือการสลายตัวทางชีวภาพ คือสารเคมีที่สลายตัวของวัสดุจากเชื้อแบคทีเรียหรือทางชีวภาพอื่นๆซึ่งเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่สามารถย่อยสลายกลับไปเป็นธาตุตามธรรมชาติ สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายด้วยออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจน

9. กลีเซอรีน $C_3H_5(OH)_3$ หมายถึง เป็นของเหลวที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีความหนืด สามารถละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ แต่ไม่ละลายในไขมัน เป็นตัวทำละลายแป้งได้ดี จึงใช้ผลิตแผ่นฟิล์มหรือพลาสติกชีวภาพ

12. ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

12.1 แป้งมันสำปะหลัง

มันสำปะหลัง(Cassava) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Manihot esculenta* Crantz จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae แป้งมันสำปะหลังมีไขมันในปริมาณที่ต่ำ (0.1% หรือน้อยกว่า) เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งจากธัญพืช ซึ่งมีไขมัน ประมาณ 0.6-0.8% (w/w) การมีไขมันในแป้งจะมีผลต่อสมบัติของแป้งเนื่องจากไขมันสามารถรวมตัวกับอะไมโลสในแป้งเกิดเป็นสารเชิงซ้อนของอะไมโลส-ไขมัน (Amylose-lipid complex) ซึ่ง amylose-lipid complex นี้ไม่ละลายน้ำ แต่ถูกทำลายเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 120 องศาเซลเซียส

12.2 แป้งสาคู

สาคู (Sago palm) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Metroxylon sagu* จัดเป็นพืชในตะกูลปาล์ม Genus Metroxylon มีชื่อสามัญในภาษาอังกฤษว่า Sago cycad หรือ king sago palm เป็นพืชที่เจริญได้ดีที่มีน้ำขังและพื้นที่ป่าพรุแป้งสาคูมีไขมันในปริมาณที่ต่ำ (0.1% หรือน้อยกว่า) เมื่อเทียบกับแป้งมันสำปะหลัง มีไขมันประมาณ 0.1% เท่ากัน แต่จะมีปริมาณฟอสฟอรัสต่างกันคือ 0.01-0.02% แป้งสาคูสกัดได้จากส่วนของลำต้นซึ่งเมื่ออายุแก่เต็มที่ (ตั้งแต่ 8 ปีขึ้นไป) ลำต้นสาคูมีปริมาณแป้งสูงสุดอยู่ในส่วนกลางของลำต้น แป้งจะถูกเก็บไว้ในคลอโรพลาสต์ในเซลล์ของส่วนแกนลำต้นสาคู (Pith) โดยด้านนอกจะเป็นเปลือกและเส้นใย ซึ่งมีความหนาประมาณ 2.0-2.5 เซนติเมตร.

12.3 โครงสร้างของแป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืชชั้นสูง พบในคลอโรพาสต์และในส่วนที่พืชใช้เป็นแหล่งเก็บอาหาร เช่น เมล็ดและหัว แป้งในกระบวนการผลิต หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนไฮโดรเจน และออกซิเจนส่วนใหญ่ มีสิ่งอื่นเจือปน เช่น โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ น้อยมาก แป้งที่ผลิตทั่วไปที่ยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ อยู่มากจะเรียกว่า ฟลาวร์ (Flour) เช่น แป้งข้าวโพด แป้งข้าวสาลี ถ้ายังมีส่วนประกอบของโปรตีนอยู่สูงก็จะจัดอยู่ในประเภทฟลาวร์ เมื่อสิ่งเจือปนจำพวกโปรตีน ไขมัน เกลือแร่อื่นถูกสกัดออกไป จนเหลือแต่แป้งบริสุทธิ์จะเรียกว่า แป้งสตาร์ช (Starch) องค์ประกอบภายในของแป้งมีดังนี้ คือ

1. อะไมโลส (Amylose) เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วยเชื่อมต่อด้วย พันธะกลูโคซิดิกชนิด α-1, 4 (α-1, 4) แป้งจากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลีแป้งข้าวฟ่าง ซึ่งจะมีปริมาณอะไมโลสสูงประมาณ 28% ส่วนแป้งข้าวเหนียวเป็นแป้งที่ไม่มีอะไมโลสเลย แป้งแต่ละชนิดมีขนาดโมเลกุลหรือระดับขั้นการเกิดพอลิเมอร์ที่ต่างกัน แป้งที่มีโมเลกุลของอะไมโลสยาวขึ้นจะมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) ลดลง

2. อะไมโลเพคติน (Amylopectin) พอลิแซคคาร์ไรด์ประเภท Homopolysaccaride ซึ่งเป็นส่วนประกอบของสตาร์ช เป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสที่จัดเรียงตัวเป็นโซ่ที่มีกิ่งก้านสาขา โดยพันธะไกลโคซิดิกสองแบบ คือ ส่วนที่เป็นเส้นตรงเป็นพันธะชนิด α-1, 4 (α-1, 4) เหมือนกับอะไมโลสแต่มีส่วนที่เป็นกิ่งก้านสาขาเชื่อมต่อด้วยพันธะ α-1, 6 (α-1, 6) อะไมโลเพคตินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000 เท่าของอะไมโลสและมีอัตราการคืนตัวต่ำ (การคืนตัวของแป้งสุกนั้นเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำแป้งสุกซึ่งร้อนมีอุณหภูมิลดต่ำลง) เนื่องจากอะไมโลเพคตินมีลักษณะโครงสร้างเป็นกิ่งอะไมโลเพคตินถือว่ามีความสำคัญมากกว่าอะไมโลสทั้งด้านโครงสร้าง หน้าที่และการนำไปใช้งาน

12.4 พลาสติกชีวภาพและกลไกการย่อยสลายจากแป้ง

พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) เป็นพลาสติกที่ผลิตขึ้นจากวัสดุธรรมชาติซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงหรือขึ้นรูปได้โดยกระบวนการทางความร้อน และสามารถย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ เมื่อย่อยสลายจนหมดจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและดำรงชีวิตได้ ซึ่งวัสดุธรรมชาติที่นำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพมีหลายชนิด ส่วนใหญ่จะได้มาจากพืชหัว เช่น มันสำปะหลัง ซึ่งวัสดุธรรมชาติที่ได้รับความสนใจในการนำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพ คือ แป้ง (Starch) (พิชาภัค สมยูรทรัพย์, 2553)

กลไกการย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากแป้งมีขั้นตอน ดังนี้

เริ่มจากการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์และปัจจัยภายนอกที่ส่งผลให้พลาสติกชีวภาพแตกออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย ขั้นตอนนี้เรียกว่า การย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodeterioration)

หลังจากนั้นจุลินทรีย์จะปล่อยเอนไซม์ออกมานอกเซลล์เพื่อย่อยสลายพอลิเมอร์ของพลาสติกชีวภาพขั้นตอนนี้เรียกว่า กระบวนการทำลายการโพลีเมอไรเซชั่น (Depolymerisation) กลายเป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็ก โมเลกุลที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายเหล่านี้จะถูกซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ผ่านทางเยื่อหุ้มเซลล์ส่งเข้าสู่กระบวนการสันดาปเพื่อนำไปใช้ในการสร้างพลังงานและมวลชีวภาพ ขั้นตอนนี้เรียกว่า การดูดซึม (Assimilation) (วชิระ ยมาภัย และคณะ, 2555)

12.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พัชรี คำธิตา (2553) ได้พัฒนาอุปกรณ์ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกภายใต้สภาวะควบคุม ที่มีออกซิเจนตามมาตรฐาน ASTM D5338-98 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกในสภาวะที่มีออกซิเจนและควบคุมสภาวะการย่อยสลาย รวมทั้งศึกษาอัตราการย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกและเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของคาร์บอนในวัสดุไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ อุปกรณ์ทดสอบการย่อยประกอบด้วยส่วนป้อนอากาศที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนของการย่อยสลายวัสดุ และส่วนของการดูดจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการย่อยสลาย วัสดุหมักที่ใช้ประกอบด้วยดินผสมปุ๋ยหมักอัตราส่วน 50:50 โดยน้ำหนัก มีความชื้น 23% และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7 – 8 วัสดุที่ใช้ทดสอบการย่อยสลายแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ วัสดุชีวมวล ได้แก่ กระดาษชานอ้อยที่เป็นวัสดุย่อยสลายง่าย (Positive control) พลาสติกพอลิโพรพิลีนซึ่งเป็นวัสดุย่อยสลายได้ยาก (Negative control) และวัสดุพลาสติกชีวภาพพอลิโพรพิลีนผสมสารย่อยสลายได้ (Bioplastic materials) มีขนาด 1×2 เซนติเมตร ใส่วัสดุทดสอบต่อวัสดุหมักอัตราส่วน 1:10 โดยน้ำหนัก ทดสอบการย่อยสลายในที่มืดเป็นเวลา 45 วันภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส ป้อนอากาศที่ปราศจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ระบบที่อัตราการ

ไหล70 มิลลิลิตรต่อนาที ผลจากการทดสอบนั้นพบว่าอุปกรณ์ชุดนี้สามารถวัดอัตราการการย่อยสลายของวัสดุทดสอบภายใต้สภาวะที่ควบคุมได้ โดยวัสดุทดสอบประเภทกระดาษชานอ้อยมีอัตราการย่อยสลายมากกว่าวัสดุทดสอบประเภทพลาสติกชีวภาพพอลิโพรพิลีน นอกจากนี้พบว่าปัจจัยสำคัญต่อการย่อยสลายที่จะต้องควบคุมคือ อุณหภูมิในการย่อย

Sani and Soykeabkaew (2015) ได้ทดสอบการย่อยสลายการทางชีวภาพของคอมโพสิตทางชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วย ขี้เลื่อย (SD) เสริมในเมทริกซ์ (WG) (ข้าวสาลี (กลูเตน) และกลีเซอรอล) โดยมีอัตราส่วน 50:50 (SD50) และอัตราส่วน 70:30 (SD70) โดยน้ำหนัก จึงนำไปเปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังและเส้นใยปอ ตามมาตรฐาน ASTM D5988-03 หลังจาก 3 เดือนแป้งย่อยสลายมากกว่าเส้นใยปอ เนื่องจากเส้นใยปอมีบริเวณของผลึกมากขึ้น สำหรับการย่อยสลายของไบโอคอมโพสิตในอัตราส่วนที่แตกต่างกันแสดงให้เห็นว่า อัตราส่วน 50:50 สลายตัวได้เร็วกว่าอัตราส่วน 70:30 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการสลายตัวอยู่ประมาณ 22% เพราะอัตราส่วน 50:50 มีเมทริกซ์ของกลูเตนและกลีเซอรอลมากขึ้นซึ่งจะเกิดการสลายตัวได้ง่าย อัตราสูงสุดของการย่อยสลายทางชีวภาพสำหรับแต่ละวัสดุที่เป็นข้อสังเกตหลังจาก 14 วัน เพราะ ส่วนใหญ่น้ำได้ซึมเข้าไปในห่วงโซ่และเอนไซม์ยึดห่วงโซ่ที่จะมีขนาดเล็กลงอย่างต่อเนื่อง ต่อไปเป็นการวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพจึงมีการเกิดก๊าซไหลเข้าสู่สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งทำให้สามารถดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ตามมาตรฐาน ASTM D 5338-03 (มาตรฐานดังที่กล่าวมาคือ วิธีการทดสอบสำหรับการย่อยสลายทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจนจากวัสดุเชิงประกอบภายใต้ที่มีปุ๋ยหมักควบคุม

มลสุดา ลิวไธสง (2556) ได้รายงานผลการวิจัยที่เกี่ยวกับการผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย โดยได้มุ่งเน้นเกี่ยวกับวิธีการผลิตภาชนะโดยใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ เพื่อช่วยลดปริมาณขยะจากภาชนะพลาสติกและภาชนะโฟมแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ โดยสาระสำคัญของบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงกระบวนการทำงานทั้งหมด ตั้งแต่กระบวนการเตรียมวัสดุ กระบวนการอัดขึ้นรูป รวมไปถึงกระบวนการทดสอบสมบัติทางกลและสมบัติทางกายภาพของชิ้นงาน จากการทดลองพบว่าการเตรียมวัสดุเส้นใยจากกาบกล้วย โดยมีแป้งมันสำปะหลังเป็นวัสดุประสาน สภาวะที่เหมาะสมต่อกระบวนการอัดขึ้นรูป คือ ใช้อุณหภูมิ เท่ากับ 150 องศาเซลเซียส ความดันเท่ากับ 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และใช้เวลาในการอัดขึ้นรูปเท่ากับ 15 นาที ซึ่งชิ้นงานที่ผลิตออกมาจะแห้งตลอดทั่วทั้งแผ่นและมีผิวหน้าที่เรียบ การทดสอบสมบัติทางกลและสมบัติทางกายภาพคือ การเพิ่มขึ้นของปริมาณเส้นใยส่งผลให้ค่าความต้านทานการดัดโค้ง (Flexural strength) ค่ามอดุลัสดัดโค้ง (Flexural modulus) ค่าความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile strength) มอดุลัสความยืดหยุ่น (Young's modulus) และค่าร้อยละการยืด (% Elongation) มีค่าลดลง แต่จะช่วยปรับปรุงความสามารถในการรับแรงกระแทกให้ดีขึ้น ซึ่งความยาวของเส้นใยที่เหมาะสมต่อกระบวนการอัดขึ้นรูปและช่วยปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของชิ้นงานให้ดีขึ้น

13. วิธีการดำเนินงานวิจัย

13.1 วัสดุและอุปกรณ์งานวิจัย

1. สาร KOH และสาร $Ba(OH)_2$
2. บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
3. ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
4. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 500 มิลลิลิตร
5. ขวดโหลสีทึบขนาด 14 x 14 เซนติเมตร
6. ดินที่ผสมปุ๋ยอัตราส่วน 50:50
7. สายยางและจุกยางสีดำเจาะรูขนาด 8 มิลลิเมตร

13.2 วิธีการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 กระบวนการผลิตแผ่นพลาสติกชีวภาพ จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู

1. ชั่งแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู อย่างละ 12 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร
2. ละลายแป้งในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ โดยแช่ในอ่างน้ำมันพืชร้อนแล้วนำไปต้มด้วยอ่างให้ความร้อนที่มีช่วงอุณหภูมิ 70 – 80 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที
3. เติมกลีเซอรีน 20 % (3 มิลลิลิตร) ค่อยๆหยดลงไป แล้วปั่นกวนต่ออีก 20 นาที
4. ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เทใส่แม่พิมพ์ ขนาด 10 เซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
5. ได้แผ่นพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคูออกมา

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาการย่อยสลายทางชีวภาพโดยดัดแปลงตามมาตรฐาน ASTM D5338-98

การศึกษาระยะเวลา

1. ชั่งน้ำหนักการย่อยสลาย
2. ตัดแผ่นพลาสติกชีวภาพขนาด 2x4 เซนติเมตร จากแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคู
3. ฝังลงดินที่ผสมปุ๋ยอัตราส่วน 50:50 โดยน้ำหนัก
4. นำมาย่อยสลายใส่ลงในถังสีดำขนาด 29.5x25.7 เซนติเมตร
5. ชั่งน้ำหนักหลังย่อยสลาย

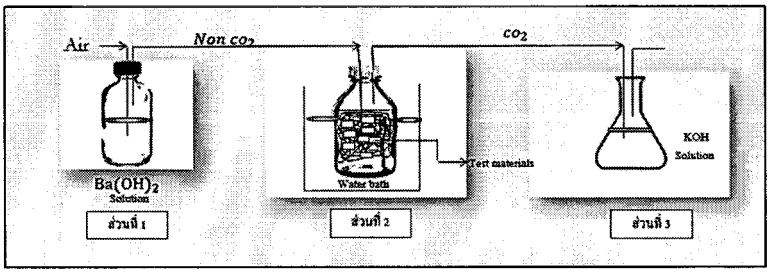
การหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

การเตรียมสารในการจัดอุปกรณ์ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ

1. นำสารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ มาชั่งน้ำหนัก 2.8 กรัมและสารแบเรียมไฮดรอกไซด์ชั่งน้ำหนัก 3.15 กรัม ใส่บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
2. ละลายสารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และสารแบเรียมไฮดรอกไซด์ด้วยน้ำกลั่นคนให้เข้ากัน
3. นำไปใส่ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร
4. สารละลายสารแบเรียมไฮดรอกไซด์ปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร ได้แล้วนำไปใส่ในขวดปากกว้างขนาด 250 มิลลิลิตร
5. สารละละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร ได้แล้วนำไปใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 500 มิลลิลิตร

การเตรียมอุปกรณ์ในการจัดอุปกรณ์ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ

1. นำดินที่ผสมปุ๋ยอัตราส่วน 50:50 โดยน้ำหนัก มาใส่ลงขวดโหลสีทึบขนาด 14 x 14 เซนติเมตร ที่เตรียมไว้ประมาณครึ่งหนึ่ง
2. นำพลาสติกชีวภาพขนาด 2x4 เซนติเมตร จำนวน 10 แผ่น ใส่ลงในขวดโหลสีทึบขนาด 14 x 14 เซนติเมตร ที่มีดินอยู่แล้วครึ่งหนึ่ง หลังจากนั้นก็ปิดฝาที่มีการเจาะรูใส่สายยางฝังลงในดินแล้วนำดินมากลบอีกทีจนเต็มนำสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมไว้ มาต่อสายยางเพื่อจะนำมาจัดอุปกรณ์ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 จัดอุปกรณ์ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ

13.3 วิธีการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายทางชีวภาพของแผ่นพลาสติกชีวภาพ

1. เปอร์เซ็นต์การย่อยสลาย % = $\frac{(\text{น้ำหนักแห้งก่อนการย่อย-น้ำหนักแห้งหลังการย่อย}) * 100}{\text{น้ำหนักแห้งก่อนการย่อย}}$

2. หาอัตราเร็วการย่อยสลายหาได้จากความชันของความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายทางชีวภาพและระยะเวลาการย่อยสลาย (โยธญา อิศราเสนา, 2558)

13.4 การหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลายทางชีวภาพ

สมการการหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (Rosario and Dell, 2010)

$$2KOH\ (start) + CO_2 \longrightarrow K_2CO_3 + H_2O \quad (1)$$

$$KOH\ (remain) + HCl \longrightarrow KCl + H_2O \quad (2)$$

$$mmol\ KOH\ (remain) = (0.5N)(V_{HCl}) \quad (3)$$

$$mmol\ KOH\ (reacted) = KOH\ (start) - KOH\ (remain) \quad (4)$$

$$mmol\ CO_2 = \frac{mmolKOH\ (reacted)}{2} \quad (5)$$

$$mgCO_2 = mmol\ of\ CO_2 \times 44\ mg \quad (6)$$

14. ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

การศึกษานี้มีระยะเวลาดำเนินการวิจัย สำหรับแผนการดำเนินการศึกษาแสดงไว้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2558												2560									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
รวบรวมข้อมูลและตรวจเอกสาร		▬	▬	▬	▬	▬																
สอบโครงร่างวิจัย							▲															
การทดลองในห้องปฏิบัติการ										▬	▬						▬	▬	▬			
สอบรายงานความก้าวหน้าทางวิจัย																				▲		
วิเคราะห์และสรุปผล																						
การเขียนรายงานวิจัย																			▬	▬		
รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์																				▬	▬	▲

ภาคผนวก จ

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อผู้ทำวิจัย	นางสาวชนกชนม์ แสงจันทร์
วันเดือนปีเกิด	5 พฤศจิกายน 2537
ที่อยู่	306 หมู่ 5 ตำบลห้วยนาง อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง 92130
ประวัติการศึกษานักศึกษา	โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ชื่อผู้ทำวิจัย	นางสาวดวงฤทัย เขมะไชเวช
วันเดือนปีเกิด	26 กันยายน 2537
ที่อยู่	95/65 หมู่ 1 ตำบลปาเสมัส อำเภอสุไหงโก-ลก จังหวัดนราธิวาส 96120
ประวัติการศึกษานักศึกษา	โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY