

บรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากเส้นใยชานอ้อยที่ย่อยสลายได้ด้วยแสงโดยใช้ไททานเนียม
ไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

บรรจุกษ์ณ์ที่ชีวภาพจากเส้นใยชานอ้อยที่ย่อยสลายได้ด้วยแสงโดยใช้ไททาเนียม
ไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BIOLOGICAL PACKAGING FROM BAGASSE FIBER AND
PHOTODEGRADATION BY TITANIUM DIOXIDE



THE REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF BACHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง

บรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากเส้นใยชานอ้อยที่ย่อยสลายได้ด้วยแสงโดยใช้ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

โดย

นางสาวพรพิมล นายโรง

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.กุลนันท์ เกียรติกิตติพงษ์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	บรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากเส้นใยชานอ้อยที่ย่อยสลายได้ด้วยแสงโดยใช้ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
โดย	นางสาวพรพิมล นายโรง
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
พ.ศ.	2561
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.กุลนันท์ เกียรติกิตติพงษ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยใช้ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและกลีเซอรินเป็นพลาสติกไฮดรอกซี ชนิดของแป้งประกอบไปด้วยแป้งมันสำปะหลังและแป้งจากเมล็ดขนุน พบว่าแป้งมันสำปะหลังมีการขึ้นรูปได้ดีกว่าแป้งจากเมล็ดขนุน อัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งมันสำปะหลังต่อเส้นใยชานอ้อย 1: 1 แสดงให้เห็นว่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด ตัวอย่างที่มี TiO_2 ได้รับการทดสอบการสลายตัวด้วยแสงภายใต้แสง UV ประสิทธิภาพการสลายตัวถูกตรวจพบจากฟังก์ชันคาร์บอนิลโดยการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโครงสร้างเคมีของสารโดยใช้ความยาวคลื่นช่วงอินฟราเรด (FTIR)

Thesis Title	BIOLOGICAL PACKAGING FROM BAGASSE FIBER AND PHOTODEGRADATION BY TITANIUM DIOXIDE
By	Ms. Pornpimon Nairong
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Chemical Engineering
Year	2018
Advisor	Asst. Prof. Dr. Kunlanan Kiatkittipong

ABSTRACT

This research aims to determine the suitable portion in the production of photodegradable plastics using titanium dioxide as a catalyst and glycerol as a plasticizer. The type of flour including the cassava flour and the flour from jackfruit seeds were studied. This research was found that the cassava flour showed a better forming than the flour from jackfruit seeds. The appropriate ratio of cassava flour to bagasse fiber 1:1 showed the least water absorption. The sample with TiO_2 is tested the photodegradation under UV illumination. The performance of degradation is detected from Carbonyl function by Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR).

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจาก ผศ.ดร.กุลนันท์ เกียรติกิตติพงษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ข้าพเจ้ารู้สึกทราบบ้างซึ่งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในภาควิชาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

พรพิมล นายโรง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	VI
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 พลาสติกชีวภาพ (Bioplastics)	3
2.2 แป้ง	5
2.3 ชนิดของแป้ง	7
2.4 เส้นใยธรรมชาติ (Natural fiber)	7
2.5 เส้นใยชานอ้อย	8
2.6 กลีเซอริน (Glycerin) หรือ กลีเซอรอล (Glycerol)	8
2.7 ชนุน	9
2.8 พลาสติกย่อยสลายได้	10
2.9 ไททาเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide : TiO_2)	11
2.10 ปฏิกริยาโฟโตคาตาไลติก (Photocatalytic)	12
2.11 การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water absorption test)	13
2.12 เทคนิค FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)	13
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	16
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	16
3.2 วัสดุดิบและสารเคมี	16
3.3. วิธีการทดลอง	17
3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุดิบสำหรับผลิตพลาสติกชีวภาพ	17
1) การผลิตแป้งจากเมล็ดชนุน	17
2) ขั้นตอนการเตรียมเส้นใยจากชานอ้อย	18

เอกสาร 3.3.2 การศึกษาชนิดของแป้งในการผลิตพลาสติกชีวภาพที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำไปใช้ประโยชน์ด้าน 19 การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การศึกษาอัตราส่วนของเส้นใยจากชานอ้อยในการผลิตพลาสติกชีวภาพให้มีคุณภาพ	22
3.3.4 การศึกษาปัจจัยของไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีผลต่อการย่อยสลายของผลิตพลาสติกชีวภาพ	23
บทที่ 4 ผลการทดลอง	25
4.1 การเตรียมวัตถุดิบ	25
4.2 การการขึ้นรูปพลาสติกชีวภาพ	25
4.3 ผลการทดสอบดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพโดยมีอัตราส่วน แป้ง: เส้นใยชานอ้อย 1:1	27
4.4 ผลการทดสอบดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง โดยมีอัตราส่วน แป้ง: เส้นใยชานอ้อย 1:1 1:2 และ 1:3	28
4.5 การศึกษาปัจจัยของไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีผลต่อการย่อยสลายของผลิตพลาสติกชีวภาพ	29
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	30
5.1 สรุปผลการทดลอง	30
5.2 ข้อเสนอแนะ	30
เอกสารอ้างอิง	31
ภาคผนวก ก	35
ภาคผนวก ข	36
ภาคผนวก ค	38



สารบัญรูป

รูปที่ 2.1	พลาสติกที่ถูกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ	3
รูปที่ 2.2	ราเมือกสีเหลืองเจริญเติบโตในถังขยะกระดาษเปียก	4
รูปที่ 2.3	ระยะเวลาการย่อยสลายของวัสดุแต่ละประเภทในธรรมชาติ	5
รูปที่ 2.4	โครงสร้างของอะมิโลส	6
รูปที่ 2.5	โครงสร้างอะมิโลเพกติน	6
รูปที่ 2.6	กลไกของปฏิกิริยาโฟโตแคตะไลติกของไทเทเนียมไดออกไซด์	12
รูปที่ 3.1	กระบวนการผลิตแป้งจากเมล็ดขนุน	17
รูปที่ 3.2	เมล็ดขนุนดิบ	17
รูปที่ 3.3	เมล็ดขนุนหั่นบาง	17
รูปที่ 3.4	เมล็ดขนุนอบ	18
รูปที่ 3.5	แป้งจากเมล็ดขนุน	18
รูปที่ 3.6	กระบวนการผลิตเส้นใยจากขานอ้อย	18
รูปที่ 3.7	ขานอ้อยหั่นขนาดประมาณ 5 ซม.	19
รูปที่ 3.8	แช่ขานอ้อยใน NaOH	19
รูปที่ 3.9	ปั่นด้วยเครื่องปั่นละเอียดเป็นเวลา 30 วินาที	19
รูปที่ 3.10	เส้นใยขานอ้อย	19
รูปที่ 3.11	กระบวนการผลิตพลาสติกชีวภาพ	20
รูปที่ 3.12	วัตถุดิบในการผลิตพลาสติกชีวภาพ	20
รูปที่ 3.13	ผสมให้เข้ากัน พร้อมนำไปตั้งไฟ ประมาณ 15 นาที	21
รูปที่ 3.14	เทของผสมลงในแม่พิมพ์อลูมิเนียมที่รองด้วยแผ่นฟอยล์อลูมิเนียม	21
รูปที่ 3.15	อบด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที	21
รูปที่ 3.16	พลาสติกชีวภาพแช่น้ำกลั่น	22
รูปที่ 3.17	ชั่งน้ำหนักพลาสติกชีวภาพก่อน-หลังทดสอบการดูดซึมน้ำ	22
รูปที่ 3.18	ลักษณะการวางพลาสติกชีวภาพ	24
รูปที่ 3.19	ฉายแสง UV ด้วยตู้ฉายแสง UV เป็นเวลา 40 ชั่วโมง	24
รูปที่ 4.1	แป้งจากเมล็ดขนุน	25
รูปที่ 4.2	พลาสติกชีวภาพ	26
รูปที่ 4.3	พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังที่มีอัตราส่วนของ แป้ง: เส้นใยขานอ้อย	26
รูปที่ 4.4	การทดสอบดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพโดยมีอัตราส่วน แป้ง : เส้นใย	27
รูปที่ 4.5	การทดสอบดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง	
	อัตราส่วน แป้ง: เส้นใยขานอ้อย 1:1 1:2 และ 1:3	28

เอกสารรูปที่ 4.6 สเปกตรัมของพลาสติกชีวภาพหลังฉายแสง UV 40 ชั่วโมง อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ได้ 29 การค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก-1 ตู้อบ (CARBOLITE)	35
รูปที่ ก-2 ตู้ฉายแสง UV	35
รูปที่ ก-3 เครื่องซั่งละเอียด 2 ตาแหน่ง	35
รูปที่ ก-4 Hot Plate	35
รูปที่ ก-5 ปีกเกอร์ กระจบอทวง ซ้อนตักสาร แท่งแก้ว แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์	35
รูปที่ ก-6 แม่พิมพ์อลูมิเนียม	35



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 สมบัติที่สำคัญของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน	7
ตารางที่ 3.1 ศึกษาชนิดของแป้งในการผลิตพลาสติกชีวภาพที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำ	19
ตารางที่ 3.2 ศึกษาอัตราส่วนของเส้นใยจากชานอ้อยในการผลิตพลาสติกชีวภาพให้มีคุณภาพ	23
ตารางที่ 3.3 ศึกษาปัจจัยของไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีผลต่อการย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพ	23
ตารางที่ ข-1 ค่าร้อยละผลผลิต (% yield) ของการเตรียมแป้งจากเมล็ดขนุน	36
ตารางที่ ข-2 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งเมล็ดขนุนโดยมีอัตราส่วนของแป้ง : เส้นใยจากชานอ้อย 1:1	36
ตารางที่ ข-3 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังโดยมีอัตราส่วนของแป้ง : เส้นใยจากชานอ้อย 1:1	36
ตารางที่ ข-4 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังโดยมีอัตราส่วนของแป้ง : เส้นใยจากชานอ้อย 1:2	37
ตารางที่ ข-5 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังโดยมีอัตราส่วนของแป้ง : เส้นใยจากชานอ้อย 1:3	37
ตารางที่ ข-6 ผลการทดสอบค่าดัชนีคาร์บอนิล (Carbonyl index or CI) ของพลาสติกชีวภาพที่ไม่ได้ผสมTiO ₂ และ พลาสติกชีวภาพที่ผสมTiO ₂ หลังฉายแสง UV 40 ชั่วโมง	37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภาวะโลกร้อน (Global Warming) เกิดจากก๊าซบางชนิดสะสมอยู่ในบรรยากาศมากเกินไปจนเกิดผลกระทบ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ก๊าซมีเทน เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือได้จากมูลสัตว์ ฯลฯ กิจกรรมในชีวิตประจำวันของมนุษย์ การเพิ่มขึ้นของประชากร ความต้องการในการใช้พลังงานที่มีไม่สิ้นสุด การตัดไม้ทำลายป่า และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยมาจากอุตสาหกรรม นวัตกรรมความสะดวกสบายกับต้องแลกกับการใช้พลังงานที่มากขึ้น สิ่งเหล่านี้ล้วนแล้วแต่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Effect) เพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อการทำงานของมนุษย์และสรรพสิ่งบนโลกอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้น สภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลง ฯลฯ ซึ่งมีสาเหตุสำคัญมาจากการเกิดภาวะโลกร้อน วิธีประหยัดพลังงานง่ายๆ เช่น ลดการใช้ถุงพลาสติก ถุงพลาสติกต้องใช้เวลานานถึง 450 ปี จึงจะสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ และกำจัดผ่านเตาเผาขยะต้องใช้พลังงานมาก ซึ่งเป็นการเพิ่มก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Effect) ในบรรยากาศอีกด้วย [1]

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา มีขยะจากพลาสติกประมาณ 12% จากปริมาณขยะทั้งหมด หรือประมาณปีละ 2 ล้านตัน เช่น ขยะพลาสติกหุ้มฝาขวด (Cap seal) 2,600 ล้านชิ้นต่อปี คิดเป็น 520 ตันต่อปี ซึ่งในประเทศไทยติดอันดับที่ 6 ของการทิ้งขยะพลาสติกลงทะเลมากที่สุดในโลก ในหลายประเทศจึงเริ่มตระหนักถึงปัญหาของภาวะโลกร้อน จึงประกาศมาตรการจัดการขยะพลาสติกออกมา เช่น ประเทศฝรั่งเศส ประกาศห้ามใช้อุปกรณ์รับประทานอาหารที่ทำจากพลาสติก ประเทศอังกฤษเริ่มนโยบายเก็บภาษีถุงพลาสติกในร้านค้าขนาดเล็ก ประเทศชิลีออกกฎหมายห้ามใช้ถุงพลาสติก ประเทศเคนยาออกกฎหมายเลิกใช้ถุงพลาสติกทุกประเภท วิถีลดขยะพลาสติกที่ทุกคนสามารถทำได้ เช่น ใช้ถุงผ้าจ่ายตลาด ซื้อผลิตภัณฑ์บรรจุด้วยวัสดุรีไซเคิล ใช้ขวดน้ำ กล่องอาหาร ซ้อน ส้อม ที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้ [2]

จากผลกระทบดังกล่าว ทำให้พลาสติกชีวภาพที่ย่อยสลายได้ (Biodegradable plastics) ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก และมีการใช้มากขึ้น เช่น พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid, PLA) เป็นต้น แต่เนื่องจากมีราคาที่สูงเมื่อเทียบกับพลาสติกทั่วไป ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาวัตถุดิบจากการเกษตรที่ราคาถูก หาได้ง่ายมาผสม วัตถุดิบจากภาคการเกษตรที่ได้รับความสนใจและนิยมนำมาศึกษาเกี่ยวกับพลาสติกชีวภาพที่ย่อยสลายได้ คือ แป้งจากมันสำปะหลัง แป้งจากข้าวสาลี และแป้งจากข้าวโพด ดังนั้น โครงการนี้ศึกษาแป้งที่ทำมาจากเมล็ดขนุนและเส้นใยจากขนอ้อยในการผลิตพลาสติกชีวภาพที่ย่อยสลายได้ (Biodegradable plastics)

ขนุน (jackfruit) ผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยให้ผลผลิตตลอด

ทั้งปี นิยมปลูกและบริโภคกันมาก มีกลิ่นหอมและรสชาติที่หวานแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสายเอกลีลาเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

พันธุ์ ส่วนใหญ่จะจำหน่ายแบบกะเนื้อ แพ็คใส่กล่องพร้อมรับประทาน หรือนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ขนุนในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง ขนุนอบแห้ง และขนุนแผ่นทอด จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรพบว่าในปี พ.ศ. 2560 (ม.ค.-ก.ย.) ประเทศไทยส่งออกขนุนสดจำนวน 23,421 ตัน [3] ทำให้เมล็ดขนุนเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากจากการกะเนื้อและกระบวนการแปรรูปทางอุตสาหกรรม

ขานอ้อย วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาล เป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีปริมาณมากซึ่งโดยทั่วไป มักจะถูกนำไปทำเป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม การนำเส้นใยจากขานอ้อยเพื่อนำมาผลิตพลาสติกชีวภาพที่ย่อยสลายได้ (Biodegradable plastics) นั้นจะสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับขานอ้อย และลดปัญหาขยะที่เกิดจากขานอ้อย ดังนั้น การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะสนใจเกี่ยวกับการผลิตพลาสติกชีวภาพที่ย่อยสลายได้ จากแป้งจากเมล็ดขนุน แป้งมันสำปะหลัง เส้นใยจากขานอ้อยเป็นหลักและผสมกลีเซอรินเป็นสารพลาสติกไซเซอร์ พลาสติกชีวภาพที่ย่อยสลายได้ และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้ทดแทนพลาสติกทั่วไปที่ไม่สามารถย่อยสลายได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อกำหนดสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 เมล็ดขนุนพันธุ์เหลืองระยอง

1.3.2 ส่วนของขานอ้อยที่นำมาทำเส้นใย คือ ส่วนที่เป็นกากของอ้อยที่ถูกรีดน้ำออกแล้ว

1.3.3 ชนิดของแป้ง ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งเมล็ดขนุน

1.3.4 โซเดียมไฮดรอกไซด์ แบบผงความเข้มข้น 99% เกรดอุตสาหกรรม

1.3.5 ไททาเนียมไดออกไซด์ เกรดอุตสาหกรรม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้วิธีการผลิตพลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้จากเส้นใยขานอ้อย และสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในระดับอุตสาหกรรมได้

1.4.2. เพิ่มมูลค่าของขานอ้อย เมล็ดขนุน ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการเกษตร และนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.4.3. เป็นแนวทางในการลดปัญหาภาวะโลกร้อน และลดปัญหามลพิษจากเผาทำลายขยะพลาสติกที่ไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 พลาสติกชีวภาพ (Bioplastics) [4]

พลาสติก คือ วัสดุที่ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกสบายในการดำรงชีวิต เนื่องจากมีน้ำหนักเบา ทนทาน มีความยืดหยุ่นจึงเหมาะสำหรับการนำพลาสติกมาใช้งานในด้านต่างๆ เช่น บรรจุภัณฑ์ เป็นต้น ใช้แทนวัสดุธรรมชาติ พลาสติกจัดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง พลาสติกถือเป็นวัสดุที่ตอบสนองความต้องการของมนุษย์ได้เป็นอย่างดี

ตามข้อกำหนด ISO 472:1988 ได้ให้ความหมายของพลาสติกชีวภาพไว้ว่า พลาสติกที่ได้รับการออกแบบเพื่อรับรองการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีบางประการภายใต้สภาพแวดล้อมที่กำหนด โดยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารเคมีนั้นเป็นผลมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ ตามข้อกำหนด

ASTM D20.96 ได้ให้ความหมาย พลาสติกชีวภาพ ว่าเป็นพลาสติกที่สามารถถูกตัดพันธะของสายโพลิเมอร์ได้ผ่านทางปฏิกิริยาเคมี ชีวภาพ และกายภาพ ภายใต้สภาวะที่ส่งเสริมให้เกิดการย่อยสลายโครงสร้างของพลาสติก

พลาสติกชีวภาพ คือ พลาสติกที่ผลิตขึ้นจากวัสดุธรรมชาติและสามารถย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 วัสดุธรรมชาติที่นำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพมีหลายชนิด เช่น แป้ง (starch) เซลลูโลส (cellulose) คอลลาเจน (collagen) เคซีน (casein) พอลิเอสเทอร์ (polyester) และโปรตีนจากถั่ว (soy protein) เป็นต้น ซึ่งแป้งเป็นวัสดุธรรมชาติที่นิยมนำมาผลิตพลาสติกชีวภาพมากที่สุดเพราะหาได้ง่าย มีปริมาณมากและราคาถูก เนื่องจากสามารถผลิตแป้งได้จากพืชหลายชนิด เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี มันฝรั่ง มันเทศ มันสำปะหลัง เป็นต้น



รูปที่ 2.1 พลาสติกที่ถูกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

ที่มา : <https://www.catdumb.com/algae-water-bottles-313/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลาสติกชีวภาพ (Bioplastics) สามารถจำแนกออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. โพลีเมอร์จากวัตถุดิบที่เป็นชีวมวล (biomass) ได้แก่ พอลิแซคคาไรด์ที่ได้จากแป้ง เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งข้าวสาลี หรือ ลิกโนเซลลูโลส เช่น ฟางข้าว เป็นต้น
2. โพลีเมอร์จากการผลิตจุลินทรีย์ ได้แก่ PHAs เช่น Polyhydroxybutyrate (PHB)
3. โพลีเมอร์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเคมี ใช้วัตถุดิบจากเกษตรกรรม เช่น มันสำปะหลัง ข้าวโพด อ้อย ผ่านกระบวนการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล และเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นโมโนเมอร์ คือ กรดแลคติก (Lactic acid)
4. โพลีเมอร์ที่สังเคราะห์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มโครงสร้างโซ่ตรง เช่น PBS (poly butylene succinate) และ กลุ่มโครงสร้างวงอะโรมาติก เช่น (PBAT) (poly butylene adipate/terephthalate) เป็นต้น

จากการจำแนกพลาสติกชีวภาพออกเป็น 4 ประเภท ทั้ง 4 ประเภทสามารถย่อยสลายได้จากกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ “Biodegradation” เป็นกระบวนการย่อยสลายที่เกิดขึ้นจากจุลินทรีย์ เช่นแบคทีเรีย รา ยีสต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 เป็นต้น



รูปที่ 2.2 ราเมือกสีเหลืองเจริญเติบโตในถังขยะกระดาษเปียก
ที่มา : <https://th.wikipedia.org/wiki>

พลาสติกชีวภาพจะถูกย่อยสลายได้ภายในระยะเวลาที่เร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิ ความชื้น การถ่ายเทอากาศในดิน ถึงแม้ว่าการย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพ จะถูกควบคุมโดยหลายปัจจัย แต่ก็ย่อยสลายได้เร็วกว่า พลาสติกทั่วไปที่ใช้ระยะเวลาย่อยสลายนานนับร้อยปี หรือไม่สามารย่อยสลายได้เลย ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ดังนั้น พลาสติกชีวภาพจึงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ไม่เกิดการสะสมของขยะพลาสติก รวมถึงวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตเป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 ข้าวฟ่าง 1-5 เดือน	 เคบกระดาก 2-5 เดือน	 เชือก 3-14 เดือน	 กระป๋องอู๋โอเค 80-100 ๓
 เปลือกส้ม 6 เดือน	 ผ้าขนสัตว์ 1 ๓	 ถ้วยกระดากเคลือบ 5 ๓	 รองเท้าหนัง 25-40 ๓
 ไข่ ๓-13 ๓	 ก้นกรองบุหรี่ 15 ๓	 กระป๋องเหล็ก 100 ๓	 ขวดพลาสติก 450 ๓
 ถุงพลาสติก 450 ๓	 โคม ไม่ย่อยสลาย ควรหลีกเลี่ยง	 ขวดแก้ว ชั่งกิโลวางาน	 ถังขยะ

รูปที่ 2.3 ระยะเวลาการย่อยสลายของวัสดุแต่ละประเภทในธรรมชาติ
ที่มา : <https://mgronline.com/infographic/detail/9610000086956>

2.2 แป้ง [5]

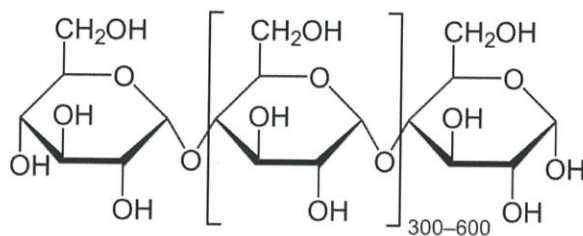
แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืช พบในส่วนของใบและส่วนที่พืชใช้ในการกักเก็บอาหาร เช่น หัวและเมล็ด มนุษย์เราได้รับแป้งจากพืชหลากหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็น ข้าวโพด ข้าวสาลี มันฝรั่ง ข้าวและมันสำปะหลัง เป็นต้น แป้งมีบทบาทสำคัญต่อมนุษย์เป็นแหล่งให้พลังงานที่สำคัญ และได้มีการนำแป้งมาใช้ในอุตสาหกรรม อาทิเช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมกาว และ อุตสาหกรรมแป้งตัดแปรร

คำว่า “แป้ง” ในการผลิตนั้น จะประกอบด้วย มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก และมีสิ่งเจือปน เช่น โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ น้อยมากแต่เมื่อมีการกำจัดสิ่งเจือปนออกไป จนเหลือแป้งบริสุทธิ์เป็นส่วนใหญ่จะเรียกว่า แป้งสตาร์ช (Starch) เช่น แป้งข้าวสาลี (wheat starch) แป้งข้าวโพด (corn starch)

แป้งมีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่มีสูตรเคมีโดยทั่วไป คือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ แป้งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส ซึ่งจะประกอบไปด้วยหน่วยของน้ำตาลกลูโคสหลายๆหน่วยมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ glycosidic linkage แป้งจะประกอบไปด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ จะแบ่งตามขนาดโมเลกุลและลักษณะการจัดเรียงตัว คือ อะมิโลสซึ่งมีขนาดเล็กและมีกิ่งก้านสาขาเพียงเล็กน้อยและอะไมโลเพคตินซึ่งมีขนาดใหญ่และมีกิ่งก้านสาขามากมาย

อะมิโลสเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่มีกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วยเชื่อมต่อกัน เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (glycosidic linkage) ชนิดแอลฟา -1,4 ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ในแป้งข้าวโพด แป้งข้าวฟ่าง แป้งสาลี มีปริมาณอะมิโลสประมาณสูง 28% แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง มีปริมาณอะมิโลสต่ำประมาณ 20% ซึ่งอะมิโลสในแป้งแต่ละชนิดจะมีปริมาณต่างกันออกไป

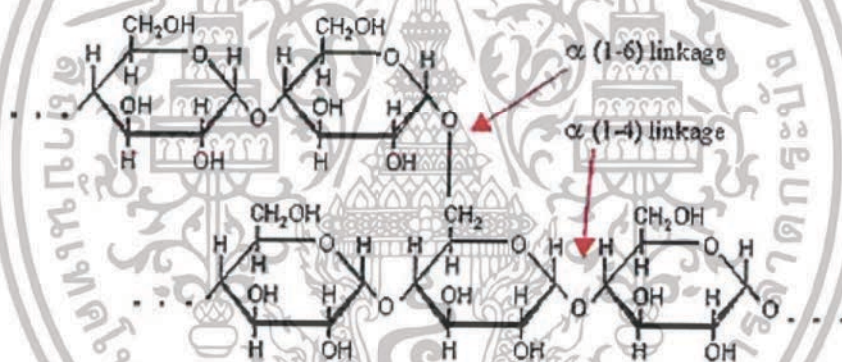
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลงนามแล้วสำหรับการแข่งขันเพื่อการค้าเท่านั้น เมื่อผู้ซื้อเห็นต้นฉบับของเอกสารนี้แล้ว
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของอะมิโลส

ที่มา : <https://th.wikipedia.org/wiki/>

อะมิโลเพกตินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นกิ่งจะเป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้น เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (glycosidic linkage) ชนิดแอลฟา -1,6 และส่วนที่เป็นเส้นตรงเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (glycosidic linkage) ชนิดแอลฟา -1,4 ดังแสดงในรูปที่ 2.5 อะมิโลเพกตินมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าอะมิโลสประมาณ 1000 เท่า เมื่อนำสมบัติที่สำคัญของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน มาเปรียบเทียบกันจะแสดงได้ดังตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.5 โครงสร้างอะมิโลเพกติน

ที่มา : http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/Chap2/chap2_intro.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 สมบัติที่สำคัญของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน

อะมิโลส	อะมิโลเพกติน
1. ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ α -1,4	1. โมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันด้วยพันธะ α -1,4 และมี การแตกกิ่งด้วยพันธะ α -1,6
2. ประกอบด้วยกลูโคส 200-6000 หน่วย	2. แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-25 หน่วย
3. ละลายน้ำได้น้อยกว่า	3. ละลายน้ำได้ดีกว่า
4. เมื่อต้มในน้ำจะมีความข้นหนืดน้อย	4. ข้นหนืดมากและใส
5. ให้สีน้ำเงินกับสารละลายไอโอดีน	5. ให้สีม่วงแดงหรือสีน้ำตาลแดงกับสารละลายไอโอดีน
6. ต้มแล้วทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็งได้	6. ไม่จับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง

ที่มา: http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/Chap2/chap2_intro.htm

2.3 ชนิดของแป้ง [5]

แป้งแต่ละชนิดมีรูปแบบการพองตัวและการละลายแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาความสามารถในการพองตัวและการละลายแล้ว จะสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ แป้งจากธัญพืช แป้งจากส่วนราก และแป้งจากลำต้น

1. แป้งจากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี แป้งข้าวฟ่าง และแป้งขนุน มีรูปแบบการพองตัวและการละลาย 2 ชั้นแสดงถึงแรงพันธะที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ พันธะบริเวณผลึก และบริเวณอณูฐานของเมล็ดแป้ง แป้งจำพวกนี้มีพันธะจำนวนมาก แต่กำลังการพองตัวและการละลายตัวต่ำ เนื่องจากมีปริมาณอะมิโลสสูงทำให้โครงสร้างร่างแหในลีดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้พองตัวได้ต่ำ

2. แป้งจากส่วนรากหรือส่วนกลางลำต้น (pith) เช่น แป้งมันสำปะหลัง มีการพองตัวเพียงชั้นเดียว กำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูงกว่าแป้งจากธัญพืช เนื่องจากมีจำนวนพันธะน้อยกว่า แป้งจากส่วนรากจะเกิดเจลที่ในซึ่ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งธัญพืช

3. แป้งจากลำต้น เช่น แป้งมันฝรั่ง จะมีการพองตัวสูง เนื่องจากพันธะภายในร่างแหอ่อนแอ นอกจากนี้หมู่ฟอสเฟตภายในแป้งมันฝรั่งยังทำให้เกิดการพองตัวสูงขึ้น เนื่องจากสามารถก่อให้เกิดแรงผลักดันทางไฟฟ้าได้ การพองตัวในแป้งจากส่วนหัวจะเกิดขึ้นเพียงชั้นเดียว และเกิดซึ่ที่อุณหภูมิต่ำ รูปนี้จะเป็นลักษณะของแป้งที่เป็นพอลิอิเล็กโทรไลต์ (polyelectrolyte)

2.4 เส้นใยธรรมชาติ (Natural fiber)

เส้นใยธรรมชาติเป็นอินทรีย์วัสดุที่สำคัญและหาได้ง่าย มีปริมาณมากและราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์ ในปัจจุบันมีการนำเส้นใยธรรมชาติมาใช้ทดแทนเส้นใยสังเคราะห์เพื่อผลิตเป็นวัสดุเชิงประกอบ (Composite) โดยใช้เส้นใยธรรมชาติเป็นสารเสริมแรงหรือสารเติมแต่งในพลาสติก เพื่อเป็นการลดต้นทุนเพิ่มปริมาณการผลิต ทำให้วัสดุเชิงประกอบมีน้ำหนักเบาและช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม โดยสามารถจำแนกเส้นใยธรรมชาติ ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของงานวิจัยเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ในการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร กรุณาแจ้งให้ทราบล่วงหน้า มิฉะนั้นจะถือว่าผิดกฎหมาย

1. เส้นใยจากพืชเช่น ป่าน ปอ ฝ้าย มะพร้าวและกล้วย
2. เส้นใยจากสัตว์ เช่น ไหม ขนสัตว์
3. แร่ เช่น แร่ใยหิน

2.5 เส้นใยชานอ้อย [6]

อ้อย (Sugar-cane) มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปเอเชีย เป็นพืชที่ปลูกง่าย และเมื่อปลูกครั้งหนึ่งแล้ว สามารถเก็บเกี่ยวได้หลายครั้ง อ้อยเป็นไม้ล้มลุก สูง 2-5 เมตร ลำต้นของอ้อยมีปริมาณซูโครสประมาณ 17-35% จึงนิยมนำมาใช้ผลิตเป็นน้ำตาล ชานอ้อย (bagasse) ที่ถูกบีบเอาน้ำอ้อยออกไปแล้ว สามารถนำมาใช้ทำกระดาษ พลาสติก เป็นเชื้อเพลิง และอาหารสัตว์ เป็นต้น

ชานอ้อย (bagasse) เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการหีบอ้อยเพื่อผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อย ชานอ้อยนับว่าเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่สามารถนำมาพัฒนาเข้าสู่อุตสาหกรรมได้ เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำตาลทรายที่มีปริมาณมาก ถึงแม้ในปัจจุบันชานอ้อยเกือบทั้งหมด ได้ถูกนำไปเป็นเชื้อเพลิง (Bio Mass) เพื่อผลิตพลังงานสำหรับโรงงานน้ำตาล และผลิตกระแสไฟฟ้า แต่ชานอ้อยก็ยังสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้มากกว่าโดยการนำมาพัฒนาเป็นเส้นใยจากชานอ้อย โดยการนำชานอ้อยมาแยกเยื่อแอลฟาเซลลูโลสสูง ให้ได้เยื่อที่มีคุณสมบัติเหมาะสม สามารถนำไปฉีดเป็นเส้นใยแบบ Wet Spinning ให้ได้เป็นเส้นใยเซลลูโลส ถือเป็นนวัตกรรมครั้งแรกในประเทศที่สามารถผลิตเป็นเส้นใยจากชานอ้อยได้

ชานอ้อยเป็นวัสดุทางเลือกใหม่ เพื่อเพิ่มมูลค่าในการใช้วัสดุเหลือทิ้งให้เป็นประโยชน์และมีความหลากหลายด้านการใช้งาน เป็นการใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมและนำไปต่อยอดพัฒนาสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

2.6 กลีเซอริน (Glycerin) หรือ กลีเซอรอล (Glycerol) [7]

กลีเซอริน หรือกลีเซอรอล ถูกค้นพบโดยนักเคมีชาวสวีเดน Carl W.Scheele ในปี ค.ศ. 1779 จากการทดลองปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันในการสกัดน้ำมันมะกอก กลีเซอริน หรือกลีเซอรอลมาจากคำว่า glykys แปลว่า “หวาน” โดยในระยะแรกมีการใช้ประโยชน์สำหรับส่วนของกาวทำให้กาวมีความเหนียวเพิ่มมากขึ้น

กลีเซอรอลผลิตได้จากระบวนการผลิตไบโอดีเซล ผ่านการสังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยา ทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification) สามารถใช้เป็นสารตั้งต้นหรือสารเติมแต่งในอุตสาหกรรมต่างๆได้ เช่น การผลิตสบู่ การผลิตเครื่องสำอาง เป็นต้น

กลีเซอริน กับกลีเซอรอล เป็นสารเดียวกัน แต่โดยทั่วไปมักเรียกกลีเซอริน กลีเซอรินมีความบริสุทธิ์น้อยกว่ากลีเซอรอล เพราะมักจะมีสิ่งเจือปนต่างๆ เช่น น้ำ สี เป็นต้น กลีเซอรินจะใช้เรียกสารละลายในทางการค้าของกลีเซอรอลที่มีน้ำเจือปน กลีเซอรอลดิบจะมีความบริสุทธิ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลิตภัณฑ์ค้าขายในเชิงพาณิชย์

มีลักษณะเป็นของเหลวข้น ไม่มีสี
มวลอะตอม 92.09382 กรัม/โมล
จุดหลอมเหลว 18 องศาเซลเซียส

มีสูตรทางเคมี คือ $C_3H_8O_3$
จุดเดือด 290 องศาเซลเซียส
จุดวาบไฟ 177 องศาเซลเซียส

2.7 ขนุน [8]

ขนุนเป็นพืชที่ปลูกไม่ยากเมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น และสามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกภูมิภาคของประเทศไทย ขึ้นได้ดีกับดินทุกชนิด การปลูกขนุนในไทยมีมาอย่างช้านาน ปัจจุบันการพัฒนาขนุนนำมาปลูกเป็นสวนก็สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรไม่น้อยไปกว่าผลไม้ชนิดอื่น บางพื้นที่เริ่มเปลี่ยนจากการปลูกยางพารามาปลูกขนุน เนื่องจากขนุนมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเร็วกว่าผลไม้ชนิดอื่น และรับประทานได้ทั้งผลขนุนอ่อน ผลขนุนสุก ใบขนุน รวมไปถึงเมล็ดของขนุนเลยทีเดียว ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของขนุน จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ อนุกรมวิธานของขนุน และสัณฐานวิทยาของขนุน ดังนี้

อนุกรมวิธานของขนุน

วงศ์(Family) : Moraceae (mulberry)
สกุล(Genus) : Artocarpus
ชนิด(Species) : heterophyllus
ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Artocarpus heterophyllus*
ชื่อสามัญ : Jackfruit

สัณฐานวิทยาของขนุน

ส่วนประกอบของขนุนประกอบไปด้วย ราก ลำต้น ใบ ดอก ผลและเมล็ด

ราก ต้นขนุนที่เกิดจากเมล็ดจะมีรากแก้ว รากแก้วจะหยั่งลึกลงดิน ทำให้มีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้งได้ดี ต้นที่ปลูกจากการกิ่งทาบมีรากแก้วเช่นกัน แต่ต้นที่ปลูกจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะมีเฉพาะรากแขนง

ลำต้น ขนุนเป็นไม้ยืนต้นมีตั้งแต่ขนาดกลางไปจนถึงขนาดใหญ่ อายุยืน สูงประมาณ 10 - 15 เมตรเจริญเติบโตเร็ว เนื้อไม้เป็นเนื้อไม้อ่อนมีสีเหลือง

ใบ ขนุนเป็นไม้ผลัดใบ ใบมีลักษณะยาวเรียว ใบมีขนาดใหญ่ เนื้อใบหนาและหยาบ ห้านบนใบสีเขียวเข้มเป็นมันสะท้อนแสง

ดอก ขนุนจะเริ่มออกดอกครั้งแรกหลังปลูกได้อายุประมาณ 3-5 ปีดอกขนุนมีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกอยู่คนละดอกแต่อยู่บนต้นเดียวกัน

ผล ขนุนมีผลขนาดใหญ่น้ำหนักของผลเฉลี่ย 15 กิโลกรัมหรืออาจหนักถึง 50 กิโลกรัมต่อผล รูปทรงผลมีหลายรูปทรงทั้งรูปทรงกลม รูปไข่ รูปยาวรี เปลือกมีหนามที่ลักษณะสั้น ทุ่ มีสีเขียวอ่อนเมื่อผลสุกจะมีสีเขียวอมเหลือง

เมล็ด ขนุน 1 มีเมล็ดมากผลใหญ่ๆบางผลมีมากถึง 100 เมล็ด เมล็ดมีรูปทรงคล้ายรูปไข่ และเป็นส่วนที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปขนุนเป็นจำนวนมาก จึงเหมาะแก่การนำมาสร้างมูลค่าเพิ่ม

2.8 พลาสติกย่อยสลายได้ [9] [23]

คำว่า ย่อยสลายได้ (Degradable Plastic พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน ได้ให้ความหมายว่า “แตก พัง ทลาย ละลาย” หมายถึงบรรจุภัณฑ์นั้นเปลี่ยนจากสภาพเดิมที่ดีไปสู่สภาพที่ด้อยลงกว่าเดิม ไม่ได้หมายความว่า จะสลายหายไปเลยจากสิ่งแวดล้อม ประเภทของพลาสติกย่อยสลายได้ จะแบ่งออกเป็น 5 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. การย่อยสลายได้โดยแสง (Photodegradation) การย่อยสลายโดยแสงมักเกิดจากการเติมสารเติมแต่งที่มีความไวต่อแสงลงในพลาสติกหรือสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ให้มีหมู่ฟังก์ชันหรือพันธะเคมีที่ไม่แข็งแรง แตกหักง่ายภายใต้รังสี (UV) เช่น หมู่คีโตน (Ketone group) อยู่ในโครงสร้าง เมื่อสารหรือหมู่ฟังก์ชันดังกล่าวสัมผัสกับรังสียูวีจะเกิดการแตกของพันธะกลายเป็นอนุมูลอิสระ (Free radical) ซึ่งไม่เสถียร จึงเข้าทำปฏิกิริยาต่ออย่างรวดเร็วที่พันธะเคมีบนตำแหน่งคาร์บอนในสายโซ่พอลิเมอร์ ทำให้เกิดการขาดของสายโซ่ แต่การย่อยสลายนี้จะไม่เกิดขึ้นภายในบ่อฝังกลบขยะ กองคอมโพสท์ หรือสภาวะแวดล้อมอื่นที่มืด หรือแม้กระทั่งชั้นพลาสติกที่มีหมึกที่หนามากบนพื้นผิว เนื่องจากพลาสติกจะไม่ได้สัมผัสกับรังสียูวีโดยตรง

2. การย่อยสลายทางกล (Mechanical Degradation) โดยการให้แรงกระทำแก่ชิ้นพลาสติกทำให้ชิ้นส่วนพลาสติกแตกออกเป็นชิ้น ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้โดยทั่วไปในการทำให้พลาสติกแตกเป็นชิ้นเล็กๆ

3. การย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Degradation) การย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชันของพลาสติก เป็นปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนลงในโมเลกุลของพอลิเมอร์ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้เองในธรรมชาติอย่างช้าๆ โดยมีออกซิเจน และความชื้น แสงยูวี หรือแรงทางกล เป็นปัจจัยสำคัญ เกิดเป็นสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide, ROOH) ในพลาสติกที่ไม่มีการเติม สารเติมแต่งที่ทำหน้าที่เพิ่มความเสถียร (stabilizing additive) แสงและความร้อนจะทำให้ ROOH แตกตัวกลายเป็นอนุมูลอิสระ RO และ OH) ที่ไม่เสถียรและเข้าทำปฏิกิริยาต่อที่พันธะเคมีบนตำแหน่งคาร์บอนในสายโซ่พอลิเมอร์ ทำให้เกิดการแตกหักและสูญเสียสมบัติเชิงกลอย่างรวดเร็ว แต่ด้วยเทคโนโลยีการผลิตที่ได้รับการวิจัยและพัฒนาขึ้นในปัจจุบันทำให้พอลิโอเลฟินเกิดการย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนได้เร็วขึ้นภายในเวลาที่กำหนด โดยการเติมสารเติมแต่งที่เป็นเกลือของโลหะทรานซิลิคอน ซึ่งทำหน้าที่คะตะลิสต์เร่งการแตกตัวของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Hydroperoxide, ROOH) เป็นอนุมูลอิสระ (Free radical) ทำให้สายโซ่พอลิเมอร์เกิดการแตกหักและสูญเสียสมบัติเชิงกลรวดเร็วยิ่งขึ้น

4. การย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolytic Degradation) การย่อยสลายของ

พอลิเมอร์ที่มีหมู่เอสเทอร์ หรือเอไมด์ เช่น แป้ง พอลิเอสเทอร์ พอลิแอนไฮไดรด์ พอลิคาร์บอนเนต เอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในโครงการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และพอลิยูริเทน ผ่านปฏิกิริยาก่อให้เกิดการแตกหักของสายโซ่พอลิเมอร์ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่เกิดขึ้น โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่ใช้คะตะลิสต์ (Catalytic hydrolysis) และไม่ใช่คะตะลิสต์ (Non-Catalytic Hydrolysis) ซึ่งประเภทแรกยังแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ แบบที่ใช้คะตะลิสต์จากภายนอกโมเลกุลของพอลิเมอร์เร่งให้เกิดการย่อยสลาย (External Catalytic Degradation) และแบบที่ใช้คะตะลิสต์จากภายในโมเลกุลของพอลิเมอร์เองในการเร่งให้เกิดการย่อยสลาย (Internal catalytic degradation) โดยคะตะลิสต์จากภายนอกมี 2 ชนิด คือ คะตะลิสต์ที่เป็นเอนไซม์ต่างๆ (Enzyme) เช่น Depolymerase lipase esterase และ glycohydrolase ในกรณีนี้จัดเป็นการย่อยสลายทางชีวภาพ และคะตะลิสต์ที่ไม่ใช่เอนไซม์ (Non-enzyme) เช่น โลหะแอสคาไลด์ (alkaline metal) เบส (base) และกรด(acid) ที่มีอยู่ในสภาวะแวดล้อมในธรรมชาติ ในกรณีนี้จัดเป็นการย่อยสลายทางเคมี สำหรับปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสแบบที่ใช้คะตะลิสต์จากภายในโมเลกุลของพอลิเมอร์นั้นใช้หมู่คาร์บอกซิล(Carboxyl Group) ของหมู่เอสเทอร์ หรือเอไมด์บริเวณปลายของสายโซ่พอลิเมอร์ในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

5. การย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradation) การย่อยสลายของพอลิเมอร์จากการทำงานของจุลินทรีย์โดยทั่วไปมีกระบวนการ 2 ขั้นตอน เนื่องจากขนาดของสายพอลิเมอร์ยังมีขนาดใหญ่และไม่ละลายน้ำ ในขั้นตอนแรกของการย่อยสลายจึงเกิดขึ้นภายนอกเซลล์โดยการปลดปล่อยเอนไซม์ของจุลินทรีย์ซึ่งเกิดได้ทั้งแบบใช้ endo-enzyme หรือ เอนไซม์ที่ทำให้เกิดการแตกตัวของพันธะภายในสายโซ่พอลิเมอร์อย่างไม่เป็นระเบียบ และแบบ exo-enzyme หรือ เอนไซม์ที่ทำให้เกิดการแตกหักของพันธะที่ละหน่วยจากหน่วยซ้ำที่เล็กที่สุดที่อยู่ด้านปลายของสายโซ่พอลิเมอร์ เมื่อพอลิเมอร์แตกตัวจนมีขนาดเล็กพอจะแพร่ผ่านผนังเซลล์เข้าไปในเซลล์ และเกิดการย่อยสลายต่อในขั้นตอนที่ 2 ได้ผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (ultimate biodegradation) คือ พลังงาน และสารประกอบขนาดเล็กที่เสถียรในธรรมชาติ (Mineralization) เช่น แก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน น้ำ เกลือ แร่ธาตุต่างๆ และมวลชีวภาพ (biomass)

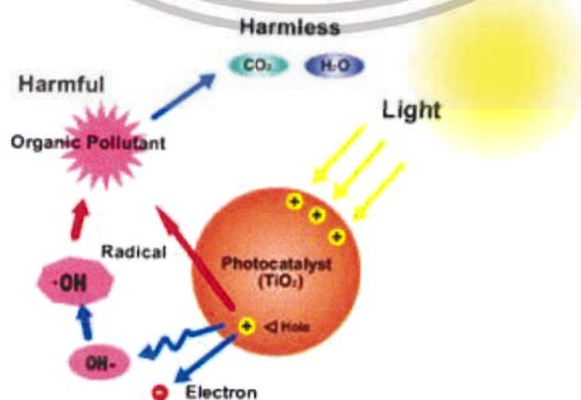
2.9 ไททาเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide:TiO₂) [10]

ไททาเนียมไดออกไซด์ เป็นสารประกอบออกไซด์ของโลหะไททาเนียม ที่ถูกนำมาใช้มากในอุตสาหกรรมด้านต่างๆ เช่น สีทาบ้าน สารเคลือบผลิตภัณฑ์ ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง เป็นต้น เนื่องจากมีความเสถียรสูง ไม่เป็นพิษ และราคาถูก ลักษณะโดยทั่วไปมีสีขาว ทึบแสง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ รูไทล์ (rutile) พบมากที่สุดในธรรมชาติ มีความคงทน เสถียรต่อการเปลี่ยนแปลงต่ออุณหภูมิที่สูง และ อานาเทส (anatase) พบในธรรมชาติปานกลาง รองลงมาจากรูไทล์ (rutile) หากให้ความร้อนสูงกว่า 915 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเป็นแบบรูไทล์ ทั้ง 2 ประเภทมีโครงสร้างผลึกแบบเตตระโกนัล (tetragonal) คุณสมบัติเฉพาะ คือ มวลโมเลกุล 79.9 กรัม/โมล ความหนาแน่น 3.84-4.26 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร จุดเดือด 2,500 องศาเซลเซียสจุดหลอมเหลว 1,850 องศาเซลเซียส ไม่ละลายน้ำนั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 ปฏิกริยาโฟโตคาตาไลติก (photocatalytic) [11] [20]

คำว่า โฟโตคาตาไลสต์ (photocatalyst) ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ “โฟโต (photo)” ที่ใช้นำหน้าคำที่แสงมาเกี่ยวข้อง และ “คาตาไลสต์ (catalyst)” เป็นกระบวนการที่อนุภาคของสารทำให้เกิดอัตราการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยที่ตัวเองไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อสิ้นสุดกระบวนการ หรือเรียกว่า สารเร่งปฏิกิริยา การฉายแสงอุลตราไวโอเลต (UV) จากดวงอาทิตย์หรือจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ไปยังไททาเนียมไดออกไซด์จะทำให้เกิดปฏิกิริยาโฟโตคาตาไลติก (photocatalytic) ทำให้เกิดอนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl radical) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) และประจุลบของซูเปอร์ออกไซด์ (superoxide anions) ซึ่งสารตระกูลออกซิเจนที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเหล่านี้ที่สามารถใช้กำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่เป็นพิษในน้ำหรืออากาศ จนในที่สุดจะกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

ปรากฏการณ์โฟโตแคตะไลติกถูกค้นพบโดย Fujishima เมื่อปี ค.ศ. 1967 เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากไททาเนียมไดออกไซด์ถูกกระตุ้นด้วยแสงจะดูดซับพลังงานเท่ากับหรือมากกว่าแถบช่องว่างพลังงานทำให้อิเล็กตรอนในแถบเวเลนซ์ถูกกระตุ้นและจะกระโดดขึ้นไปอยู่ในแถบการนำส่งผลให้ในแถบเวเลนซ์เกิดหลุมประจุบวก (Hole, h^+) ขึ้น เมื่อหลุมประจุบวกสัมผัสกับความชื้นหรือน้ำจะก่อให้เกิดไฮดรอกซิลเรดิคัล (Hydroxyl radical, $OH\cdot$) และซูเปอร์ออกไซด์เรดิคัลแอนไอออน (Superoxideradical anions, O_2^-) ปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นแสดงดังสมการที่ (1) - (3) (Hashimoto et al., 2005; Zaleska, 2008) โดยไฮดรอกซิลเรดิคัลและซูเปอร์ออกไซด์เรดิคัลแอนไอออนเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ดี และสามารถเกิดปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ทำให้เกิดการสลายตัวได้จากสมบัติโฟโตแคตะไลติกที่ดีของไททาเนียมไดออกไซด์ กลไกของปฏิกิริยาโฟโตแคตะไลติกของไททาเนียมไดออกไซด์แสดงดังภาพที่ 2.6



รูปที่ 2.6 กลไกของปฏิกิริยาโฟโตแคตะไลติกของไททาเนียมไดออกไซด์

ปัจจัย ที่มา : http://www.euroxmt.com/2009/12/photocatalysis_3569.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
- 2) ความเข้มข้นของอนุภาคโตะทาเนียมไดออกไซด์
- 3) อุณหภูมิ
- 4) ปริมาณออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen)
- 5) ความเข้มของแสง (light intensity)

2.11 การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water absorption test) [18]

การดูดซึมน้ำ หมายถึง ปรากฏการณ์หรือกระบวนการที่พลังงานหรือมวล ปริมาณหนึ่ง ๆ เข้าแทรกหรือละลายเข้าไปอยู่ภายในปริมาตรของพลังงานหรือมวลในอีก ปริมาณหนึ่ง โดยสสารที่ถูกดูดซึมน้ำ จะเรียกว่า สารถูกดูดซึม (Absorbate) ส่วนสสารที่ทำหน้าที่ เป็นตัวดูดซึมจะเรียกว่า สารดูดซึม (Absorbent) เช่น การดูดซึมน้ำ ของกระดาษชำระ การละลายคลอรีนในน้ำ เป็นต้น โดยเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ สามารถคำนวณได้จากมวลของน้ำที่ขึ้นทดสอบดูดซึมน้ำไว้หารด้วยน้ำหนักของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ ตามมาตรฐาน ASTM D570-98 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ คำนวณได้ตามสมการที่ 2.1

$$\% \text{การดูดซึมน้ำ} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100 \quad (2.1)$$

เมื่อ

$$W_0 = \text{น้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนทดสอบดูดซึมน้ำ (กรัม)}$$

$$W_1 = \text{น้ำหนักชิ้นทดสอบหลังทดสอบดูดซึมน้ำ (กรัม)}$$

2.12 เทคนิค FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) [21] [22]

เทคนิค FT-IR Spectroscopy ย่อมาจาก Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) เป็นเทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด (Infrared light) ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่สามารถบอกหมู่ฟังก์ชันคร่าว ๆ ในสารที่ไม่ทราบว่าเป็นสารอะไรได้ โดยเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลในตัวเครื่อง เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่ยิยมใช้ในการตรวจยืนยันเอกลักษณ์ของสาร ข้อดีคือเป็นเทคนิคที่สามารถตรวจวัดสารที่มีความเป็นฟลูออเรสเซนต์ได้ดี มีความรวดเร็วในการออกผล และถูกต้อง แม่นยำ แต่เป็นเทคนิคที่ต้องสัมผัสสารโดยตรง นิยมใช้ในการตรวจสารเสพติด สารระเบิด สารตั้งต้น ฯลฯ

Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์วัสดุที่เป็นสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ เพื่อตรวจวิเคราะห์หาโครงสร้างและองค์ประกอบของโมเลกุลร่วมกับเทคนิคอื่น โดยอาศัยหลักการของการดูดกลืนคลื่นรังสีช่วงกลางอินฟราเรด (Middle infrared region) ประมาณ $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ เมื่อโมเลกุลได้รับพลังงานจากคลื่นรังสีอินฟราเรดที่มีความถี่ตรงกับความถี่ของการสั่น (Stretching) หรือการหมุน (Bending) ของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุล จะทำให้โมเลกุลดังกล่าวเกิดการดูดกลืนแสง และมีการเปลี่ยนแปลงค่าโมเมนต์ขั้วคู่ (Dipole moment) ของโมเลกุล จากนั้นเครื่องมือจะวัดค่าความเข้มแสงต่อความถี่หรือความยาวไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่น (Wave number) ได้ผลเป็นสเปกตรัม ซึ่งในแต่ละพันธะของหมู่ฟังก์ชันจะแสดงค่าความยาวคลื่นเฉพาะต่างกัน ตัวอย่างการประยุกต์ใช้

- 1) การประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมด้านวัสดุศาสตร์ เช่น ช่วยจำแนกชนิดของพอลิเมอร์
- 2) การวิเคราะห์การวิเคราะห์องค์ประกอบของโครงสร้างสารจากธรรมชาติหรือที่สังเคราะห์ขึ้น

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โสภิตา วิศาลศักดิ์กุล [12] ศึกษาการพัฒนาบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งเมล็ดขนุน สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา เมล็ดขนุนเป็นวัตถุดิบทางเกษตรกรรมที่เหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก และนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมน้อย เมล็ดขนุนมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก จึงนำมาสกัดแล้วผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพที่ได้จากแป้งเมล็ดขนุน พลาสติกชีวภาพจากแป้งเมล็ดขนุนที่มีปริมาณกลีเซอรินร้อยละ 50 ของน้ำหนักแป้งเมล็ดขนุน มีความเหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพจากแป้งเมล็ดขนุนมากที่สุด

ดารารัตน์ นาคละอ และคณะ [13] ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของแป้งเมล็ดขนุนโดยวิธีการพรีเจลาทีไนซ์ ขนุน ถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ขนุนอบแห้ง ขนุนในน้ำเชื่อม เป็นต้น ทำให้เมล็ดขนุนซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการแปรรูปและบริโภคขนุนมีปริมาณมาก แต่การใช้ประโยชน์จากเมล็ดขนุนยังมีน้อย ดังนั้นควรมีการนำเมล็ดขนุนมาผลิตเป็นแป้งเพื่อช่วยเพิ่มมูลค่า และลดการสูญเสียผลผลิตทางการเกษตรอีกด้วย การเตรียมแป้งดิบจากเมล็ดขนุน โดยนำเมล็ดขนุนมาล้างทำความสะอาด นำไปต้มในน้ำเดือด หั่นเป็นแผ่นบาง แล้วนำไปอบให้แห้งในเครื่องอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นบดด้วย Ultracentrifugal Mill แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 ไมโครเมตร บรรจุแป้งที่ได้ในถุงพลาสติกและปิดผนึกแบบสุญญากาศ

Diana Gómez-Heincke และคณะ [14] ศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติทางกลและการดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพจากโปรตีน 2 ชนิด คือ โปรตีนจากข้าวสาลีและโปรตีนจากมันฝรั่ง โปรตีนทั้งสองชนิดมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่า 50% โดยน้ำหนัก โปรตีนจากมันฝรั่งมีการดูดซึมน้ำต่ำสุด และโปรตีนจากมันฝรั่งอาจมีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับความหนืดและยืดหยุ่นของพลาสติกชีวภาพ

อณณพ รักรัตน์ [15] ศึกษาผลของสารเบนโซฟีโนนที่มีต่อการสลายตัวทางแสงของฟิล์มระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำและแป้งมันสำปะหลัง การทดสอบการย่อยสลายได้ของฟิล์มพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ ทำได้โดยนำชิ้นงานที่ขึ้นรูปแล้วไปฉายแสงยูวีและฝังดิน ในส่วนของชิ้นงานที่นำไปฉายแสงยูวี ทำโดยการใช้หลอดยูวี 9 วัตต์ ฉายแสงวันละ 12 ชั่วโมง เป็นเวลา 4 เดือน พบว่า สารเบนโซฟีโนนช่วยเร่งการสลายตัวภายใต้แสงยูวี ทำให้สมบัติเชิงกลของฟิล์มลดลงอย่างมาก และทำให้เกิดหมู่คาร์บอนิลเพิ่มขึ้น โดยสูตรที่ผสมแป้งสำปะหลังเกิดพิกคาร์บอนิลที่เด่นชัดที่ $1,640 - 1,650 \text{ cm}^{-1}$ แต่ฟิล์มที่นำไปฝังดินไม่เกิดหมู่คาร์บอนิลเกิดขึ้นเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชลลดา ฤตวิรุฬห์ [16] ศึกษาความสามารถในการย่อยสลายของฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ที่ย่อยสลายได้ด้วยแสง ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) การศึกษาการย่อยสลายของฟิล์มภายใต้แสงยูวีเอ (UVA) ใช้หลอด 40 วัตต์ ด้วยตู้ฉายแสง เป็นเวลา 200 ชั่วโมง นำฟิล์มไปวิเคราะห์ค่าดัชนีคาร์บอนิล (C.I.) ด้วยเทคนิคการตรวจวิเคราะห์การดูดกลืนแสงรังสีอินฟราเรด (FT-IR) พบว่า เมื่อเวลานานขึ้นทำให้เกิดพีคคาร์บอนิลที่ตำแหน่ง $1,710 \text{ cm}^{-1}$ ในสายโซ่ LDPE ขึ้น เนื่องจากฟิล์มถูกฉายแสง UVA ทำให้ TiO_2 ดูดกลืนพลังงานแสง เกิดเป็นอิเล็กตรอนอิสระและโฮล ออกมาทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เกิดการสร้างสปีชีส์ได้ซูปเปอร์ออกซิเจน แอนไอออนเรดิคัล ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำ เกิดเป็นไฮดรอกซิลเรดิคัล มีความว่องไวและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับไฮโดรคาร์บอนในสายโซ่ของฟิล์ม LDPE จึงทำให้เกิดการขาดของสายโซ่ของฟิล์ม LDPE

กัลทิมา เขาว์ชาญชัยกุล และวัลลภ หาญณรงค์ชัย [17] ศึกษาการผลิตวัสดุดูดซับเสียงจากวัสดุผสมยางโพลีเอทิลีนและเส้นใยธรรมชาติ การปรับปรุงผิวเส้นใยธรรมชาติ โดยปรับปรุงผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) สำหรับเส้นใยชานอ้อย ความเข้มข้นที่ 10% โดยน้ำหนัก และใช้เวลาปรับปรุงผิว 30 นาที เหมาะสมที่สุด

นที ฐานมั่น [18] ศึกษาการพัฒนาภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากลำต้นมันสำปะหลัง โดยใช้กระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนที่ อุณหภูมิเท่ากับ 150°C ความดันเท่ากับ 55 bar เป็นเวลา 15 นาที เพื่อผลิตภาชนะบรรจุย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากลำต้นมันสำปะหลัง ซึ่งทำการทดสอบความหนา การทดสอบความหนาแน่น การทดสอบการดูดซึมน้ำ การศึกษาลักษณะสัมมนาวิทยา การทดสอบทางความร้อน การทดสอบแรงดึง การทดสอบแรงตัดโค้ง และการทดสอบแรงกระแทก ในการทดสอบการดูดซึมน้ำนั้น ภาชนะที่ดูดซึมน้ำได้น้อยจะ มีความต้านทานน้ำได้มาก ภาชนะนั้นอาจจะสามารถทนทานต่ออาหารที่มีความชื้นได้ดี ในทางตรงกันข้ามภาชนะที่ดูดซึมน้ำได้มาก อาจจะทำให้ภาชนะดังกล่าวมีสมบัติที่ตกลงจนเกิดการเสียรูปก็เป็นได้ภาชนะย่อยสลายได้จากลำต้นมันสำปะหลังและหัวมันสำปะหลังสตัยยังมีข้อจำกัดอยู่บ้างด้านการต้านทานน้ำ แต่ก็มีสมบัติทางกลที่ดี ที่จะนำไปใช้แทนโพลีโพรพิลีนได้

Amir Nourbakhsh และ Mojgan Kouhpayehzadeh [19] ศึกษาสมบัติเชิงกลและการดูดซึมน้ำของคอมโพสิตโพรพิลีนที่เสริมด้วยเส้นใยเตรียมจากชานอ้อยและเส้นใยปืช พบว่าคอมโพสิตที่เสริมแรงด้วยเส้นใยชานอ้อยมีการดูดซึมน้ำสูงกว่าที่เสริมแรงด้วยเส้นใยต้นปืช เนื่องจากเส้นใยชานอ้อยมีขนาดสั้นและละเอียดกว่า ทำให้มีพื้นที่ผิวต่อหน่วยน้ำหนัก ที่สัมผัสกับน้ำมากกว่าเมื่อเทียบกับเส้นใยต้นปืช

วีระชัย แสงฉาย [20] ศึกษาสมบัติโฟโตแคตะไลติกของฟิล์มไทเทเนียมไดออกไซด์โติบิ เหล็กเคลือบบนใยแก้ว ทำการทดสอบการย่อยสลายสารเมทิลีนบลูของฟิล์มไทเทเนียมไดออกไซด์โติบิด้วยเหล็กเคลือบบนใยแก้วภายใต้แสงยูวีและแสงฟลูออเรสเซนต์ พบว่า ภายในระยะเวลา 6 ชั่วโมง ฟิล์มที่ถูกฉายแสงด้วยแสงยูวีให้ประสิทธิภาพปฏิกิริยาโฟโตแคตะติกในการย่อยสลายละลาย

เมทิลีนบลูมากกว่าถูกฉายแสงฟลูออเรสเซนต์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตู้อบ (CARBOLITE)
2. เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง
3. เครื่องปั่นละเอียด
4. Hot Plate
5. แม่พิมพ์อลูมิเนียม
6. กระดาษทดสอบค่า pH
7. แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์
8. บีกเกอร์
9. กรอบอกตวง
10. ซ้อนตักสาร
11. แท่งแก้ว
12. ถังมือยาง
13. ตู้ฉายแสง UV
14. หลอดไฟ
15. เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR)

3.2 วัตถุดิบและสารเคมี

1. แบงมันสำปะหลัง
2. เมล็ดขนุน พันธุ์เหลืองระยอง
3. กลิเซอริน
4. น้ำกลั่น
5. ชานอ้อย
6. โซเดียมไฮดรอกไซด์แบบเม็ด แบบผงความเข้มข้น 99% เกรดอุตสาหกรรม
7. ไทเทเนียมไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบสำหรับผลิตพลาสติกชีวภาพ

1) ทำการผลิตแป้งจากเมล็ดขนุน ดังแสดงในรูปที่ 3.1 - 3.5 และวิเคราะห์คุณภาพของแป้งเมล็ดขนุนโดยการหาค่าร้อยละผลผลิต (% yield) โดยคำนวณจากสมการที่ 3.1

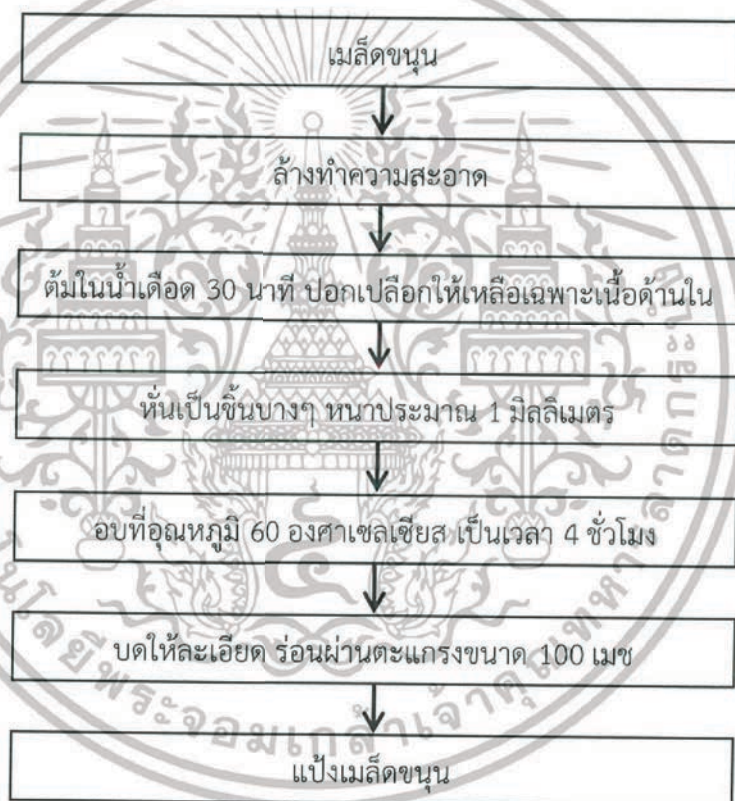
$$\text{ผลผลิตร้อยละ} = \frac{\text{ผลผลิตที่ได้จริง}}{\text{ผลผลิตตามทฤษฎี}} \times 100 \quad (3.1)$$

ผลผลิตจริง

คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลอง

ผลผลิตตามทฤษฎี

คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคำนวณตามสมการเคมี เกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์



รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตแป้งจากเมล็ดขนุน

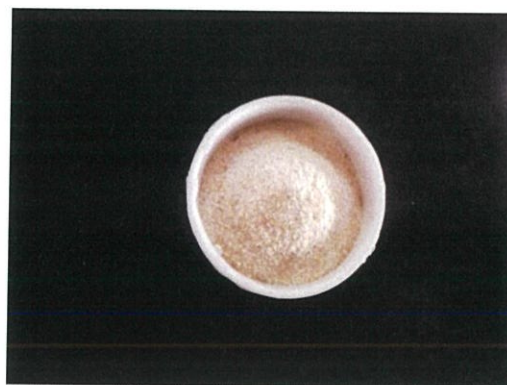


เอกสารประกอบการศึกษาเรื่อง การศึกษาสมบัติของพลาสติกชีวภาพจากการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งรูปที่ 3.2 เมล็ดขนุนดิบ และต้องอ้างอิงถึงรูปที่ 3.3 เมล็ดขนุนที่ผ่านการนำไปใช้

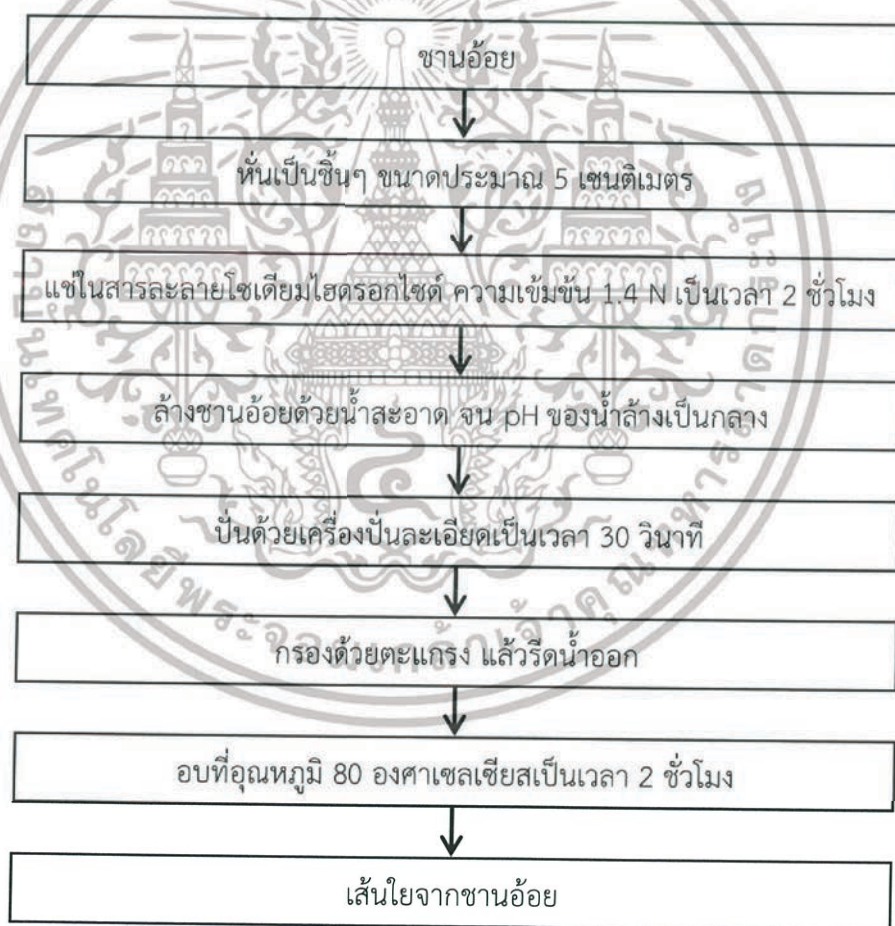


รูปที่ 3.4 เมล็ดขนุนอบ



รูปที่ 3.5 แป้งจากเมล็ดขนุน

2) ขั้นตอนการเตรียมเส้นใยจากชานอ้อย แสดงดังรูปที่ 3.6 - 3.10



รูปที่ 3.6 กระบวนการผลิตเส้นใยจากชานอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



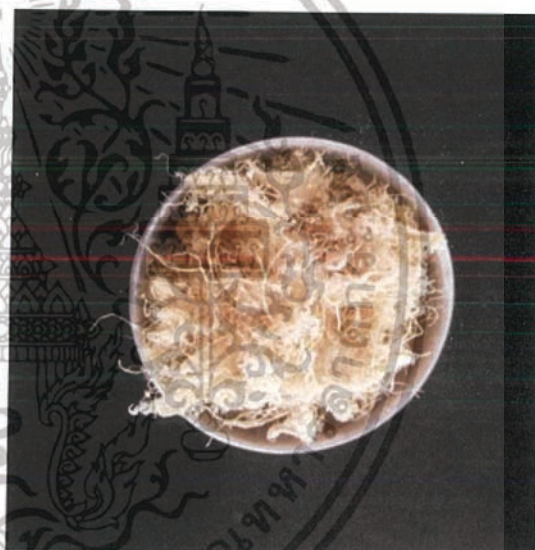
รูปที่ 3.7 ชานอ้อยแห้งขนาดประมาณ 5 ซม.



รูปที่ 3.8 แช่ชานอ้อยใน NaOH



รูปที่ 3.9 ปั่นด้วยเครื่องปั่นละเอียดเป็นเวลา 30 วินาที



รูปที่ 3.10 เส้นใยชานอ้อย

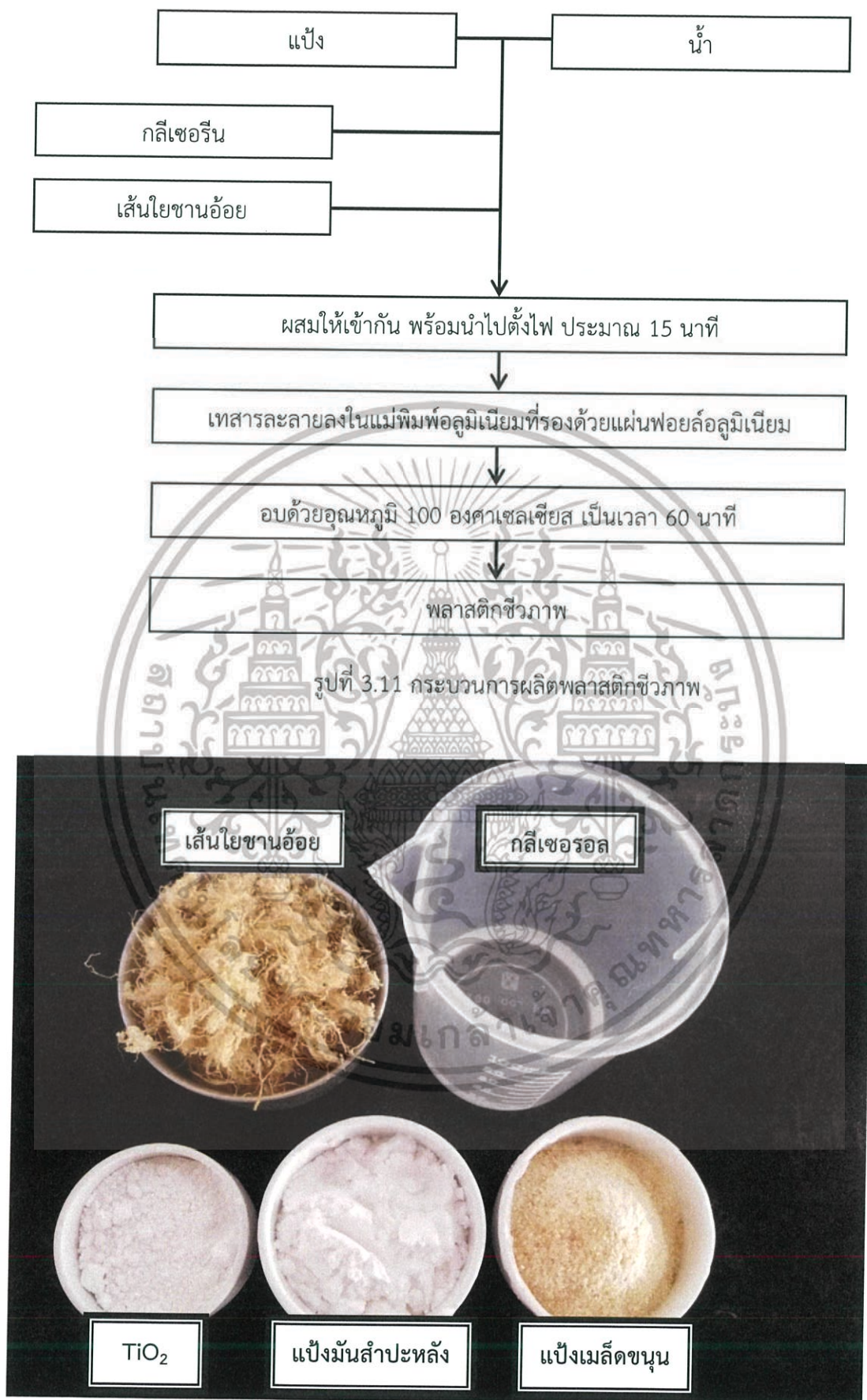
3.3.2 การศึกษาชนิดของแป้งในการผลิตพลาสติกชีวภาพที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำ

ทำการศึกษาโดยใช้แป้ง 2 ชนิด คือแป้งมันสำปะหลังและแป้งเมล็ดขนุน โดยทำการทดลองตามสูตร ดังแสดงในตารางที่ 3.1 จากนั้นนำมาทำเป็นพลาสติกชีวภาพตามกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 3.11 -3.15 และทดสอบการดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 3.1 ศึกษาชนิดของแป้งในการผลิตพลาสติกชีวภาพที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำ

สูตร	แป้งมันสำปะหลัง (%)	น้ำ (%)	กลีเซอริน (%)	เส้นใย (%)
1	7	83	3	7
	แป้งเมล็ดขนุน (%)	น้ำ (%)	กลีเซอริน (%)	เส้นใย (%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 วัตถุดิบในการผลิตพลาสติกชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ผสมให้เข้ากัน พร้อมนำไปตั้งไฟ
ประมาณ 15 นาที



รูปที่ 3.14 เทของผสมลงในแม่พิมพ์
อลูมิเนียมที่รองด้วยแผ่นฟอยล์อลูมิเนียม



รูปที่ 3.15 อบด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

ขั้นตอนการทดสอบการดูดซึมน้ำ ตามมาตรฐาน ASTM D570-98 แสดงดังรูปที่ 3.16-3.17

1. นำพลาสติกชีวภาพทั้ง 2 สูตร มาทดสอบการดูดซึมน้ำ ด้วยการอบไล่ความชื้น ที่อุณหภูมิ 50 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. ชั่งน้ำหนักพลาสติกชีวภาพก่อนการทดสอบการดูดซึมน้ำ จากนั้นนำพลาสติกชีวภาพไปแช่น้ำ กลั่น ให้ระดับน้ำกลั่นท่วมชิ้นงาน เป็นเวลา 120 ± 4 นาที
3. หยิบพลาสติกชีวภาพขึ้นจากน้ำ ซับน้ำออกจากพลาสติกชีวภาพด้วยกระดาษทิชชูและชั่งน้ำหนักทันที เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของแต่ละสูตรโดยคำนวณจากสมการที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\% \text{การดูดซึมน้ำ} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100 \quad (2.1)$$

เมื่อ W_0 = น้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนทดสอบดูดซึมน้ำ (กรัม)
 W_1 = น้ำหนักชิ้นทดสอบหลังทดสอบดูดซึมน้ำ (กรัม)



รูปที่ 3.16 พลาสติกชีวภาพแช่น้ำกลั่น



รูปที่ 3.17 ชั่งน้ำหนักพลาสติกชีวภาพก่อน-หลังทดสอบการดูดซึมน้ำ

3.3.3 การศึกษาอัตราส่วนของเส้นใยจากขานอ้อยในการผลิตพลาสติกชีวภาพให้มี

คุณภาพ

ทำการทดลองทั้งหมด โดยใช้อัตราส่วนของเส้นใยจากขานอ้อย ดังแสดงในตารางที่ 3.2 แล้วนำมาทำเป็นพลาสติกชีวภาพตามกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.11- 3.15

1. ผสมแป้งกับน้ำกลั่นในสัดส่วนตามสูตร คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน
2. นำไปตั้งไฟพร้อมกับเติมกลีเซอรอลและเส้นใยขานอ้อยในปริมาณที่กำหนดเป็นเวลา 15 นาที
3. เทสารละลายลงในแม่พิมพ์อลูมิเนียมที่รองด้วยแผ่นฟอยล์อลูมิเนียม
4. นำไปอบด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำซ้ำ ข้อ 1-4 แต่เปลี่ยนจากสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่ 2 และ 3
6. นำพลาสติกชีวภาพทั้ง 3 สูตร มาทดสอบการดูดซึมน้ำ (ตามมาตรฐาน ASTM D570-98) ด้วยการอบไล่ความชื้น ที่อุณหภูมิ 50 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
7. ชั่งน้ำหนักพลาสติกชีวภาพก่อนการทดสอบการดูดซึมน้ำ จากนั้นนำพลาสติกชีวภาพไปแช่น้ำกลั่น ให้ระดับน้ำกลั่นท่วมชิ้นงาน เป็นเวลา 120 ± 4 นาที
8. หยิบพลาสติกชีวภาพขึ้นจากน้ำ ชั่งน้ำหนักออกจากพลาสติกชีวภาพด้วยกระดาษชั่งและชั่งน้ำหนักทันที เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของแต่ละสูตร

ตารางที่ 3.2 ศึกษาอัตราส่วนของเส้นใยจากชานอ้อยในการผลิตพลาสติกชีวภาพให้มีคุณภาพ

สูตร	แป้ง(%)	น้ำ(%)	กลีเซอรอล(%)	เส้นใย(%)
1	6.94	83.30	2.78	6.94
2	6.49	77.90	2.59	12.98
3	6.09	73.17	2.43	18.29

3.3.4 การศึกษาปัจจัยของไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีผลต่อการย่อยสลายของผลิตพลาสติกชีวภาพ

นำพลาสติกชีวภาพมาวิเคราะห์หาดัชนีคาร์บอนิลหลังฉายแสง UV ไปแล้ว 40 ชั่วโมง โดยทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR เพื่อหาปริมาณหมู่คาร์บอนิลที่เกิดขึ้น (Carbonyl index or CI) เพื่อเปรียบเทียบระหว่างพลาสติกชีวภาพที่ไม่ผสม TiO_2 และพลาสติกชีวภาพที่ผสม TiO_2 โดยจะทำการทดลองทั้งหมด 2 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ศึกษาปัจจัยของไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีผลต่อการย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพ

สูตร	แป้ง	น้ำ	กลีเซอรอล	เส้นใยชานอ้อย	ไทเทเนียมไดออกไซด์
1	✓	✓	✓	✓	-
2	✓	✓	✓	✓	✓

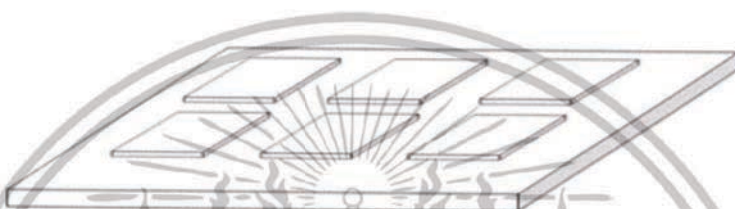
1. ผลิตพลาสติกชีวภาพตามสูตรที่เหมาะสมจากการทดลองตอนที่ 3.3.3 ใช้กระบวนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 3.18-3.19
2. ทดสอบการย่อยสลายโดยการ นำพลาสติกชีวภาพทั้ง 2 สูตรใส่ในตู้ฉายแสง UV (ที่สร้างขึ้น) ภายในมีหลอดไฟรังสี UV 500 วัตต์ จำนวน 1 หลอด ทำการฉายแสงเป็นเวลา 40 ชั่วโมง ดังแสดงในรูป 3.20-3.23
3. วิเคราะห์การย่อยสลายด้วยเทคนิค FT-IR และนำไปหาปริมาณดัชนีคาร์บอนิล (Carbonyl index or CI) โดยคำนวณจากสมการที่ 3.2 [15]

$$CI = [\log[100\% / T] / d] \quad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

%T = Transmittance

d = ความหนาชิ้นงาน (μm)

รูปที่ 3.18 ลักษณะการวางพลาสติกชีวภาพ



รูปที่ 3.19 ฉายแสง UV ด้วยตู้ฉายแสง UV

เป็นเวลา 40 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

จากการศึกษาการเตรียมวัตถุดิบ พบว่า การเตรียมแป้งที่ได้จากเมล็ดขนุน เป็นผงละเอียดไม่จับตัวเป็นก้อน มีสีเหลืองนวล มีกลิ่นตามธรรมชาติของขนุน ไม่มีกลิ่นอับหรือกลิ่นไม่พึงประสงค์ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 จากการคำนวณหาค่าร้อยละผลผลิตที่ได้ (% yield) พบว่า ได้ผลผลิตร้อยละ 39.4 ของน้ำหนักเมล็ดขนุนที่ผ่านการต้มและหั่นบาง ได้ผลผลิตสูงกว่าการศึกษาของ โสภิตา วิศาลศักดิ์กุล [12] ซึ่งมีค่าร้อยละผลผลิตที่ได้อยู่ที่ 21.25 และ ดารารัตน์ นาคละออ [13] ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 36.5 - 37.9 ซึ่งผลผลิตที่แตกต่างกันนี้ เนื่องจาก โสภิตา วิศาลศักดิ์กุล [12] และ ดารารัตน์ นาคละออ [13] คัดร้อยละผลผลิตของน้ำหนักเมล็ดขนุนสด และความแตกต่างของสายพันธ์ ความอ่อนแก่ของขนุน



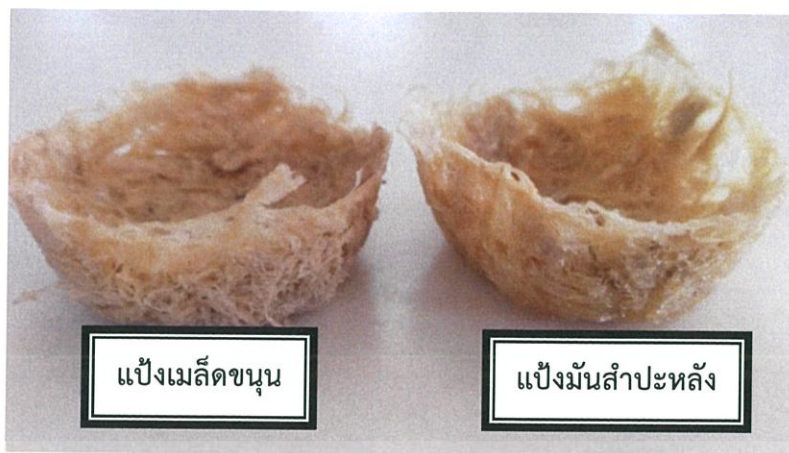
รูปที่ 4.1 แป้งจากเมล็ดขนุน

4.2 การขึ้นรูปพลาสติกชีวภาพ

1) การขึ้นรูปพลาสติกชีวภาพโดยใช้แป้ง 2 ชนิด มีอัตราส่วน แป้ง: เส้นใยชานอ้อย 1:1

จากการศึกษาการขึ้นรูปพลาสติกชีวภาพโดยใช้แป้ง 2 ชนิด แป้งมันสำปะหลังและแป้งเมล็ดขนุน ทำการขึ้นรูปตามกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 3.11 -3.15 พบว่า ลักษณะเนื้อของแป้งมันสำปะหลังมีลักษณะเป็นยาง มีความเหนียวคล้ายกาว ยืดหยุ่นและยืดเกาะกันเป็นก้อน ต่างจากแป้งจากเมล็ดขนุนจะมีลักษณะ นุ่ม ร่วน ไม่เกาะกันเป็นก้อน อีกทั้งแป้งมันสำปะหลังยังมีความหนืดมากกว่าแป้งเมล็ดขนุน ทำให้พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง ส่วนผสมยืดเกาะกันได้ดีกว่าพลาสติกชีวภาพเมล็ดขนุน ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งสอดคล้องกับ กล้าณรงค์ ศรีรอด [5] ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืด คือ ชนิดของแป้ง กระบวนการให้ความร้อน และปริมาณของแป้ง สำหรับแป้งจากส่วนราก (แป้งมันสำปะหลัง) มีความหนืดสูงกว่าแป้งจากธัญพืช (แป้งจากเมล็ดขนุน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 พลาสติกชีวภาพ

2) การขึ้นรูปพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง โดยมีอัตราส่วน แป้ง: เส้นใยชานอ้อย 1:1 1:2 และ 1:3

จากการศึกษาการขึ้นรูปพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง โดยมีอัตราส่วน แป้ง: เส้นใยชานอ้อย 1:1 1:2 และ 1:3 ทำการขึ้นรูปตามกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 3.11 -3.15 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยชานอ้อย จะทำให้สารที่ใช้ยึดเกาะมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะผสมผสานเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดช่องว่างของเส้นใยมาก ต่างจากการที่มีปริมาณเส้นใยน้อยจะให้สารยึดเกาะสามารถเข้าไปเติมเต็มได้ดีกว่า ส่งผลให้ อัตราส่วน แป้ง: เส้นใยชานอ้อย 1:3 มีความหนาและแข็งมากกว่า อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 แต่ อัตราส่วน 1:1 มีความเหนียวและยืดหยุ่นมากกว่า 1:2 และ 1:3 ดังแสดงในรูปที่ 4.3



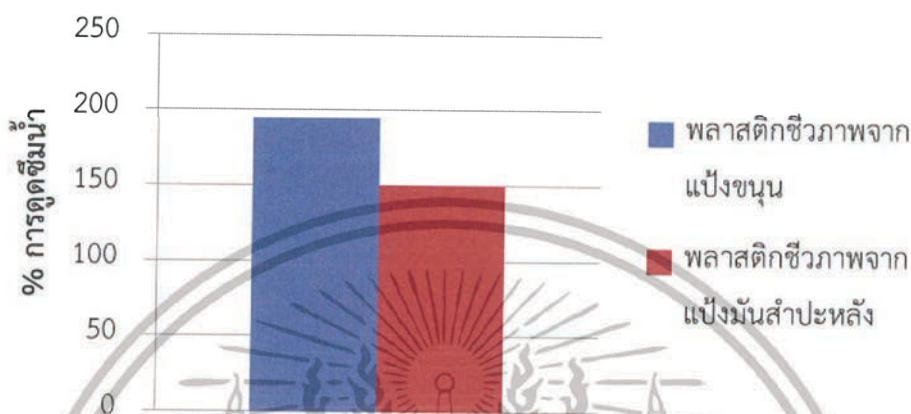
รูปที่ 4.3 พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังที่มีอัตราส่วนของ แป้ง: เส้นใยชานอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพโดยมีอัตราส่วน แป้ง: เส้นใยชานอ้อย 1:1

เมื่อนำพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งเมล็ดขนุน ที่ผ่านการอบขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที และนำไปทดสอบการดูดซึมน้ำ ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.4

การทดสอบดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพโดยมีอัตราส่วน
แป้ง:เส้นใยชานอ้อย 1:1



รูปที่ 4.4 การทดสอบดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพโดยมีอัตราส่วน แป้ง : เส้นใย

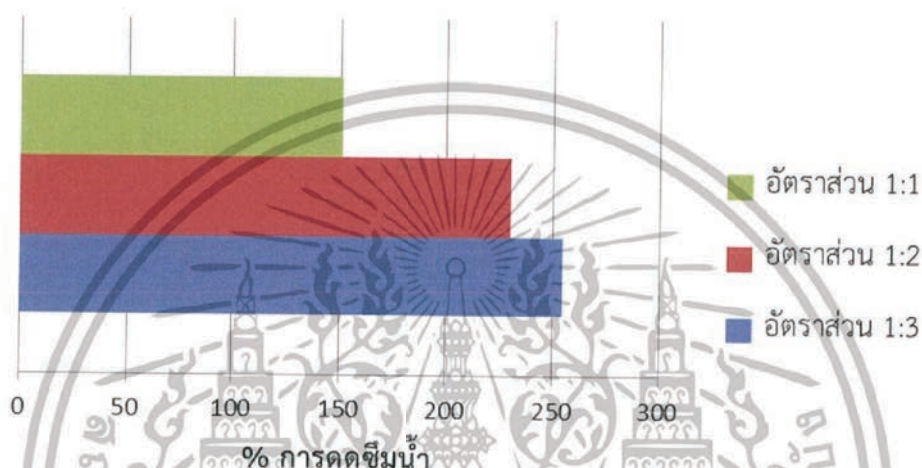
จากรูปที่ 4.4 พบว่า เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพแป้งขนุนและแป้งมันสำปะหลัง มีค่าเท่ากับ 194.7 และ 150.5 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งขนุนและแป้งมันสำปะหลัง เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพแป้งขนุนมีค่ามากกว่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพแป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากแป้งจากขนุนมีปริมาณอะมิโลสสูงประมาณ 28% แต่แป้งมันสำปะหลังมีปริมาณอะมิโลสต่ำประมาณ 20% ซึ่งแป้งที่มีปริมาณของอะมิโลสมากจะดูดซึมน้ำได้มากกว่าแป้งที่มีอะมิโลสต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับที่ ฐานมัน [18] พบว่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของถาดโคมแป้งมันสำปะหลัง หลังจากแช่น้ำเป็นเวลา 1 นาที จะมีค่าประมาณ 50% และสำหรับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของถาดโคมแป้งข้าวโพด หลังจากการแช่น้ำเป็นเวลา 1 นาที มีค่าประมาณ 95% ซึ่งแป้งข้าวโพดเป็นแป้งจากธัญพืชชนิดเดียวกับแป้งเมล็ดขนุน ซึ่งจากรายงานการวิจัยสามารถบ่งชี้ได้ว่า ค่าการดูดซึมน้ำนั้นจะมีค่าที่แตกต่างกันออกไปตามชนิดของวัตถุดิบที่นำมาทำเป็นแป้ง

4.4 การทดสอบดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง โดยมีอัตราส่วน

แป้ง: เส้นใยชานอ้อย 1:1 1:2 และ 1:3

เมื่อนำพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง ที่มีอัตราส่วนของแป้ง : เส้นใยจากชานอ้อย 1:1 1:2 และ 1:3 ไปทดสอบการดูดซึมน้ำ ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.5

การทดสอบดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง
โดยมีอัตราส่วน แป้ง:เส้นใยชานอ้อย

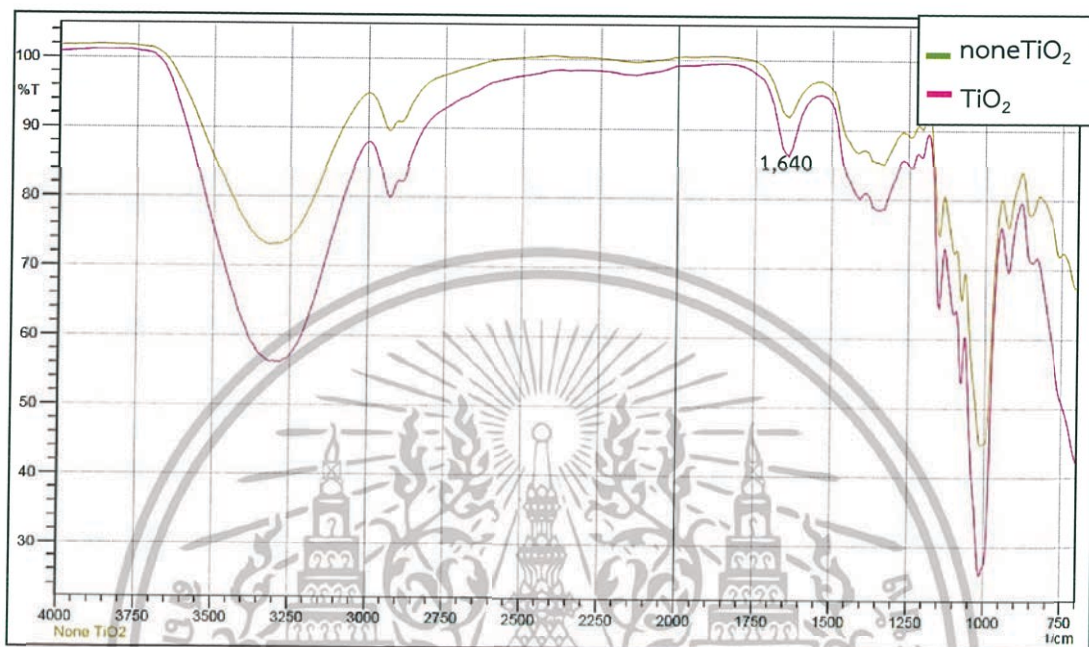


รูปที่ 4.5 การทดสอบดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง
อัตราส่วน แป้ง:เส้นใยชานอ้อย 1:1 1:2 และ 1:3

จากรูปที่ 4.5 พบว่า เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพที่มีอัตราส่วนของแป้ง : เส้นใยชานอ้อย 1:1 1:2 และ 1:3 มีค่าเท่ากับ 150.5 230.4 และ 254.4 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังที่มีอัตราส่วนของแป้ง : เส้นใยชานอ้อย 1:1 1:2 และ 1:3 ปริมาณเส้นใยชานอ้อยที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจาก ธรรมชาติของเส้นใยเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซึมน้ำสูง เนื่องจากมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นการเติมเส้นใยชานอ้อยเป็นส่วนผสมของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังมากขึ้น ส่งผลให้พลาสติกชีวภาพมีความสามารถในการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณเส้นใยที่เป็นส่วนผสม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Amir Nourbakhsh, Mojgan Kouhpayehzadeh [19] พบว่าวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยเส้นใยชานอ้อยมีการดูดซึมน้ำสูงกว่าที่เสริมแรงด้วยเส้นใยต้นปืช และสอดคล้องกับ นที ฐานมัน [18] และเมื่อลดปริมาณเส้นใยลงจะทำให้การดูดซึมน้ำลดลง เนื่องจากสารยึดเกาะจากหัวมันสำปะหลังสดจะเข้าไปเติมเต็มช่องว่างของเส้นใย ทำให้การแทรกซึมของน้ำเข้าไปขึ้นทดสอบยากขึ้น

4.5 การศึกษาปัจจัยของไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีผลต่อการย่อยสลายของผลิตพลาสติกชีวภาพ

นำพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังที่เตรียมได้ไปฉายแสง UV ด้วยตู้ฉายแสง UV เป็นเวลา 40 ชั่วโมง แล้ววิเคราะห์การย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้เทคนิค FT-IR พบว่า มีหมู่ฟังก์ชันคาร์บอนิลขึ้นที่พีค $1,640\text{ cm}^{-1}$ ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 สเปกตรัมของพลาสติกชีวภาพหลังฉายแสง UV 40 ชั่วโมง

จากรูปที่ 4.6 พบว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังมีหมู่ฟังก์ชันคาร์บอนิลขึ้น (ตำแหน่งพีค $1,640\text{ cm}^{-1}$) หลังจากฉายแสง UV พบว่า พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังที่ผสม TiO_2 มีค่าดัชนีคาร์บอนิลเท่ากับ 8.85×10^6 และพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังที่ไม่ได้ผสม TiO_2 มีค่าดัชนีคาร์บอนิลเท่ากับ 5.17×10^6 ค่าดัชนีคาร์บอนิลของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังที่ผสม TiO_2 มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังที่ไม่ได้ผสม TiO_2 เนื่องจากพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังถูกฉายแสง UV ทำให้ TiO_2 ที่ผสมอยู่ในพลาสติกนั้น ถูกกระตุ้นด้วยแสง และดูดกลืนพลังงานจากแสง UV ทำให้เกิดหลุมประจุบวก (Hole, h^+) ขึ้น เมื่อหลุมประจุบวกสัมผัสกับความชื้นหรือน้ำจะก่อให้เกิดไฮดรอกซิลเรดิคัล (Hydroxyl radical) และซูเปอร์ออกไซด์เรดิคัลแอนไอออน โดยไฮดรอกซิลเรดิคัลและซูเปอร์ออกไซด์เรดิคัลแอนไอออนเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ดี และสามารถเกิดปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ทำให้เกิดการสลายตัวได้ ซึ่งสอดคล้องกับ อัมณพ รักรัตน์ [15] พบว่าพอลิเมอร์ที่ผสมแป้งมันสำปะหลังจะแสดงพีคหมู่คาร์บอนิลที่ $1,640 - 1,650\text{ cm}^{-1}$ เป็นบริเวณที่เกิดหมู่ CH_2 bending ของสายโซ่พอลิเมอร์ และชลดา ฤตวิรุฬห์ [16] นำฟิล์มไปวิเคราะห์ค่าดัชนีคาร์บอนิล (C.I.) พบว่าเมื่อเวลาในการฉายแสงเพิ่มขึ้น ค่าดัชนีคาร์บอนิล ของ LDPE ที่ไม่มีการผสม TiO_2 มีค่าเพิ่มขึ้นน้อยกว่าเมื่อเทียบกับ LDPE ที่มีการเติม TiO_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

งานวิจัย เรื่อง บรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากเส้นใยชานอ้อยที่ย่อยสลายได้ด้วยแสงโดยใช้ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการเตรียมแป้งจากเมล็ดขนุน แป้งเมล็ดขนุนที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีเหลืองนวล มีกลิ่นตามธรรมชาติของเมล็ดขนุน ได้ผลผลิตร้อยละ 39.1 เมื่อนำแป้งเมล็ดขนุนที่ได้มาศึกษาชนิดของแป้งที่เหมาะสมในการผลิตพลาสติกชีวภาพ โดยมีแป้ง 2 ชนิด คือ แป้งจากเมล็ดขนุน และแป้งมันสำปะหลัง พบว่า แป้งมันสำปะหลังมีความเหมาะสมในนำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพมากที่สุด เนื่องจาก มีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ 150.5 ซึ่งน้อยกว่าแป้งจากเมล็ดขนุน มีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ 194.7

ผลการศึกษาอัตราส่วนของเส้นใยชานอ้อยในการผลิตพลาสติกชีวภาพให้มีคุณภาพทดสอบจากการดูดซึมน้ำ โดยกำหนดอัตราส่วน แป้ง: เส้นใยชานอ้อย 1:1 1:2 และ 1:3 มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ 150.5 230.4 และ 254.4 ตามลำดับ อัตราส่วนที่ดีที่สุดในการผลิตพลาสติกชีวภาพให้มีคุณภาพ คือ อัตราส่วนแป้ง: เส้นใยชานอ้อย 1:1 เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่น้อยกว่าอัตราส่วน 1:2 และ 1:3 ซึ่งตรงตามคุณสมบัติของพลาสติก

ผลการศึกษาการย่อยสลายของผลิตพลาสติกชีวภาพโดยใช้ TiO_2 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา มีการย่อยสลายได้ดีที่สุด มีค่าดัชนีคาร์บอนิล สูงกว่าพลาสติกชีวภาพที่ไม่ได้ผสม TiO_2 เป็นสารเร่งปฏิกิริยา มีค่าดัชนีคาร์บอนิล 8.85×10^6 และ 5.17×10^6 ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มวิธีการทดสอบพลาสติกชีวภาพให้หลากหลายมากขึ้น เช่น การทดสอบแรงดึง การทดสอบแรงอัด การทดสอบความแข็ง เป็นต้น
2. ควรศึกษาการขึ้นรูปพลาสติกชีวภาพให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น
3. ควรศึกษาการใช้สารเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่นแทนการใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์
4. ควรออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้มีรูปแบบที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2551). “ลดโลกร้อน” ด้วยตัวเรา. [Online]. <http://www.eppo.go.th/index.php/th/graphanalysis/item/6220-green-the-earth>. (สืบค้นวันที่: 24 ตุลาคม 2561).
- [2] วิจารณ์ สิมายา. (11 กันยายน 2561). แนวทางการบริหารจัดการขยะพลาสติก เพื่อส่งเสริมการใช้ พลาสติกอย่างยั่งยืนของประเทศไทยในอนาคต กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. [เว็บไซต์]. แหล่งที่มา: <http://www.tei.or.th/tbcسد/event/180911-tbcسد-VS.pdf>. (สืบค้นวันที่: 27 ตุลาคม 2561).
- [3] เคหการเกษตร. (3 พฤศจิกายน 2560). นาที่ทองของชนุนมาอีกแล้ว...จริงหรือ.[เว็บไซต์]. แหล่งที่มา: https://kehakaset.com/articles_details.php?view_item=594. (สืบค้นวันที่: 30 ตุลาคม 2561).
- [4] จุฬากานต์ บุญมี. (2555). พลาสติกชีวภาพ (Biodegradable plastics) ทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. วารสารสิ่งแวดล้อม, 16(2), 15-19.
- [5] กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. (2546). เทคโนโลยีของแป้ง. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [6] สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม. การพัฒนาขานอ้อย วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรสู่เส้นใยเซลลูโลสประดิษฐ์ ต่อยอดสู่เชิงพาณิชย์. [เว็บไซต์]. สืบค้นจาก <https://sites.google.com/a/thaitextile.org/textile-transformation-service/senychan-xyy>. (สืบค้นวันที่: 28 ตุลาคม 2561).
- [7] บริษัท บางจากไบโอฟิวเอล จำกัด. กลีเซอริน สารตั้งต้นขับเคลื่อนโลกอุตสาหกรรม. [เว็บไซต์]. สืบค้นจาก <http://www.bangchakbiofuel.co.th/products/glycerin/>. (สืบค้นวันที่: 28 ตุลาคม 2561).
- [8] เปรมปรีณ สงขลา. (2552). รวมกลยุทธ์ชุมชน. กรุงเทพฯ : เจริญรัฐการพิมพ์.
- [9] บริษัท นารายณ์แพค จำกัด. พลาสติกย่อยสลายได้. [เว็บไซต์]. สืบค้นจาก <http://www.naraipak.com/blog/detail/9#>. (สืบค้นวันที่: 30 ตุลาคม 2561)
- [10] บริษัท เวิลด์ เคมีคอล ฟาร์อีสท์ จำกัด. ไททานีอุมไดออกไซด์. [เว็บไซต์]. สืบค้นจาก <http://worldchemical.co.th/th/product-cate-1-เคมีภัณฑ์ทั่วไป/0.html>. (สืบค้นวันที่: 30 ตุลาคม 2561)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [11] สรรค์ จิตรไคร์ครวญ. การทำความสะอาดโดยตัวเร่งปฏิกิริยาทางแสงด้วยไททาเนียมไดออกไซด์. วารสารกรมวิทยาศาสตร์, 21-24.
- [12] โสภิตา วิชาลศักดิ์กุล. (2558). การพัฒนาบรรณภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งเมล็ดขนุนสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).
- [13] ดารารัตน์ นาคละอ อากาศ แสงนาค และ กุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์. (2554). การปรับปรุงคุณภาพของแป้งเมล็ดขนุนโดยวิธีการพรีเจลาทีไนซ์. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 16(1), 12-21.
- [14] Diana Gómez-Heincke, Inmaculada Martínez, Mats Stading, Crispulo Gallegos, Pedro Partal. "Improvement of mechanical and water absorption properties of plant protein based bioplastics". Journal of Food Hydrocolloids. Vol.73. pp.21-29. 2017.
- [15] อัญพร รักรัตน์. (2552). ผลของสารเบนโซฟีโนนที่มีต่อการสลายตัวของฟิล์มระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำและแป้งมันสำปะหลัง. (วิทยานิพนธ์ (วท.ม. (เทคโนโลยีพอลิเมอร์)), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง).
- [16] ชลลดา ฤตวิรุฬห์. (2558). การศึกษาสมบัติของฟิล์มย่อยสลายได้ด้วยแสงจาก LLDPE/ZnO. (รายงาน การวิจัยฉบับสมบูรณ์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง).
- [17] กัลทิมา เขาวาญชัยกุล และวัลลภ หาญณรงค์ชัย. (2558). การผลิตวัสดุดูดซับเสียงจากวัสดุผสมยางโพลีเอทิลีนและเส้นใยธรรมชาติ. (รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร).
- [18] นที ฐานมัน. (2557). การพัฒนาภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากลำต้นมันสำปะหลัง. (วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี).
- [19] Amir Nourbakhsh, Mojgan Kouhpayehzadeh. Mechanical Properties and Water Absorption of Fiber Reinforced Polypropylene Composites Prepared by Bagasse and Beech Fiber. pp. 653-657. 2009.
- [20] วีระชัย แสงฉาย. (2559). สมบัติโฟโตแคตะไลติกของฟิล์มไทเทเนียมไดออกไซด์ได้บเหล็กเคลือบบนใยแก้ว. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง. ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม 2559 – มิถุนายน 2559.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [21] HANDHELD FTIR SPECTROMETER. [Online].
<http://www.scispec.co.th/FTIR.html>. (สืบค้นวันที่: 7 มีนาคม 2562).
- [22] ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR). [Online]. <http://www.env.eng.chula.ac.th>. (สืบค้นวันที่: 7 มีนาคม 2562).
- [23] ประเภทของพลาสติกย่อยสลายได้. [เว็บไซต์]. สืบค้นจาก
https://www2.mtec.or.th/th/special/biodegradable_plastic/type_de_plas.htm
l. (สืบค้นวันที่: 7 มีนาคม 2562).



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
อุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ ก-1 ตู้อบ (CARBOLITE)



รูปที่ ก-2 ตู้ฉายแสง UV



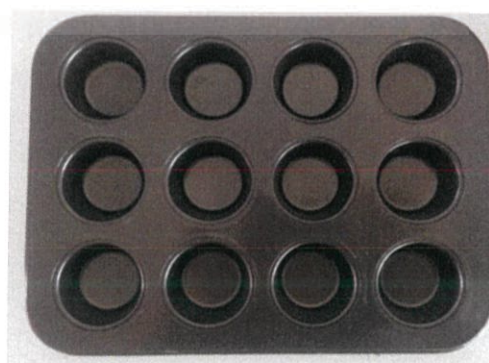
รูปที่ ก-3 เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง



รูปที่ ก-4 Hot Plate



รูปที่ ก-5 ปีกเกอร์ กระบอกตวง ข้อนตักสาร



รูปที่ ก-6 แม่พิมพ์อลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลผลการทดลอง

ตาราง ข-1 ค่าร้อยละผลผลิต (% yield) ของการเตรียมแป้งจากเมล็ดขนุน

ลำดับ	น้ำหนักเมล็ดขนุนต้ม (กรัม)	น้ำหนักเมล็ดขนุนหลังผ่านการอบ (กรัม)	ร้อยละผลผลิต (% yield)
1	230	90	39.1
2	220	90	40.1
3	210	80	38.0
เฉลี่ย			39.1

ตาราง ข-2 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งเมล็ดขนุน โดยมีอัตราส่วนของแป้ง : เส้นใยจากชานอ้อย 1:1

ลำดับ	น้ำหนักชิ้นทดสอบก่อน ทดสอบดูดซึมน้ำ (กรัม)	น้ำหนักชิ้นทดสอบหลัง ทดสอบดูดซึมน้ำ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)
1	2.5098	7.2812	190.11
2	2.3490	6.9440	195.62
3	2.4650	7.3597	198.57
เฉลี่ย			194.76

ตาราง ข-3 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง โดยมีอัตราส่วนของแป้ง : เส้นใยจากชานอ้อย 1:1

ลำดับ	น้ำหนักชิ้นทดสอบก่อน ทดสอบดูดซึมน้ำ (กรัม)	น้ำหนักชิ้นทดสอบหลัง ทดสอบดูดซึมน้ำ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)
1	1.9874	4.9002	146.56
2	2.0043	5.1563	157.26
3	1.9495	4.8301	147.76
เฉลี่ย			150.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-4 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง โดยมีอัตราส่วน
ของแป้ง : เส้นใยจากชานอ้อย 1:2

ลำดับ	น้ำหนักขึ้นทดสอบก่อน ทดสอบดูดซึมน้ำ (กรัม)	น้ำหนักขึ้นทดสอบหลัง ทดสอบดูดซึมน้ำ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)
1	3.1161	10.4318	234.77
2	3.1458	10.2464	225.72
3	3.1599	10.4530	230.80
เฉลี่ย			230.43

ตาราง ข-5 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของพลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง โดยมีอัตราส่วน
ของแป้ง : เส้นใยจากชานอ้อย 1:3

ลำดับ	น้ำหนักขึ้นทดสอบก่อน ทดสอบดูดซึมน้ำ (กรัม)	น้ำหนักขึ้นทดสอบหลัง ทดสอบดูดซึมน้ำ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)
1	3.8677	14.0721	263.84
2	4.2052	14.3924	242.25
3	4.3853	15.6609	257.12
เฉลี่ย			254.40

ตารางที่ ข-6 ผลการทดสอบค่าดัชนีคาร์บอนิล (Carbonyl index or CI) ของพลาสติกชีวภาพที่
ไม่ได้ ผสมTiO₂ และ พลาสติกชีวภาพที่ผสมTiO₂ หลังฉายแสง UV 40 ชั่วโมง

ลำดับ	ชนิดพลาสติกชีวภาพ	ค่าดัชนีคาร์บอนิล (Carbonyl index or CI)
1	ไม่ได้ผสมTiO ₂	5.17×10^{-6}
2	ผสมTiO ₂	8.85×10^{-6}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณ

1. การหาค่าร้อยละผลผลิต (% yield) คำนวณจากสมการ

$$\text{ผลผลิตร้อยละ} = \frac{\text{ผลผลิตที่ได้จริง}}{\text{ผลผลิตตามทฤษฎี}} \times 100$$

ผลผลิตจริง คือ ผลិតภัณฑ์ที่ได้จากการทดลอง

ผลผลิตตามทฤษฎี คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคำนวณตามสมการเคมี เกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์

ยกตัวอย่าง การหาค่าร้อยละผลผลิต (% yield) ของการเตรียมแป้งจากเมล็ดขนุน ครั้งที่ 1

น้ำหนักเมล็ดขนุนต้ม = 230 กรัม

น้ำหนักเมล็ดขนุนหลังผ่านการอบ = 90 กรัม

ผลผลิตร้อยละ = $\frac{90}{230} \times 100$

$$= \frac{90}{230} \times 100 = 39.1 \%$$

2. การหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%) คำนวณจากสมการ

$$\% \text{การดูดซึมน้ำ} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100 \quad (2.1)$$

เมื่อ W_0 = น้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนทดสอบดูดซึมน้ำ (กรัม)

W_1 = น้ำหนักชิ้นทดสอบหลังทดสอบดูดซึมน้ำ (กรัม)

ยกตัวอย่าง การหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%) ของพลาสติกชีวภาพจากแป้งเมล็ดขนุน โดยมี

อัตราส่วนของแป้ง : เส้นใยจากชานอ้อย 1:1 ครั้งที่ 1

น้ำหนักก่อนทดสอบดูดซึมน้ำ = 2.5098 กรัม

น้ำหนักหลังทดสอบดูดซึมน้ำ = 7.2812 กรัม

%การดูดซึมน้ำ = $\frac{2.5098 \text{ กรัม} - 7.2812 \text{ กรัม}}{7.2812 \text{ กรัม}} \times 100$

$= \frac{2.5098 \text{ กรัม} - 7.2812 \text{ กรัม}}{7.2812 \text{ กรัม}} \times 100$

$= 190.11 \%$

3. การหาค่าดัชนีคาร์บอนิล (Carbonyl index or CI) โดยคำนวณจากสมการที่ 3.2 [15]

$$CI = [\log[100\% / T] / d] \quad (3.2)$$

เมื่อ

%T = Transmittance

d = ความหนาชิ้นงาน (μm)

ยกตัวอย่าง การหาค่าดัชนีคาร์บอนิล (Carbonyl index or CI) ของพลาสติกชีวภาพที่ไม่ได้ผสม TiO_2 หลังฉายแสง UV ไปแล้ว 40 ชั่วโมง

$$\%T = 92$$

$$d = 7000 \mu\text{m}$$

$$CI = [\log [100/92]/7000]$$

$$= 5.17 \times 10^{-6}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้