

กระบวนการผสมและวิเคราะห์เส้นใยกล้วยกับพอลิแลกติกแอซิดคอมโพสิต
Processing and Characterization of Banana Fibers and Polylactic Acid
Composites

ปริญญาานิพนธ์
ของ

จิระวัฒน์ ขานมา 54010372007
สมหมาย เชื่อมรัมย์ 54010372013

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม



คณะกรรมการสอบปริญญาโท ได้พิจารณาปริญญาโทฉบับนี้แล้วเห็นสมควรรับเป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต ของ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบปริญญาโท

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป)

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดสาคร อินธิเดช)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ยศฐา ศรีเทพ)

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

มหาวิทยาลัยมหาสารคามได้อนุมัติให้รับปริญญาโทฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บพิช บุปผโชติ)

หัวหน้าสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร. ยศฐา ศรีเทพ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำในเรื่องต่างๆ อย่างดียิ่ง

ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป อาจารย์คุมสอบปริญญานิพนธ์

ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุตสาคร อินธิเดช อาจารย์คุมสอบปริญญานิพนธ์

ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยอดธง ไบมาก อาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ยืมเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ และช่วยแนะนำการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ เป็นอย่างดี

ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยมหาสารคามและคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือเรื่องงบประมาณและสถานที่ในการจัดทำปริญญานิพนธ์นี้

จิระวัฒน์ ขานมา
สมหมาย เชื้อมรัมย์

ชื่อเรื่อง	กระบวนการผสมและวิเคราะห์เส้นใยกล้วยกับพอลิแลกติกแอซิดคอมโพสิต
ผู้วิจัย	นายจิระวัฒน์ ขานมา นายสมหมาย เชื้อมรัมย์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. ยศฐา ศรีเทพ
ปริญญา	วศ.บ. สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่พิมพ์ 2557

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของกระบวนการผสมและวิเคราะห์เส้นใยกล้วยด้วยการล้างโซเลน (3-Aps) กับพอลิแลกติกแอซิด(PLA)คอมโพสิต มาผสมกับใยกล้วย 10 เปอร์เซ็นต์และ 20 เปอร์เซ็นต์ ทำการผสมที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องผสมภายในและขึ้นรูปโดยกระบวนการอัด จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้ไปทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลและทางความร้อน พบว่า เมื่อผสมเส้นใยกล้วยเข้าไปในพลาสติก PLA จะช่วยเพิ่มค่ามอดูลัสให้พลาสติกแต่จะลดค่าการทนแรงดึงและระยะยืด นอกจากนี้พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยที่ยังไม่ผ่านการล้างด้วยโซเลน 3-Aps การล้างโซเลนจะช่วยเพิ่มค่าการทนแรงดึงและค่ามอดูลัสได้มากกว่าซึ่งอาจเกิดจากการยึดเกาะของเส้นใยกับพลาสติก PLA ดีขึ้น ปริมาณที่เพิ่มขึ้นยังทำให้ความหนืดและการดูดซึมของน้ำเพิ่มขึ้นด้วย ท้ายที่สุดปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้นทำให้การสลายตัวทางความร้อนของพลาสติก PLA เร็วขึ้น

TITLE	Processing and Characterization of Banana Fiber and Polylactic Acid Composites
AUTHOR	Mr. Sommai Chuamram Mr. Jirawat Khanma
ADVISOR	Dr. Yottha Srithep
DEGREE	B.Eng. (Manufacturing Engineering)
UNIVERSITY	Maharakham University YEAR 2015

Abstract

This senior project aims to study the effect of the banana fiber (BF:10 and 20%) and the coupling agent 3-aminopropyltriethoxysilane on the mechanical and thermal properties of Polylactic acid (PLA). Melt blending of PLA and BF was performed in an internal mixer and the blend materials were then compressed by a compression molding machine. It was found that increasing the BF content increased the modulus of elasticity but decreased the tensile strengths and elongation at break of the PLA/BF biocomposites. Moreover, the tensile strengths and modulus of elasticity of the PLA/BF biocomposites were enhanced by the presence of 3-APS, which can be attributed to a stronger filler-matrix interaction. Besides, increasing fiber content provided higher viscosity and water absorption. Finally, at a higher fiber content, it also led to greater thermal degradation of the PLA matrix.

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
ขอบเขตของการศึกษา.....	2
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	2
สถานที่.....	2
ระยะเวลาในการศึกษา.....	3
งบประมาณ.....	3
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
ประวัติพลาสติก.....	4
พลาสติกชีวภาพ.....	5
ปัญหาพิษในสิ่งแวดล้อม.....	5
ประเภทของพลาสติกย่อยสลายได้.....	6
พลาสติกชีวภาพที่สำคัญ มี 2 ชนิด คือ.....	7
คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของ PLA.....	9
ผลกระทบด้านบวกต่อสภาวะแวดล้อม (ข้อดี).....	9
ผลกระทบด้านลบต่อสภาวะแวดล้อม (ข้อเสีย).....	10
นิยามของคอมโพสิต.....	12
Thermogravimetric Analysis (TGA).....	16
ประวัติความเป็นมาของต้นกล้วย.....	17
3 วิธีการดำเนินการศึกษา	
การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
การออกแบบการทดลอง.....	26
การเตรียมวัตถุดิบ.....	27
ขั้นตอนการขึ้นรูป.....	30
ขั้นตอนการทดสอบ TGA.....	31
ขั้นตอนการทดสอบการดูดซึมน้ำของพลาสติก.....	32
ขั้นตอนการทดสอบความหนืดของพลาสติก.....	32
ขั้นตอนการทดสอบความหนาแน่นของพลาสติก.....	34

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการศึกษางานวิจัย	
การทำ Tensile Test.....	35
ผลการทดสอบ TGA (Thermo Gravimetric Analysis).....	38
การทดสอบค่าความหนืดของพลาสติก	39
การทดสอบการดูดซึมน้ำของพลาสติก.....	40
การทดสอบความหนาแน่นของพลาสติก.....	41
5 สรุปผลการศึกษา	
สรุปผลการศึกษา.....	42
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก ก.....	44
ประวัติผู้วิจัย	46

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ตารางระยะเวลาในการศึกษา.....	3
2 ตารางค่าความหนืดของพลาสติก.....	39
3 ตารางค่าการดูดซึมน้ำของพลาสติก.....	40
4 ตารางค่าความหนาแน่นของพลาสติก.....	41

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากพลาสติก.....	5
2 วัสดุธรรมชาติที่สามารถนำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพ.....	6
3 ขั้นตอนการผลิต PLA และการนำกลับมาใช้ใหม่.....	8
4 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพลาสติก PLA.....	8
5 โมเลกุลของ PHB.....	9
6 ผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก โฟเบอร์กลาส.....	12
7 แสดงลักษณะแรงดึงที่กระทำต่อคอมโพลิต.....	13
8 แสดงลักษณะคอมโพลิตที่ได้รับแรงกดอัด.....	13
9 ลักษณะแรงที่กระทำต่อคอมโพลิตมีทิศทางตรงข้ามกัน.....	14
10 ลักษณะของแรงที่กระทำกับวัตถุมีลักษณะผสมของแรงดึง.....	15
11 ลักษณะต่างๆของเฟสที่กระจายตัว.....	15
12 เทอร์โมแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย TGA.....	16
13 ขั้นตอนการทำใยกล้วย.....	19
14 แสดงขั้นตอนการทำงานก่อนเข้าเครื่องผลิต.....	20
15 ชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องอัด.....	21
16 เส้นโค้งความเค้น-ความเครียด.....	22
17 เครื่องทดสอบแรงดึง.....	23
18 ขั้นตอนดำเนินการ.....	25
19 เครื่อง Internal Mixer.....	27
20 อุปกรณ์ล้างเส้นใย.....	27
21 ขั้นตอนการนำเส้นใยแช่ไว้ในสาร.....	28
22 ขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเส้นใย.....	28
23 ขั้นตอนตรวจสอบค่า pH ของน้ำ.....	28
24 เส้นใยที่ล้างเสร็จแล้วมาตาก และ นำไปอบไล่ความชื้น.....	28
25 ขั้นตอนการอบไล่ความชื้น.....	29
26 เครื่องบดพลาสติก และการบดพลาสติก.....	29
27 เครื่องอัดแบบอัตโนมัติที่ใช้ในการอัดขึ้นงานทรงแบนและวัสดุที่จะนำมาทำการกดอัด.....	30
28 แม่พิมพ์ของแผ่นทดสอบแรงดึง.....	30
29 ชิ้นงานที่จะนำไปทดสอบสมบัติทางกล.....	31
30 การทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นงาน.....	31
31 การทดสอบความต้านทานแรงดึงของชิ้นงาน.....	31
32 การชั่งชิ้นงานก่อนนำไปแช่น้ำ.....	32

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
33 ขั้นตอนการวัดค่าความหนืดของพลาสติก	33
34 หน้าจอแสดงผลเครื่องวัดค่าความหนืดของพลาสติก.....	33
35 การชั่งน้ำหนักโดย อากาศ และ ไนน้ำ	34
36 กราฟ แสดงความแข็งแรงของพลาสติก	35
37 กราฟ แสดงความต้านทานแรงดึงของพลาสติก	35
38 กราฟ แสดงระยะการยืดของพลาสติก.....	36
39 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อช่วงของอุณหภูมิของพลาสติก.....	38
40 แผนภูมิค่าความหนืดของพลาสติก.....	39
41 แผนภูมิแสดงค่าการดูดซึมน้ำของพลาสติก.....	40
42 แผนภูมิแสดงความหนาแน่นของพลาสติก	41
43 กระดาษทดสอบค่าpH.....	45
44 ค่าการเปรียบเทียบระดับสีของกระดาษทดสอบค่า pH.....	45

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาขยะจำพวกพลาสติกเพิ่มมากขึ้นทุกวัน โดยขยะเหล่านี้ส่วนใหญ่ถูกทิ้งจากแหล่งชุมชน พลาสติกบางประเภทย่อยสลายยาก ซึ่งทำให้ส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมได้ เช่น การส่งกลิ่นเหม็นของขยะที่เก็บไว้เป็นเวลานานและสถานที่ในการทิ้งไม่เพียงพอ นอกจากนี้การกำจัดขยะจำพวกพลาสติกบางวิธีไม่เหมาะสม เช่น การเผาซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหามลภาวะขึ้นได้ พลาสติกเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่มีลักษณะและสมบัติที่แตกต่างกันไปตามองค์ประกอบและโครงสร้างของพอลิเมอร์ ความสามารถในการละลายในตัวทำละลายขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลาย พลาสติกละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ประเภทไฮโดรคาร์บอน เช่น เฮกเซน โทลูอีน ไซลีน ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ภาชนะพลาสติกบรรจุสารละลายเหล่านี้ สมบัติอีกประการหนึ่งของพลาสติกคือ การอ่อนตัว พลาสติกบางชนิดเมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัวหรือหลอมละลาย (Thermoplastic) เมื่ออุณหภูมิลดลงจะแข็งตัวถ้าให้ความร้อนอีกจะอ่อนตัวและสามารถทำให้กับเป็นรูปเดิมหรือเปลี่ยนเป็นรูปอื่นได้โดยสมบัติของพลาสติกคงเดิมแต่พลาสติกบางชนิดจะไม่หลอมเมื่อได้รับความร้อน

เส้นใย (Fibers) คือ พอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่มีโครงสร้างของโมเลกุลสามารถนำมาเป็นเส้นด้ายหรือเส้นใย จำแนกตามลักษณะการเกิดได้ดังนี้

เส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers) เป็นสิ่งที่มนุษย์รู้จักนำมาใช้ประโยชน์กันมาเป็นเวลานานแล้ว โดยเส้นใยธรรมชาติต่างๆ เหล่านี้เป็นพอลิเมอร์ที่มีอยู่ในพืชสัตว์และจากสินแร่ต่างๆ ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่นเส้นใยเซลลูโลสที่มีอยู่ในส่วนต่างๆ ของพืชได้แก่ ป่าน ปอ ลินิน ฝ้าย หนุ่น เส้นใยสับปะรด ไยมะพร้าว เป็นต้น เส้นใยโปรตีนซึ่งมาจากสัตว์ ได้แก่ ขนแกะ เส้นใยกล้วย และเส้นใยไหมซึ่งมาจากรังที่หุ้มตัวไหม

เส้นใยกล้วยเป็นเส้นใยสิ่งทอจากธรรมชาติที่มีในท้องถิ่นประเทศไทยจำนวนมากเส้นใยกล้วยมีสมบัติพิเศษคือเป็นเส้นที่มีความมันเงาสวยงาม สามารถนำไปปั่นผสมกับเส้นใยอื่นๆ และมีความแข็งแรงเป็นพิเศษด้วย การผลิตเส้นใยกล้วยเป็นการนำเอากากกล้วยจากบริเวณลำต้นมาพัฒนาเป็นเส้นใย กระบวนการผลิตจะนำกากกล้วยที่ได้มาเข้าเครื่องขูดเนื้อเยื่อกากกล้วย เพื่อนำเส้นใยไปผ่านกระบวนการทางเคมีสิ่งทอหลังจากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการผลิตเป็นเส้นด้ายแล้วนำไปทอเป็นผืนผ้า สำหรับความโดดเด่นของผ้าใยกล้วยคือการดูดซับน้ำได้ดีช่วยระบายอากาศและมีความทนทานดี เส้นใยกล้วยจะพบมากบริเวณลำต้นกล้วย รูปร่างของเส้นใยกล้วยตามความยาวจะประกอบด้วยกลุ่มของเส้นใยเล็กๆ เรียงแนวยาวของเส้นใยเป็นรูปทรงกรวยตอนปลายแหลมจัดอยู่ในประเภทเส้นใยสั้น ลักษณะตามขวางเป็นรูปรีเกือบกลมมีลูกแมนเห็นได้ชัดเจนผนังเซลล์ค่อนข้างบางเส้นใยค่อนข้างแข็งแรงและกระด้าง แต่เส้นใยกล้วยมีความมันคล้ายไหมมีความเหนียวสามารถต้านแรงดึงได้ดี

ทั้งนี้จึงได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการนำพลาสติก PLA ปรับปรุงสมบัติโดยการใช้เส้นใยกล้วย โดยการนำเส้นใยมาผสมกับพลาสติก PLA ในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์และ 20 เปอร์เซ็นต์ ผลที่ได้พบว่าสามารถได้พลาสติกที่มีสมบัติทางกลที่ดีขึ้น และเส้นใยธรรมชาติชนิดนี้สามารถเพิ่มอัตราการย่อยสลายได้ ซึ่งในงานโครงการนี้ได้มุ่งศึกษาในการพัฒนาพลาสติก PLA โดยการใช้ใยกล้วยทั้งนี้เพราะ เส้นใยธรรมชาติ สามารถช่วยเพิ่มสมบัติทางกลและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลาย ได้ดี การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษา 2 ตัวแปร นั่นคือเปอร์เซ็นต์เส้นใยกล้วยที่เติมลงไป และผลของการปรับปรุงพื้นผิว (Surface Treatment) ของเส้นใยส่งผลต่อสมบัติทางกลและโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของพลาสติก

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลของพลาสติก PLA กับใยกล้วย
- 1.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของแรงดึง ความแข็งแรงของพลาสติก PLA กับใยกล้วย
- 1.2.3 เพื่อทดสอบสมบัติทางกลของพลาสติก PLA ที่เติมกับเส้นใยกล้วย
- 1.2.4 เพื่อศึกษากระบวนการในการนำเอาวัสดุที่ได้จากธรรมชาติมาผสมกับพลาสติก PLA

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.3.1 ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลของพลาสติก PLA กับใยกล้วย
- 1.3.2 ทำการทดสอบคุณสมบัติของแรงดึงของพลาสติก PLA กับใยกล้วย
- 1.3.3 ศึกษาสมบัติทางกลของพลาสติก PLA เมื่อผสมกับเส้นใยกล้วย
- 1.3.4 ศึกษาสัณฐานวิทยาของพลาสติก PLA กับเส้นใยกล้วย
- 1.3.5 ศึกษาสมบัติทางความร้อนของพลาสติก PLA เมื่อผสมกับเส้นใยกล้วย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการผลิตชิ้นงานพลาสติกเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม
- 1.4.2 ได้พลาสติก PLA ที่ผสมเส้นใยกล้วยเข้าไปทำให้ได้สมบัติทางกลที่ดีขึ้น
- 1.4.3 เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้ชิ้นงานพลาสติก

1.5 สถานที่ดำเนินการศึกษา

- 1.5.1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- 1.5.2 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- 1.5.3 ห้องสมุด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

1.6 ระยะเวลาในการศึกษา

ตาราง 1 ระยะเวลาในการศึกษา

รายการ	ระยะเวลา									
	ภาคเรียนที่ 1/ 2556					ภาคเรียนที่ 2/ 2556				
	มี.ย	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1.ค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	←→									
2.ศึกษาการผสม Composite Materials			←→							
3.ทำการผสมPLA+ใย กล้วย				←→						
4.ทำการอัด ขึ้นรูป					←→					
5.ทดสอบความแข็งแรง และความยืดหยุ่นของ PLA + ใยกล้วย						←→				
6.ศึกษาลักษณะทาง กายภาพของ PLA						←→				
7.วิเคราะห์ข้อมูลและ สรุปผล							←→			
8.จัดทำรูปเล่มปริญา นิพนธ์								←→		

1.7 งบประมาณ

ค่าเส้นใย	500	บาท
สารเคมีสำหรับ PLA	500	บาท
ค่าสารเคมีสำหรับล้างเส้นใย silane	500	บาท
ค่าเครื่องมือวิเคราะห์	4,000	บาท
ค่าวัสดุสำหรับการทดลอง	3,500	บาท
รวม	10,000	บาท

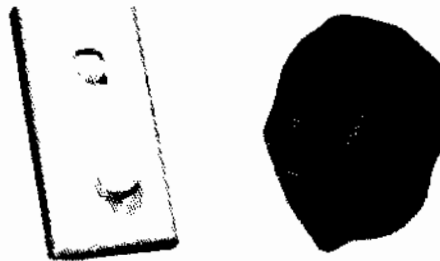
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติพลาสติก

พลาสติกทั่วไปที่เราคุ้นเคยและใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ได้ถูกสังเคราะห์ขึ้นด้วยฝีมือมนุษย์ ในช่วงร้อยกว่าปีที่ผ่านมาเนื่องสำหรับการใช้งานในด้านต่างๆ เช่นบรรจุภัณฑ์ อุปกรณ์ของใช้และเครื่องมือต่างๆ หากเราจะย้อนกลับไปศึกษาประวัติการสังเคราะห์พลาสติกชนิดแรกของโลกคงจะต้องกลับไปเริ่มต้นที่ปี ค.ศ. 1863 เมื่อบริษัทผลิตลูกบิลเลียดในประเทศสหรัฐอเมริกาได้ประกาศให้รางวัล 10,000 เหรียญแก่ผู้ที่สามารถหาวัสดุทดแทนงาช้าง เพื่อใช้ในการทำลูกบิลเลียดซึ่งในขณะนั้นเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมสูงจึงเป็นเหตุให้ช่างป่าในแถบแอฟริกาจำนวนมากถูกล่า เพื่อเอางาจนเกือบสูญพันธุ์ นายจอห์น เวสลีย์ไฮเอตต์ (John Wesley Hyatt) ช่างไม้ชาวอเมริกาก็เป็นบุคคลหนึ่งที่สนใจและพยายามค้นหาวัสดุที่สามารถนำมาใช้แทนงาช้าง หลังจากทำการทดลองอยู่หลายปีคืนหนึ่งเขาได้รับอุบัติเหตุจากของมีคมบาดมือขณะทำการผสมขี้เลื่อยกับกาวเขาจึงใส่แผลด้วยคอลอเดียน (colodion) ยาสมานแผลซึ่งทำจากไนโตรเซลลูโลสละลายอยู่ในอีเธอร์และแอลกอฮอล์และด้วยความบังเอิญเขาได้ทำยาหกลงบนพื้นโต๊ะ เมื่อกลับมาดูอีกครั้งพบว่ายาแห้งเป็นแผ่นเหนียวๆ นายไฮเอตต์ทำการทดลองต่อจนพบว่าหากเติมการบดลงไปของผสมอีเธอร์จะได้วัสดุซึ่งต่อมาเรียกว่าเซลลูลอยด์ (celluloid) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีสมบัติเหมาะสมในการนำมาทำเป็นลูกบิลเลียดและผลิตภัณฑ์ต่างๆ เนื่องจากมีสมบัติทนทานต่อน้ำมัน น้ำและกรดใสหรือทำให้มีสีสันทสวยงามได้ง่าย และมีราคาถูก นิยมนำมาทำเป็นลูกบิลเลียดและคีย์เปียโนแทนงาช้างหรือทำหวีแทนกระดูกสัตว์นอกจากนี้ยังนิยมนำมาทำเป็นเครื่องประดับ ปกเสื้อ กระดุมของเล่นเด็กและฟิล์มภาพยนตร์และถ่ายภาพจึงถือว่าเซลลูลอยด์เป็นพลาสติกกึ่งสังเคราะห์ชนิดแรกของโลกที่เกิดจากการปรับปรุงโครงสร้างของเซลลูโลสซึ่งเป็นวัสดุจากธรรมชาตินับเป็นจุดเริ่มต้นของอุตสาหกรรมพลาสติก แต่เนื่องจากเซลลูลอยด์เป็นพลาสติกที่ติดไฟง่ายและระเบิดได้หากมีปริมาณหมู่นไนโตร (NO₂) สูงจึงไม่เป็นที่นิยมในเวลาต่อมาทำให้วัสดุที่ทำจากเซลลูลอยด์หาได้ไม่มากนักในปัจจุบันแต่ยังนิยมนำมาทำเป็นลูกบิงปองเซลลูลอยด์ที่ยังมีให้เห็นกันอยู่ส่วนใหญ่จะเป็นของเก่าซึ่งเป็นที่ต้องการของนักสะสม

ต่อมาในปี ค.ศ.1907 นักเคมีชื่อ นายลีโอ เบคแลนด์ (Leo Baekeland) ได้ค้นพบวิธีการผลิตเบคเคอไลต์ (Bekelite) ซึ่งได้ชื่อว่าเป็นพลาสติกสังเคราะห์ชนิดแรกของโลกขึ้นเป็นครั้งแรกจากสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กๆซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์และฟีนอลเบคเคอไลต์เป็นพลาสติกแข็งทนความร้อนได้ดี และสามารถขึ้นรูปให้มีรูปร่างต่าง ๆ ได้ตามแม่พิมพ์โดยใช้ความร้อนทำให้มีสีสันทสวยงามได้และมีราคาไม่แพงในช่วงแรกเบคเคอไลต์ถูกนำมาทำเป็นฉนวนเคลือบสายไฟและชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อมาใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ในครัวเรือน ของใช้ และเครื่องประดับต่าง ๆ มากมายที่มีสีสันทสวยงาม และราคาไม่แพงและกลายเป็นวัสดุที่ได้ชื่อว่าถูกนำมาใช้งานในด้านต่างๆนับพันอย่างในช่วงทศวรรษที่ 30-40 จนกระทั่งในปี ค.ศ.1942 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดสงครามโลกครั้งที่ 2 เบคเคอไลต์ถูกนำมาผลิตเป็นโทรศัพท์แว่นตาสำหรับนักบิน และด้ามอาวุธต่างๆ จากผลิตภัณฑ์ที่มีสีสันทต่างๆที่เคยมีมากมายกลับกลายเป็นสีดำจนกระทั่งสงครามสิ้นสุดลง เทคโนโลยีการผลิตขึ้นรูปพลาสติก

(injection mold) ได้ถูกพัฒนาขึ้นและพลาสติกชนิดใหม่ๆ เช่นไนลอน (nylon) ไวนิล (vinyl) หรืออะคริลิก (acrylic) ได้ถือกำเนิดขึ้นจากการค้นคว้าวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ จึงมีการใช้เบเคอไลต์น้อยลงอย่างมากอย่างไรก็ตามปัจจุบันยังคงมีการใช้เบเคอไลต์เป็นสารเคลือบผิวและผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีคุณภาพและทนทานต่อความร้อนเป็นพิเศษ



ภาพประกอบ 1 ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากพลาสติก
ที่มา: (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2556: เว็บไซต์)

เครื่องใช้และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ทำจากเบเคอไลต์ในอดีตได้กลับกลายมาเป็นของเก่าที่เป็นที่ต้องการของนักสะสมในปัจจุบันทำให้มีการทำของลอกเลียนแบบโดยใช้เรซินหรือพลาสติกชนิดอื่น เช่นอะคริลิกการเลือกซื้อเบเคอไลต์ที่เป็นของเก่าแท้ๆ ต้องทดสอบโดยผู้ชำนาญวิธีการที่ดีที่สุดในการตรวจสอบคือ แช่น้ำอุ่นถ้าเป็นเบเคอไลต์แท้จะมีกลิ่นคล้ายสารเคมี (ฟอร์มาลดีไฮด์) หากเป็นเซลลูโลยส์จะมีกลิ่นเหมือน วิกส์ว็อป (การบูร) แต่ของลอกเลียนแบบจะไม่มีกลิ่นใดๆ
ที่มา: (กุลวัฒน์ บัวสวัสดิ์. 2539: 75)

2.2 พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) หรือพลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้ (Biodegradable plastic) หมายถึงพลาสติกที่ผลิตขึ้นจากวัสดุธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นพืช สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ
ที่มา: (สมพร มณีประสพสุข. 2552: 36)

2.3 ปัญหามลพิษในสิ่งแวดล้อม

วัสดุธรรมชาติที่สามารถนำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพมีหลายชนิด เช่น cellulose collagen casein polyester แป้ง(starch) โปรตีนจากถั่ว และข้าวโพด เป็นต้น และในบรรดาวัสดุธรรมชาติทั้งหลาย แป้ง นับว่าเหมาะสมที่สุดเพราะมีจำนวนมากและราคาถูก เนื่องจากสามารถหาได้จากพืชชนิดต่างๆ เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี มันฝรั่ง มันเทศ มันสำปะหลัง เป็นต้น
ที่มา: (โยธิน สุริยพงศ์. 2542: 90)



ภาพประกอบ 2 วัสดุธรรมชาติที่สามารถนำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพ
ที่มา: (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2556: เว็บไซต์)

2.4 ประเภทของพลาสติกย่อยสลายได้

2.4.1. การย่อยสลายได้โดยแสง (Photodegradation) การย่อยสลายโดยแสงมักเกิดจากการเติมสารเติมแต่งที่มีความไวต่อแสงลงในพลาสติกหรือสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ให้มีหมู่ฟังก์ชันหรือพันธะเคมีที่ไม่แข็งแรงแตกหักง่ายภายใต้รังสี (UV) เช่น หมู่คีโตน (Ketone group) อยู่ในโครงสร้างเมื่อสารหรือหมู่ฟังก์ชันดังกล่าวสัมผัสกับรังสียูวีจะเกิดการแตกของพันธะกลายเป็นอนุมูลอิสระ (Free radical) ซึ่งไม่เสถียรจึงเข้าทำปฏิกิริยาต่ออย่างรวดเร็วที่พันธะเคมีบนตำแหน่งคาร์บอนในสายโซ่พอลิเมอร์ทำให้เกิดการขาดของสายโซ่แต่การย่อยสลายนี้จะไม่เกิดขึ้นภายในบ่อฝังกลบขยะกองคอมโพสท์หรือสภาวะแวดล้อมอื่นที่มีดหรือแม้กระทั่งชั้นพลาสติกที่มีการดักด้วยหมึกที่หนาмаกบนพื้นผิวเนื่องจากพลาสติกจะไม่ได้สัมผัสกับรังสียูวีโดยตรง

2.4.2 การย่อยสลายทางกล (Mechanical Degradation) โดยการให้แรงกระทำแก่ชิ้นพลาสติกทำให้ชิ้นส่วนพลาสติกแตกออกเป็นชิ้นซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้โดยทั่วไปในการทำให้พลาสติกแตกเป็นชิ้นเล็กๆ

2.4.3 การย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Degradation) การย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชันของพลาสติกเป็นปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนลงในโมเลกุลของพอลิเมอร์ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้เองในธรรมชาติอย่างช้าๆโดยมีออกซิเจน และความร้อน แสงยูวีหรือแรงทางกลเป็นปัจจัยสำคัญเกิดเป็นสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide, ROOH) ในพลาสติกที่ไม่มีสารเติมแต่งที่ทำหน้าที่เพิ่มความเสถียร (stabilizing additive) แสงและความร้อนจะทำให้ ROOH แตกตัวกลายเป็นอนุมูลอิสระ RO และ OH ที่ไม่เสถียรและเข้าทำปฏิกิริยาต่อที่พันธะเคมีบนตำแหน่งคาร์บอนในสายโซ่พอลิเมอร์ทำให้เกิดการแตกหักและสูญเสียสมบัติเชิงกลอย่างรวดเร็วแต่ด้วยเทคโนโลยีการผลิตที่ได้รับการวิจัยและพัฒนาขึ้นในปัจจุบันทำให้พอลิโอเลฟินเกิดการย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนได้เร็วขึ้นภายในช่วงเวลาที่กำหนดโดยการเติมสารเติมแต่งที่เป็นเกลือของโลหะทรานซิลิคอนซึ่งทำหน้าที่คะตะลิสต์เร่งการแตกตัวของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Hydroperoxide, ROOH) เป็นอนุมูลอิสระ (Free radical) ทำให้สายโซ่พอลิเมอร์เกิดการแตกหักและสูญเสียสมบัติเชิงกลรวดเร็วยิ่งขึ้น

2.4.4 การย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolytic Degradation) การย่อยสลายของพอลิเมอร์ที่มีหมู่เอสเทอร์ หรือเอไมด์ เช่น แป้ง พอลิเอสเทอร์พอลิเอโนไฮดรายด์ พอลิคาร์บอเนต และพอลิยูรีเทนผ่านปฏิกิริยาก่อให้เกิดการแตกหักของสายโซ่พอลิเมอร์ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือประเภทที่ใช้คะตะลิสต์ (Catalytic hydrolysis) และไม่ใช่คะตะลิสต์ (Non-Catalytic Hydrolysis) ซึ่งประเภทแรกยังแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือแบบที่ใช้คะตะลิสต์จากภายนอกโมเลกุลของพอลิเมอร์เร่งให้เกิดการย่อยสลาย (External Catalytic Degradation) และแบบที่ใช้คะตะลิสต์จากภายในโมเลกุลของพอลิเมอร์เองในการเร่งให้เกิดการย่อยสลาย (Internal catalytic degradation) โดยคะตะลิสต์จากภายนอกมี 2 ชนิด คือ คะตะลิสต์ที่เป็นเอนไซม์ต่างๆ (Enzyme) เช่น Depolymerase lipase esterase และ glycohydrolase ในกรณีนี้จัดเป็นการย่อยสลายทางชีวภาพและคะตะลิสต์ที่ไม่ใช่เอนไซม์ (Non-enzyme) เช่น โลหะแอสคาไลต์ (alkaline metal) เบส (base) และกรด (acid) ที่มีอยู่ในสภาวะแวดล้อมในธรรมชาติ ในกรณีนี้จัดเป็นการย่อยสลายทางเคมีสำหรับปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสแบบที่ใช้คะตะลิสต์จากภายในโมเลกุลของพอลิเมอร์นั้นใช้หมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl Group) ของหมู่เอสเทอร์หรือเอไมด์บริเวณปลายของสายโซ่พอลิเมอร์ในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

2.4.5 การย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradation) การย่อยสลายของพอลิเมอร์จากการทำงานของจุลินทรีย์โดยทั่วไปมีกระบวนการ 2 ขั้นตอนเนื่องจากขนาดของสายพอลิเมอร์ยังมีขนาดใหญ่และไม่ละลายน้ำในขั้นตอนแรกของการย่อยสลายจึงเกิดขึ้นภายนอกเซลล์โดยการปลดปล่อยเอนไซม์ของจุลินทรีย์ซึ่งเกิดได้ทั้งแบบใช้ endo-enzyme หรือเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการแตกตัวของพันธะภายในสายโซ่พอลิเมอร์อย่างไม่เป็นระเบียบและแบบ exo-enzyme หรือเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการแตกหักของพันธะที่ละหน่วยจากหน่วยซ้ำที่เล็กที่สุดที่อยู่ด้านปลายของสายโซ่พอลิเมอร์เมื่อพอลิเมอร์แตกตัวจนมีขนาดเล็กพอจะแพร่ผ่านผนังเซลล์เข้าไปในเซลล์และเกิดการย่อยสลายต่อในขั้นตอนที่ 2 ได้ผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนสุดท้าย (ultimate biodegradation) คือพลังงานและสารประกอบขนาดเล็กที่เสถียรในธรรมชาติ (Mineralization) เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน น้ำ เกลือแร่ธาตุต่างๆ และมวลชีวภาพ (biomass)

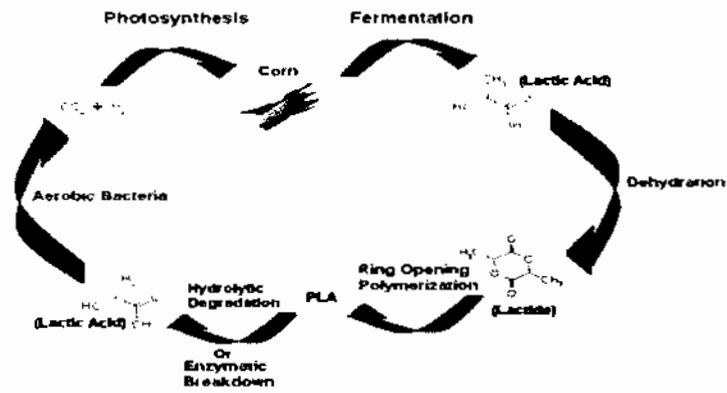
ที่มา: (สมพร มณีประสพสุข. 2552: 74)

2.5 พลาสติกชีวภาพที่สำคัญ มี 2 ชนิด คือ

2.5.1 Polylactic acid (PLA)

Polylactic acid หรือ Polylactide เป็นพลาสติกที่ผลิตจากข้าวโพดหรืออ้อยแต่ส่วนใหญ่นิยมผลิตจากข้าวโพดกระบวนการผลิตคือจะนำเมล็ดข้าวโพดไปทำเป็นแป้งแล้วนำแป้งที่ได้ไปผ่านกระบวนการหมัก (fermentation) โดยใช้แบคทีเรีย *Lactobacillus brevis* ได้ผลผลิตเป็นกรดแลคติก (Lactic acid) ซึ่งกรดแลคติกนี้เป็นโมโนเมอร์ที่จะนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตเป็นพลาสติกโดยนำไปผ่านกระบวนการ polymerization ได้เป็นโพลิเมอร์ที่เรียกว่า polylactide

ที่มา: (สมพร มณีประสพสุข. 2552: 95)



ภาพประกอบ 3 ขั้นตอนการผลิต PLA และการนำกลับมาใช้ใหม่
ที่มา: (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2556: เว็บไซต์)

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพลาสติก



กล่องใส่อาหาร



ถาดใส่อาหาร

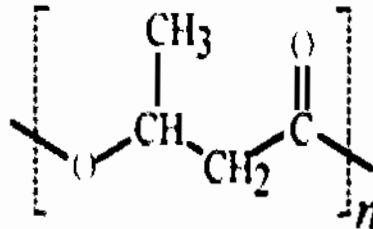


แก้วใส่ของร้อน

ภาพประกอบ 4 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพลาสติก PLA
ที่มา: (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2556: เว็บไซต์)

2.5.2 Polyhydroxybutyrate (PHB)

PHB ถูกค้นพบโดย Maurice Lemoigne นักจุลชีววิทยาชาวฝรั่งเศสเกิดจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ *Alcaligenes eutrophus* โดยใช้แหล่งวัตถุดิบจากน้ำตาลกลูโคส หรือแบ่งมาเป็นแหล่งคาร์บอนให้กับจุลินทรีย์เพื่อเปลี่ยนเป็น acetyl CoA ซึ่งสารนี้จะเปลี่ยนเป็นโมโนเมอร์สำหรับการผลิตเป็น PHB การสังเคราะห์พลาสติก PHB จากจุลินทรีย์ *Alcaligenes eutrophus* จะมีเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้องในปฏิกิริยาทั้งหมด



ภาพประกอบ 5 โมเลกุลของ PHB
ที่มา: (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2556: เว็บไซต์)

2.6 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของ PLA

Polylactic acid มีช่วงการหลอมเหลว (Melting range) 173-178 องศาเซลเซียส แต่อย่างไรก็ตามทนความร้อนได้ไม่เกิน 110 องศาเซลเซียส มีปริมาณความเป็นผลึก (Crystallinity) ประมาณ 37 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิการเปลี่ยนจากสถานะที่คล้ายแก้ว (glass transition temperature) อยู่ระหว่าง 60-65 องศาเซลเซียส มีสมบัติขวางกัน (Barrier properties) ดีเข้ากับเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต (Biocompatibility) คุณสมบัติพิเศษคือมีความใส ไม่ย่อยสลายในสภาพแวดล้อมทั่วไปแต่สามารถย่อยสลายได้เอง เมื่อนำไปฝังกลบในดินขึ้นรูปสามารถทำได้ด้วยเทคนิคการขึ้นรูปเทอร์โมพลาสติกทั่วไปเช่น กระบวนการการอัดรีด (Extrusion) กระบวนการฉีด (Injection molding) เป็นต้น

ที่มา: (สุริยญา วชิระไพโรจน์. 2539: 13)

2.7 ผลกระทบด้านบวกต่อสภาวะแวดล้อม (ข้อดี)

การประเมินผลกระทบด้านบวกต่อสภาวะแวดล้อมของการนำพลาสติกย่อยสลายได้มาใช้งานในการทดแทนพลาสติกทั่วไปในบางโอกาสสามารถทำได้โดยการใช้วิธีประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment) ของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพเปรียบเทียบกับพลาสติกทั่วไปที่ผลิตจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมเพื่อประเมินผลกระทบที่เป็นประโยชน์ต่อสังคมและสภาพแวดล้อมด้านต่างๆ เช่น แหล่งวัตถุดิบซึ่งอาจเป็นแหล่งวัตถุดิบที่ปลูกหรือผลิตทดแทนขึ้นใหม่ได้หรือเป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี ปริมาณการใช้น้ำและพลังงานในกระบวนการผลิตการใช้สารเคมีในการเพาะปลูก และการปล่อยแก๊ส

เรือนกระจก เป็นต้นหากมีการนำพลาสติกย่อยสลายได้มาใช้งานและมีการกำจัดอย่างมีประสิทธิภาพแล้วจะก่อให้เกิดประโยชน์ในด้านอื่นๆ ดังต่อไปนี้

2.7.1 คอมโพสท์ที่ได้จากการย่อยสลายพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพร่วมกับขยะอินทรีย์อื่นๆสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดินโดยช่วยเพิ่มสารอินทรีย์ ความชื้นและสารอาหารให้แก่ดิน พร้อมทั้งช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยและลดการเกิดโรคในพืชการหมักพลาสติกย่อยสลายได้ทำให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุในขณะที่ใช้พลาสติกมักต้องกำจัดด้วยการฝังกลบหรือเผา

2.7.2 ลดเนื้อที่การใช้งานของบ่อฝังกลบขยะ โดยการใช้พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพและถุงที่ย่อยสลายได้ทำให้เพิ่มศักยภาพในการย่อยสลายของเศษอาหารหรือขยะอินทรีย์ในบ่อฝังกลบและเพิ่มศักยภาพในการผลิตแก๊สมีเทนสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในกรณีที่บ่อฝังกลบได้ถูกออกแบบมาให้ผลิตและใช้ประโยชน์จากแก๊สมีเทนได้การใช้ฟิล์มพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพเป็นวัสดุคลุมหน้าบ่อฝังกลบแทนดินในแต่ละวันเป็นการเพิ่มเนื้อที่ให้บ่อฝังกลบเนื่องจากการปิดหน้าบ่อฝังกลบด้วยดินทุกวันจะใช้น้ำเนื้อที่รวม 25 เปอร์เซ็นต์ ของเนื้อที่ในบ่อฝังกลบ

2.7.3 การใช้พลังงานในการสังเคราะห์และผลิตพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพน้อยกว่าการผลิตพลาสติกทั่วไปโดยเทียบกับพลังงานที่ใช้ในการผลิต HDPE และ LDPE โดยพลังงานที่ใช้ในการผลิต PHA ใกล้เคียงกับที่ใช้ในการผลิต PE หากการผลิตพลาสติกย่อยสลายได้โดยใช้สารอาหารน้ำตาลในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งจากน้ำตาล ตะกอนจากบ่อน้ำทิ้ง จะทำให้การใช้พลังงานลดลง

2.7.4 การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สำคัญจากการใช้พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพแต่จากการศึกษาโดยวิธีประเมินวัฏจักรตั้งแต่เริ่มการผลิต จนถึงการจัดภายหลังเสร็จสิ้นการใช้งานพบว่าพลาสติกย่อยสลายได้ก่อให้เกิดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกในปริมาณที่ต่ำกว่าพอลิเอทิลีนซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนในกรณีที่เป็นพลาสติกที่มีแปงเป็นองค์ประกอบพื้นฐานซึ่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายของพลาสติกจะถูกนำไปในการเติบโตของพืชที่จะปลูกขึ้นมาใหม่ทำให้เกิดการหมุนเวียนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในธรรมชาติซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวัฏจักรคาร์บอนทำให้เกิดความสมดุลของปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ
ที่มา: (สุธัญญา วชิระไพโรจน์. 2539: 43)

2.8 ผลกระทบด้านลบต่อสถานะแวดล้อม (ข้อเสีย)

2.8.1 ก่อให้เกิดมลภาวะทางน้ำจากการเพิ่มของค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (biological oxygen demand, BOD) และค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (chemical oxygen demand, COD) อันเนื่องมาจากการมีปริมาณสารอินทรีย์หรือสารอาหารในแหล่งน้ำในปริมาณสูงทำให้จุลินทรีย์มีความต้องการใช้ออกซิเจนในน้ำสูงขึ้นด้วยก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศน์ทางน้ำ

2.8.2 เกิดการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายของพลาสติกย่อยสลายได้สถานะแวดล้อมเช่น การย่อยสลายของพลาสติกในสภาวะการฝังกลบหรือการคอมโพสท์อาจทำให้สารเติมแต่งต่างๆรวมถึง สี พลาสติกไฮโซร์สารคะตะลิสต์ที่ตกค้างรั่วไหลและปนเปื้อนไปกับแหล่งน้ำใต้ดินและบนดินซึ่งสารบางชนิดอาจมีความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ

2.8.3 เกิดมลภาวะจากขยะอันเนื่องมาจากการใช้พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ถูกทิ้งหรือตกลงในสิ่งแวดล้อมที่มีสถานะไม่เหมาะสมต่อการย่อยสลายเช่นถูกลมพัด และติดค้างอยู่บนกิ่งไม้ซึ่งมี

ปริมาณจุลินทรีย์ไม่มากพอที่จะไม่สามารถย่อยสลายได้ดินนอกจากนี้การใช้พลาสติกย่อยสลายได้อาจทำให้ผู้บริโภคเข้าใจผิดว่าจะสามารถกำจัดได้ง่ายและรวดเร็วทำให้มีการใช้งานเพิ่มขึ้นและพลาสติกย่อยสลายได้บางชนิดอาจใช้เวลานานหลายปีในการย่อยสลายทางชีวภาพอย่างสมบูรณ์และก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์ที่กินกินพลาสติกเข้าไปเนื่องจากไม่สามารถย่อยสลายได้ภายในกระเพาะของสัตว์

2.8.4 ความเป็นพิษของคอมโพสท์ที่ได้จากการหมักพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพเนื่องจากการมีสารตกค้าง หรือใช้สารเติมแต่งที่มีความเป็นพิษและส่งผลกระทบต่อพืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในดิน เช่น ไล่เดือนดั่งนั้นจึงต้องศึกษาความเป็นพิษ (toxicity) ของคอมโพสท์ด้วยชั้นส่วนที่เกิดจากการหักเป็นชิ้นเล็กๆเกิดการสะสมอยู่ในดินที่ใช้ทางการเกษตรในปริมาณเล็กน้อยจะช่วยให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศ

2.8.5 เกิดสารประกอบที่ไม่ย่อยสลายเช่น สารประกอบประเภทแอมโรแมติกจากการย่อยสลายของพลาสติกบางชนิดเช่น AACs โดยส่วนที่เป็นวงแหวนแอมโรแมติกในพอลิเมอร์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสารประกอบขนาดเล็ก เช่น กรดเทเรพทาเลียค (terephthalic acid TPA) ซึ่งย่อยสลายทางชีวภาพได้ไม่เต็มที่

2.8.6 การตกค้างของสารเติมแต่งที่เติมลงในพลาสติกย่อยสลายได้เพื่อปรับสมบัติให้เหมาะสมกับการใช้งานเช่นเดียวกับพลาสติกทั่วไปเมื่อพลาสติกเกิดการย่อยสลายสารเติมแต่งเหล่านี้อาจปนเปื้อนอยู่ในสภาวะแวดล้อมได้เช่นสารช่วยในการผสมพลาสติกต่างๆ เข้าด้วยกัน เช่น methylene diisocyanate (MDI) สารพลาสติกไซเซอร์ที่มักเติมในพลาสติกเพื่อความยืดหยุ่นและ triacetone สารตัวเติมที่มักเติมลงในพลาสติกเพื่อทำให้ราคาถูกลงส่วนใหญ่เป็นสารอนินทรีย์ จึงมักเกิดการสะสมในดินและสภาพแวดล้อมอย่างไรก็ตามสารตัวเติมมักค่อนข้างเสถียร จึงมักไม่ทำให้เกิดความเป็นพิษ เช่น CaCO_3 , TiO_2 , SiO_2 และ talc เป็นต้นสารคะตะลิสต์ที่ใช้ในการสังเคราะห์พลาสติกย่อยสลายได้มักเป็นสารประกอบของโลหะซึ่งในการผลิตโดยทั่วไปมักมีคะตะลิสต์เหลือค้างอยู่ในเนื้อพลาสติกเสมอหากเป็นพลาสติกทั่วไปที่ไม่ย่อยสลายคะตะลิสต์จะติดค้างอยู่ในเนื้อพลาสติกแต่ในกรณีของพลาสติกย่อยสลายได้เมื่อเกิดการย่อยสลายจะมีการปลดปล่อยคะตะลิสต์ที่เหลืออยู่ออกมาสู่สภาพแวดล้อมได้ ที่มา: (สุธัญญา วชิระไพโรจน์. 2539: 49)

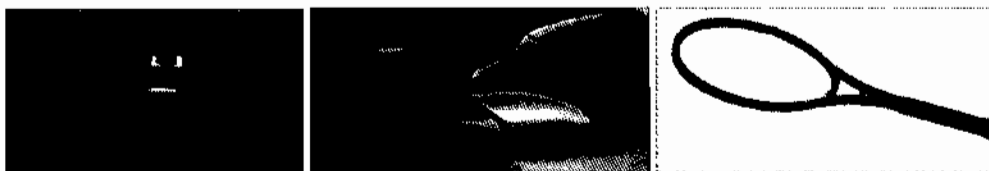
2.9 นิยามของคอมโพสิต

คอมโพสิต (composite) คือวัสดุที่มีองค์ประกอบทางเคมีหรือโครงสร้างแตกต่างกันตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปมาผสมกันซึ่งวัสดุที่ได้จะมีสมบัติของวัสดุเริ่มต้นรวมกันโดยทั่วไปแล้วคอมโพสิตจะประกอบด้วยวัสดุตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นเนื้อหลักหรือเมทริกซ์ (matrix) และวัสดุที่ทำหน้าที่เป็นเฟสที่กระจายตัวอยู่ (dispersed phase) ในเมทริกซ์นั้นหรืออาจเรียกว่าเป็นเฟสเสริมแรง (reinforced phase) ยกตัวอย่างคอมโพสิตที่พบในธรรมชาติเช่นไม้ซึ่งเป็นวัสดุเชิงประกอบระหว่างลิกนิน (lignin) กับเส้นใยเซลลูโลส (cellulose fibre) หรือกระดูกซึ่งเป็นคอมโพสิตระหว่างแร่อะพาไทต์ (apatite) กับโปรตีนคอลลาเจน (collagen) เป็นต้น

ในส่วนของคอมโพสิตสังเคราะห์นั้นจะถูกเตรียมขึ้นมาเพื่อให้มีสมบัติที่ตีความกับการใช้งานเฉพาะทางโดยสมบัติของคอมโพสิตที่ได้จะขึ้นอยู่กับสมบัติของวัสดุเริ่มต้น อัตราส่วนของวัสดุเริ่มต้นแต่ละชนิดและลักษณะของเฟสที่กระจายตัวอยู่รูปที่ 1 แสดงถึงลักษณะต่างๆของเฟสที่กระจายตัวอยู่ซึ่งส่งผลต่อสมบัติของคอมโพสิตจะเห็นได้ว่าถึงแม้จะเป็นคอมโพสิตที่เกิดจากเมทริกซ์และเฟสที่กระจายตัวอยู่ชนิดเดียวกัน แต่ถ้ามีความเข้มข้น (ปริมาณ) ขนาด รูปร่าง ลักษณะการกระจายหรือการจัดเรียงตัวของเฟสที่กระจายตัวอยู่แตกต่างกันแล้วสุดท้ายคอมโพสิตที่ได้ ก็จะมีสมบัติที่ไม่เหมือนกัน
ที่มา: (สุภาสิณี ลิ้มปานภาพ. 2540: 4)

2.10 ปัจจุบันวัสดุคอมโพสิตแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

2.10.1 โพลีเมอร์คอมโพสิต (polymer matrix composites- PMCs) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พบเห็นได้ง่ายของคอมโพสิตกลุ่มนี้คือ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไฟเบอร์กลาสต่างๆ โพลีเมอร์คอมโพสิตมีโพลีเมอร์ซึ่งอาจจะเป็นพลาสติก หรือยางเป็นเนื้อหลัก และใช้วัสดุเสริมแรงได้หลายชนิด เช่น เส้นใยแก้ว เส้นใยคาร์บอน เส้นลวดโลหะ เป็นต้น



ภาพประกอบ 6 ผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก ไฟเบอร์กลาส

ที่มา: (สุภาสิณี ลิ้มปานภาพ. 2540: 53)

2.10.2 เซรามิกคอมโพสิต (ceramic matrix composites- CMCs) เรารู้จักและคุ้นเคยกับคอมโพสิตกลุ่มนี้ดี คอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก (ปูน กรวด ทราย เหล็กเส้น) เป็นตัวแทนที่พบเห็นได้ทั่วไปของวัสดุกลุ่มนี้ ขณะที่วัสดุเซรามิกคอมโพสิตระดับสูง (advanced composite) มีเนื้อหลักเป็นเซรามิก และใช้วัสดุเสริมแรงเป็นเส้นใย คอมโพสิตกลุ่มนี้มักนำมาใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง เช่น กังหันใบพัดของเครื่องยนต์ไอพ่น เป็นต้น

2.10.3 เมทลคอมโพสิต (metal matrix composites- MMCs) คอมโพสิตกลุ่มนี้พบมากในผลิตภัณฑ์กลุ่มอุตสาหกรรมการบิน เมทลคอมโพสิตมีโลหะเป็นเนื้อหลัก เช่น อะลูมิเนียม เป็นต้น สำหรับวัสดุเสริมแรงของคอมโพสิตกลุ่มนี้เป็นวัสดุเซรามิกส์ เช่น กลุ่มคาร์ไบด์ กลุ่มไนไตรด์ เป็นต้น ที่มา: (สุภาสิณี ลิ้มปานภาพ. 2540: 10)

2.10.4 โดยทั่วไปการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์คอมโพสิต เช่น เรือไฟเบอร์กลาสจะนิยมขึ้นรูปด้วยวิธีที่เรียกว่า แฮนด์เลย์อัฟ (hand lay-up) ซึ่งจะมีสัดส่วนของเส้นใยเสริมแรงประมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากชิ้นงานคอมโพสิตที่ใช้ในอุตสาหกรรมการบิน และอวกาศที่ผลิตด้วย เทคโนโลยีขั้นสูงจะมีสัดส่วนของเส้นใยประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ การจัดเรียงตัว (orientation) ของเส้นใยในคอมโพสิต เนื่องจากเส้นใยเสริมแรงให้ค่าสมบัติเชิงกลตามแนวยาวสูงกว่าแนวขวาง ดังนั้นหากเส้นใยในคอมโพสิตมีการจัดเรียงตัวไปในทิศทางเดียวกันแล้ว สมบัติเชิงกลของคอมโพสิตที่แสดงออกมาจะมีค่าแตกต่างกันตามแนวแรงที่กระทำ ดังนั้นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่ต้องพิจารณาตั้งแต่การออกแบบคือ ขนาดและลักษณะแรงที่กระทำต่อชิ้นงาน

การรับแรงของวัสดุ โดยทั่วไปแรงที่กระทำต่อวัสดุมีด้วยกัน 4 ประเภทคือ



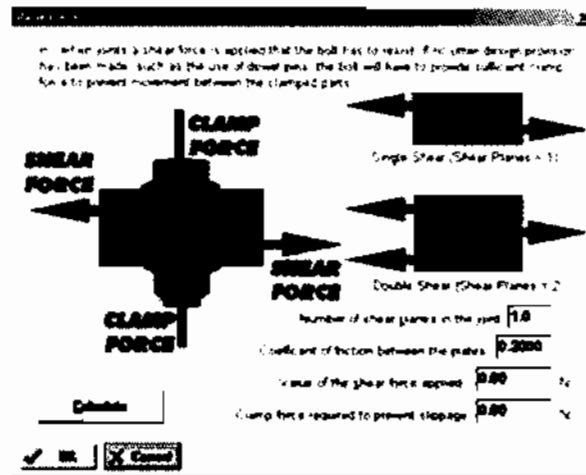
ภาพประกอบ 7 แสดงลักษณะแรงดึงที่กระทำต่อคอมโพสิต
ที่มา: (สุภาสิณี ลิ้มปานภาพ. 2540: 53)

2.10.1.1 แรงดึง (Tension) รูปที่ 8 แสดงลักษณะแรงดึงที่กระทำต่อคอมโพสิตการตอบสนองต่อแรง กระทำของวัสดุขึ้นอยู่กับแรงดึง และความแข็งแรงเชิงกลของเส้นใยเสริมแรงที่ใช้



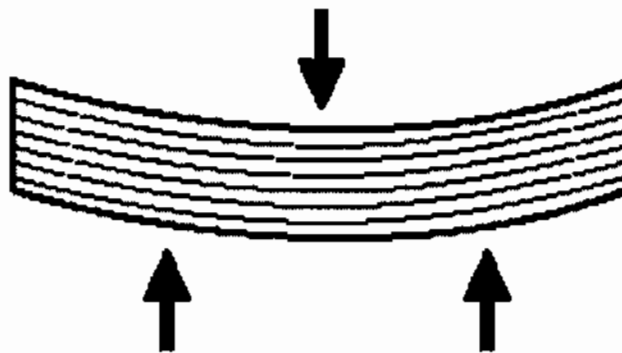
ภาพประกอบ 8 แสดงลักษณะคอมโพสิตที่ได้รับแรงกดอัด
ที่มา: (สุภาสิณี ลิ้มปานภาพ. 2540: 53)

2.10.1.2 แรงกดอัด (Compression) รูปที่ 9 แสดงลักษณะคอมโพสิตที่ได้รับแรงกดอัดในสภาพนี้ความแข็งแรงของวัสดุจะขึ้นกับสมบัติความแข็งแรงดึงและการยึดติด (adhesion) ของเนื้อโพลิเมอร์เป็นหลักเนื่องจากโพลิเมอร์ทำหน้าที่ห่อหุ้มเส้นใยเสริมแรงให้อยู่ในลักษณะเส้นตรงและป้องกันไม่ให้เส้นใยโค้งงอ



ภาพประกอบ 9 ลักษณะแรงที่กระทำต่อคอมโพสิตมีทิศทางตรงข้ามกัน
ที่มา: (สุภาสินี ลิ้มปานภาพ, 2540: 53)

2.10.1.3 แรงเฉือน (Shear) ลักษณะแรงที่กระทำต่อคอมโพสิตมีทิศทางตรงข้ามกัน และแนวแรงอยู่ต่างระดับกันภายใต้สภาวะแบบนี้ไฟลิเมอร์จะมีบทบาทอย่างมาก ในเรื่องการยึดติดกับเส้นใยเสริมแรงไม่ใช่ในเรื่องสมบัติความแข็งแรงเชิงกลโดยเฉพาะอย่างยิ่งในคอมโพสิตที่มีการเรียงเส้นใยเสริมแรงเป็นชั้น ๆ

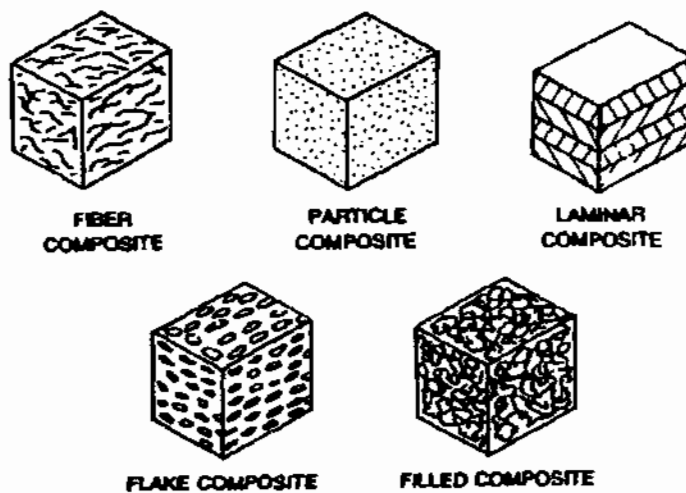


ภาพประกอบ 10 ลักษณะของแรงที่กระทำกับวัสดุมีลักษณะผสมของแรงดึง
ที่มา: (สุภาสินี ลิ้มปานภาพ, 2540: 53)

2.10.1.4 แรงดัด (Flexure) ลักษณะของแรงที่กระทำกับวัตถุมีลักษณะผสมของแรงดึง แรงเฉือน และแรงกดอัด 3 แรงเข้าด้วยกัน จากรูปที่ 9 เห็นได้ว่ากึ่งกลางของด้านบนของวัตถุถูกแรงกดอัดกระทำขณะที่ใต้วัตถุจะถูกแรงยืดและแรงเฉือนจากการยืดตัวของวัตถุ

วัสดุเชิงประกอบจะประกอบด้วยตัวเสริมแรง (reinforce phase) ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของเส้นใย อนุภาค แผ่นหรือชิ้นเล็กๆและ/หรือเป็นสารตัวเติม ซึ่งเป็นเฟสกระจาย (dispersed phase) ฝังตัวอยู่ในเนื้อพื้น (matrix) ที่อาจเป็นโลหะ เซรามิก หรือพอลิเมอร์ ตัวเสริมแรงจะช่วยให้สมบัติทางกลโดยรวมของเนื้อพื้นดีเนื่องจากวัสดุแต่ละชนิดจะมีทั้งข้อดีข้อเสีย เช่น โลหะจะมีความแข็งแรงและความเหนียวสูงแต่เป็นสนิมง่ายและหนักพอลิเมอร์จะมีน้ำหนักเบาแต่มีความแข็งแรงต่ำ ทนความร้อนไม่ได้ นำไฟฟ้าไม่ได้ เซรามิกมีความแข็งแรงสูง ทนต่อการสึกหรอและการผุกร่อนได้ดีทนความร้อนได้ดี แต่เปราะ มีความเหนียวต่ำ เป็นต้นด้วยเหตุนี้จึงมีการนำเอาวัสดุต่างชนิดมาผสมกันเพื่อจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติพิเศษที่ได้จากข้อดีของวัสดุแต่ละชนิด เช่นคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นวัสดุผสมที่จะให้ทั้งความแข็งแรง (จากสมบัติที่ดีของคอนกรีตซึ่งเป็นเซรามิก) และความเหนียว (จากสมบัติที่ดีของเหล็กซึ่งเป็นโลหะ) หรือไฟเบอร์กลาสเป็นวัสดุผสมที่มีน้ำหนักเบา (จากสมบัติที่ดีของพอลิเมอร์) และมีความแข็งแรง (จากสมบัติที่ดีของใยแก้ว) เป็นต้น

ประเภทของวัสดุคอมโพสิตอาจถูกแบ่งได้ตามเนื้อพื้นได้เป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีพอลิเมอร์เป็นส่วนผสมหลัก กลุ่มที่มีเซรามิกเป็นส่วนผสมหลัก และกลุ่มที่มีโลหะเป็นส่วนผสมหลักนอกจากนี้วัสดุคอมโพสิตอาจแบ่งได้ตามลักษณะของตัวเสริมแรง



ภาพประกอบ 11 ลักษณะต่างๆของเฟสที่กระจายตัว
ที่มา: (สุภาสินี ลิ้มปานภาพ. 2540: 53)

2.11 Thermogravimetric Analysis (TGA)

หลักการ TGA เป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ความเสถียรของวัสดุโดยเฉพาะพอลิเมอร์เมื่อได้รับความร้อนโดยการวัดน้ำหนักของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงอุณหภูมิด้วยเครื่องชั่งที่มีความไวสูงเทคนิคนี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพของวัสดุที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับแก๊สหรือระเหยของน้ำ การตกผลึก อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนเฟส การแตกตัวของวัสดุ (decomposition) ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน หรือ ปริมาณสารสัมพันธ์ (stoichiometry) ในภาววิเคราะห์ตัวอย่างตัวอย่างจะถูกวางบนจานขนาดเล็กซึ่งเชื่อมต่อกับเครื่องชั่งละเอียดที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสูง โดยที่ทั้งหมดจะอยู่ในเตาที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและบรรยากาศได้บรรยากาศภายในอาจจะเป็นแก๊สเฉื่อย เช่น ไนโตรเจน หรือแก๊สที่มีความว่องไวเช่น อากาศ หรือ ออกซิเจน โดยน้ำหนักของตัวอย่างที่เปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิเฉพาะของสารแต่ละชนิด โดยน้ำหนักที่หายไปนั้นเกิดมาจากการระเหย การย่อยสลาย หรือ การเกิดปฏิกิริยาต่างๆ

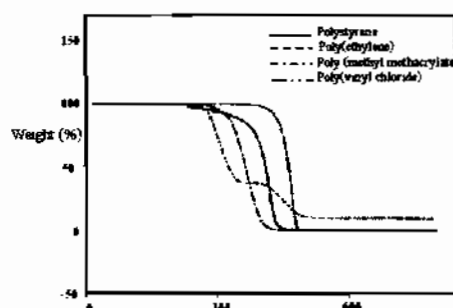
ความสามารถในการให้บริการวิเคราะห์ทดสอบ

- องค์ประกอบของสาร (Composition)
- เสถียรภาพทางความร้อน (Thermal stability/decomposition)
- ปริมาณสารสัมพันธ์ที่เกิดปฏิกิริยา (Stoichiometry of reaction)
- จลพลศาสตร์ของการเกิดปฏิกิริยา (Kinetics of reactions)
- กระบวนการดูด/คายพลังงาน (Desorption/adsorption processes)
- การระเหย (Evaporation)

การประยุกต์ใช้งาน

ตัวอย่างพอลิเมอร์

- ยา และเครื่องสำอาง
- ตัวอย่างทางเคมี
- สี และพิกเมนต์
- ตัวอย่างทางปิโตรเคมี และสารอินทรีย์ต่างๆ
- ส่วนประกอบในอาหาร



ภาพประกอบ 12 เทอร์โมแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย TGA
ที่มา: (เกศินี เหมวิเชียร และ พริยารัตน์ สุวรรณมาลา. 2555)

2.12 ประวัติความเป็นมาของต้นกล้วย



ชื่อพฤกษศาสตร์ Musa L. (กล้วยประเภทรับประทาน)

วงศ์ MUSACEAE

ชื่อพื้นเมือง อังกฤษเรียก บานาน่า อินโดนีเซีย และมาเลเซียเรียก ปิซัง (Pisang)

ฟิลิปปินส์เรียก ซาจิง (Saging) พม่าเรียก เน็กเปาตี (Ngetpyo thee) เขมรเรียก ซิกนัม

แหล่งกำเนิดและการกระจาย

กล้วยที่ปลูกกันอยู่ทุกวันนี้ ตามหลักฐานปรากฏว่า มีถิ่นกำเนิดอยู่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีเอกสารกล่าวว่า คนแถบนี้ใช้ประโยชน์จากกล้วยกันมานานแล้ว แม้ว่าประวัติความเป็นมา ของกล้วย จะไม่แพร่หลายนัก แต่เป็นที่รู้กันว่า กล้วยเป็นผลไม้ชนิดแรกที่คนเอเชียแถบร้อนขึ้น โดยเฉพาะในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ปลูกใช้เป็นอาหารก่อนรู้จักการต้ม นม ทารกไทยส่วนใหญ่เติบโตมาด้วยกล้วยบด แหล่งกำเนิดจริงๆ ของกล้วยยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ ทฤษฎีของซิมมอนด์และเซเพิร์ต ที่ได้รับการยอมรับกันเป็นส่วนใหญ่เสนอว่า ดินแดนแถบอินโด-มาเลเซีย ถือเป็นศูนย์กลางความหลากหลาย ของกล้วยที่สำคัญที่สุด มาเลเซียจึงอาจเป็นศูนย์กลางของกล้วยในระยะแรกๆ ก็ได้จากเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ การปลูกกล้วยขยายออกไปทั่วเขตร้อน และเข้าไปในเขตอบอุ่นของเอเชีย อเมริกา แอฟริกาและออสเตรเลีย อาจกล่าวได้ว่าประเทศทั้งหลายที่ตั้งอยู่ในเขตร้อน ฝนซุกโดยเฉพาะเอเชีย กล้วยเป็นผลไม้ที่ปลูกกันมาก บริโภคกันมากเป็นอันดับแรกของประเทศ

ที่มา: (ระพี สาคริก. 2542: 29)

สำหรับความเป็นมาของกล้วยในประเทศไทย จากหลักฐานที่เก่าแก่ที่สุด คือ จดหมายเหตุของ ลาลูแบร์ ที่เขียนขึ้นในรัชสมัยของสมเด็จพระนารายณ์มหาราช จดหมายเหตุกล่าวถึงกล้วยวงช้าง และกล้วยงาช้าง น่าจะหมายถึง กล้วยยักษ์ และกล้วยร้อยหวี ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อกล้วยมีกำเนิดอยู่ทางเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ดังที่กล่าวแล้วนั้น จึงย่อมเชื่อได้ว่าการปลูกกล้วยในเมืองไทยมานานก่อนสมัยอาณาจักรศรีวิชัย (พ.ศ.1200 โดยประมาณ) ส่วนในอินเดียได้รู้จักกล้วยกันมานานกว่าสามพันปีมาแล้ว โดยมีข้อความปรากฏตอนหนึ่งในมหากาพย์รามายณะกล่าวว่า “ เมื่อนางเกาสุริยาได้ฟังว่า พระรามมิได้มีการแต่งตั้งให้เป็นกษัตริย์แล้ว พระนางถึงกับล้มราวกับต้นกล้วยถูกฟันด้วยคมมีด ” ปัจจุบันพันธุ์กล้วยที่สำคัญของไทย ได้แก่ กล้วยน้ำว้า ปลูกกันมากที่สุดในจังหวัดเลย หนองคาย และระนอง ตามลำดับ รองลงมาได้แก่กล้วยไข่ ซึ่งปลูกกันมากที่สุดที่จังหวัดกำแพงเพชร ตาก และนครสวรรค์ ที่มา: (ลาลูแบร์, มองซิเออร์ เดอะ. 2548: 247)

ลักษณะ กล้วยเป็นพรรณไม้ล้มลุก มีลำต้นเทียมสูงประมาณ 2-9 เมตร มีลำต้นสั้นๆ อยู่ใต้ดิน (ที่เรียกว่า “ หัว ”) พร้อมด้วยตาหลายตาเป็นตำแหน่งที่เกิดเหล่าที่เจริญเป็นหน่อ รากแผ่กระจายไปตามแนวราบ แต่ส่วนมารากจะอยู่ที่ผิวดิน หน่อมีรูปทรงกระบอก ลำต้นเทียมที่เกิดจากกาบใบที่ทับสลักกันจนแน่นกอดกันเป็นก้อนกลม

ใบ หรือ ใบตองกล้วยมีขนาดใหญ่ ลักษณะใบเป็นแผ่นยาวประมาณ 1.50 เมตร กว้างประมาณ 40.60 ซม. ทรงตัวอยู่ได้ด้วยเส้นกลางใบที่แน่นแข็ง ใบมีการจัดเรียงแบบขนนก มีเส้นใบขนานกันดอก ออกดอกเป็นช่อห้อยลงมา มีกาบหุ้มมีสีแดงอมม่วง เรียกว่า หัวปลี รูปร่างกลมรี มีดอกทยอยติดกันเป็นแผง ดอกตัวเมียจะอยู่ที่ฐาน ส่วนดอกตัวผู้จะอยู่ช่วงปลาย

ผล หลังจากดอกตัวเมียเริ่มเจริญเป็นผล ดอกตัวผู้ก็จะร่วงไป ช่อดอกจะเจริญต่อไปเป็นเครือกล้วยที่ประกอบด้วยหวีกล้วยประมาณ 7-8 หวี ผลกล้วยอ่อนมีสีเขียวพอแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

การใช้ประโยชน์ ทางอาหาร ทุกส่วนของกล้วยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยเฉพาะผลสามารถใช้ประโยชน์ทางอาหารได้สูงสุด รับประทานได้ทั้งผลดิบและสุก กล้วยสุกนำไปเผาทั้งเปลือก ชูดเอาแต่น้ำไปดกกับข้าว เป็นอาหารชนิดแรกของคนไทยนอกจากนมแม่ กล้วยดิบสามารถนำไปแปรรูปเป็น แป้งกล้วย ไข่ผสมกับอาหารอื่นๆ หรือไปทำเป็นกล้วยฉาบ กล้วยกวน กล้วยตาก ข้าวเกรียบกล้วย ก็เป็นที่นิยมเช่นกัน นอกจากผลแล้ว ปลีกล้วย ใช้เป็นผักเป็นส่วนประกอบหลักที่สำคัญของแกงเลียง อาหารเพิ่มน้ำมันให้แก่แม่ที่เพิ่งคลอดบุตร กาบใบ (ไส้) ใช้ทำอาหาร เช่น แกง ที่ม่า: (ระพี สาคริก. 2542: 31)

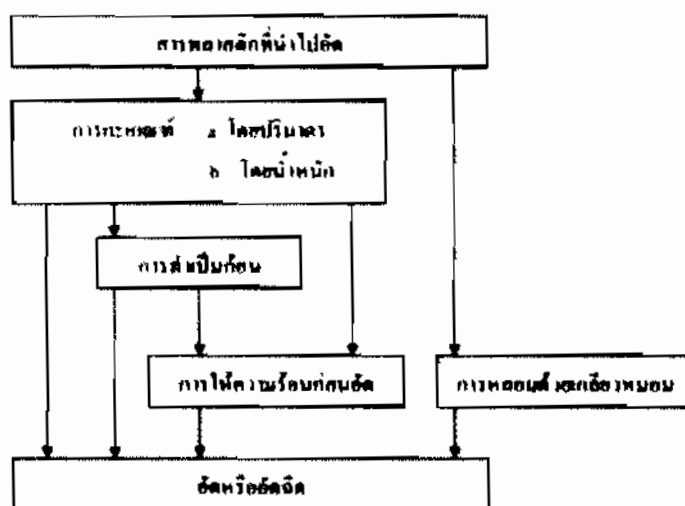
เส้นใย หมายถึง สิ่งที่มีลักษณะเป็นเส้นยาวเรียวยาว องค์ประกอบของเซลล์ส่วนใหญ่ เป็นเซลลูโลส เกิดจากการรวมตัวของพอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) ของกลูโคส (glucose) ซึ่งโมเลกุลของเซลลูโลสเรียงกันในผนังเซลล์ของพืชเป็นหน่วยเส้นใยขนาดเล็กมาก เกิดการเกาะจับตัวกันเป็นเส้นใยชั้นที่ม่า: (อนันต์เสวก เหวซึ่งเจริญ. 2546: 48)

ขั้นตอนการผลิตเส้นใยกล้วย ทำการตัดต้นกล้วยแล้วชูดให้เหลือแต่เส้นใย

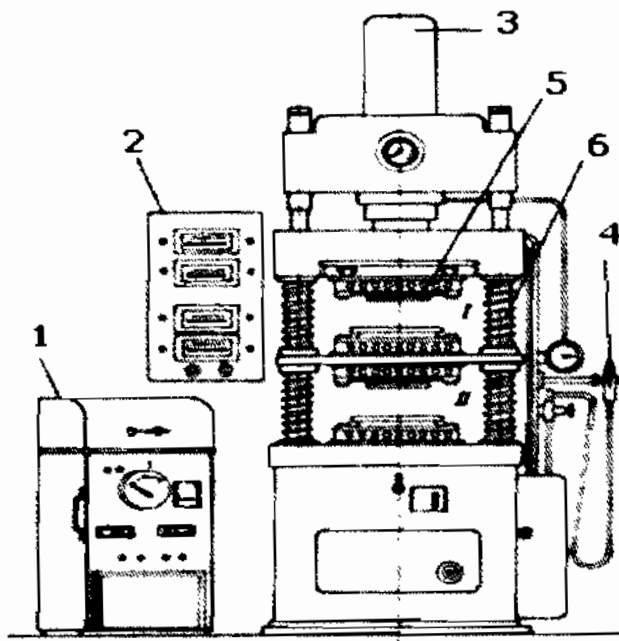


ภาพประกอบ 13 ขั้นตอนการทำใยกล้วย
ที่มา: (หนังสือเทคโนโลยีชาวบ้าน. 2556)

งานอัด (Compression Moulding) หมายถึง การทำงานพลาสติก เช่นทำเป็นจาน ชาม สวิตช์ไฟ ถังขยะ พาเลท ลังพลาสติก ฯลฯ โดยเติมพลาสติกลงในแม่แบบเปิด แล้วใช้ความดันอัดปิดแม่แบบ พร้อมทั้งให้ความร้อนกับให้พลาสติกไหลเข้าไปแทนที่ช่องว่างในรูปทรงของชิ้นงาน งานอัดฉีด (Transfer Moulding) ต่างกับงานอัด (Compression Moulding) คือจะไม่เติมพลาสติกลงในแม่แบบเปิด แต่จะใช้แรงดันจากลูกสูบไฮดรอลิค อัดพลาสติกให้เข้าไปในแม่แบบปิดการเตรียมพลาสติกเพื่อเข้ากระบวนการผลิตชิ้นงาน พลาสติกที่ผลิตออกมาจำหน่ายส่วนมากจะอยู่ในรูปผง เป็นเม็ดหรือเหลวเป็นแป้งเปียกซึ่งถ้าอยู่ในสภาพนี้สามารถนำเข้ากระบวนการผลิตโดยงานอัดและอัดฉีดได้ดี แต่ถ้าต้องการผสมสารปรับปรุงคุณภาพจะต้องเข้ากระบวนการเตรียมวัสดุก่อน ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 กรรมวิธีคือ กรรมวิธีหลอมเหลว และกรรมวิธีผสมโดยเติมของเหลวการผลิตชิ้นงานจากพลาสติกประเภท เทอร์โมเซตติงใช้กรรมวิธีอัดพลาสติก มาตั้งแต่เริ่มแรกและก็ยังเป็นกรรมวิธีที่ใช้ได้ดีอยู่ในปัจจุบันและหลังจากนั้นได้มีการพัฒนางานอัดฉีดพลาสติก (Transfer Moulding) ขึ้นมาใช้สำหรับชิ้นงานที่มีรูปทรงยากๆที่ไม่เหมาะกับการใช้กรรมวิธีอัดพลาสติก



ภาพประกอบ 14 แสดงขั้นตอนการทำงานก่อนเข้าเครื่องผลิต
ที่มา: (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2556: เว็บไซต์)



ภาพประกอบ 15 ชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องอัด
ที่มา: (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2556: เว็บไซต์)

เครื่องอัดแบบอัตโนมัติที่ใช้ในการอัดชิ้นงานทรงแบน

1. เครื่องให้ความร้อนพลาสติกแบบไฮฟรี้คววนซี
2. เครื่องมือวัดและควบคุมอุณหภูมิ
3. ปัมไฮดรอลิก
4. หัวเป่าลมอัดเพื่อทำความสะอาดแม่พิมพ์
5. ฮีทเตอร์
6. สปริง

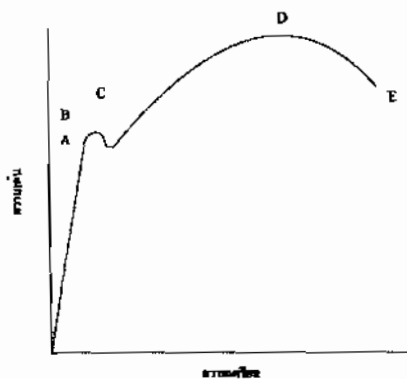
การทำให้เป็นก้อนก่อนการอัด

- การเติมพลาสติกลงใน Die
- อัดด้วยแท่งอัดตัวบนโดยใช้แรงดันจากลูกสูบไฮดรอลิก
- เลื่อนแท่งอัดตัวล่างขึ้นอัด โดยใช้แรงดันจากลูกสูบไฮดรอลิก
- ดันก้อนพลาสติกที่อัดแล้วออก
- ผลักชิ้นงานลงพร้อมทั้งเติมพลาสติกใหม่

การทดสอบแรงดึง (tension test หรือ tensile test) คือ วิธีการทดสอบเนื้อสัมผัส (texture analysis) โดยใช้แรงดึง (tesile force) ดึงวัสดุอย่างช้าๆ ทำให้วัสดุจะยืดยาวขึ้นอาจให้แรงดึง เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดแล้วบันทึกความสัมพันธ์ระหว่าง ความเค้นดึง (tensile stress) กับ ความเครียดตามแนวดึง (tesilestrain) แสดงความสัมพันธ์เป็นกราฟ เรียกว่า กราฟความเค้นกับความเครียด (stress-strain curve) หรือ แรงดึง กับ ระยะการเปลี่ยนรูป (Deformation) ซึ่งเป็นระยะที่วัสดุยืดตัวออกจากระยะเดิม

การทดสอบเนื้อสัมผัสแบบการทดสอบแรงดึง (tensile test) และการทดสอบแรงอัด (compression test) ที่ใช้แรงประเภทเดียวกัน คือเป็นแรงตรง (Direct Load) กระทำผ่านจุดศูนย์กลางของหน้าตัด ต่างกันที่ การทดสอบแรงดึงใช้หาค่าการยืดตัว การทดสอบแรงกด หาค่าการหดตัว ที่มา: (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2546: 26)

วิธีการทดสอบนั้นเราจะนำตัวอย่างที่จะทดสอบมาดึงอย่างช้าๆ แล้วบันทึกค่าของความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นไว้ แล้วมาพลอตเป็นเส้นโค้ง ขนาดและรูปร่างของชิ้นทดสอบมีต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุนั้นๆ มาตรฐานต่างๆ ของการทดสอบ เช่น มาตรฐานของ ASTM (American Society of Testing and Materials), BS (British Standards), JIS (Japanese Industrial Standards) หรือ แม้แต่ มอก. (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไทย) ได้กำหนดขนาดและรูปร่างของชิ้นทดสอบไว้ ทั้งนี้ เพื่อให้ผลของการทดสอบเชื่อถือได้ พร้อมกับกำหนดความเร็วในการเพิ่มแรงกระทำเอาไว้ด้วย

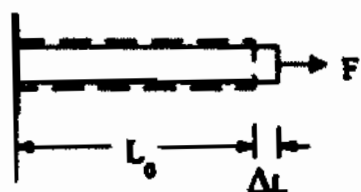


ภาพประกอบ 16 เส้นโค้งความเค้น-ความเครียด (Stress-Strain Curve)

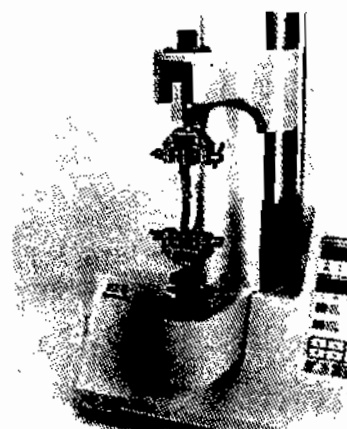
ที่มา: (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2556: เว็บไซต์)

จากการศึกษาเส้นโค้งความเค้น-ความเครียด เราพบว่า เมื่อเราเริ่มดึงชิ้นทดสอบอย่างช้าๆ ชิ้นทดสอบจะค่อยๆยืดออกจนถึงจุดจุดหนึ่ง(จุดA)ซึ่งในช่วงนี้ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น-ความเครียดจะเป็นสัดส่วนคงที่ ทำให้เราได้กราฟที่เป็นเส้นตรง ตามกฎของฮุก (Hook's law) ซึ่งกล่าวว่าความเค้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเครียด จุด A นี้ เรียกว่าพิสัยสัดส่วน (Proportional Limit) และภายใต้พิสัยสัดส่วนนี้ วัสดุจะแสดงพฤติกรรมการคืนรูปแบบอีลาสติก (Elastic Behavior) นั่นคือเมื่อปล่อยแรงกระทำ ชิ้นทดสอบจะกลับไปมีขนาดเท่าเดิม

เมื่อเราเพิ่มแรงกระทำต่อไปจนเกินพิกัดสัดส่วน เส้นกราฟจะค่อยๆ โค้งออกจากเส้นตรงวัสดุหลายชนิดจะยังคงแสดงพฤติกรรมการคืนรูปได้อีกเล็กน้อยจนถึงจุดๆหนึ่ง (จุด B) คุณสมบัติของวัสดุได้ด้วยว่า คำว่า ความแข็งแรง (Strength) ของวัสดุ หรือ กำลังวัสดุ นั้น โดยทั่วไปจะหมายถึงค่าความเค้นสูงสุดที่วัสดุทนได้นี้เองที่จุดสุดท้าย (จุด E) ของกราฟ เป็นจุดที่วัสดุเกิดการแตกหรือขาดออกจากกัน



ความเค้นดึง
Tensile stress



ภาพประกอบ 17 เครื่องทดสอบแรงดึง
ที่มา: (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2546: 26)

การทดสอบแรงดึง ใช้ทดสอบความเหนียวของอาหารที่เป็นเส้น เช่น พาสต้า (pasta) บะหมี่ (noodle) เบคอนหรือใช้ทดสอบวัสดุบรรจุภัณฑ์ (packaging material) เช่นพลาสติก

ความหนาแน่น Density เป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ยิ่งวัตถุมีความหนาแน่นมากขึ้น มวลต่อหน่วยปริมาตรก็ยิ่งมากขึ้น กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือวัตถุที่มีความหนาแน่นสูง (เช่น เหล็ก) จะมีปริมาตรน้อยกว่าวัตถุความหนาแน่นต่ำ (เช่น น้ำ) ที่มีมวลเท่ากัน

หน่วยเอสไอของความหนาแน่นคือ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3)

ความหนาแน่นเฉลี่ย (average density) หาได้จากผลหารระหว่างมวลรวมกับปริมาตรรวม ดังสมการดังต่อไปนี้

$$\rho = \frac{m}{V}$$

โดยที่

ρ คือความหนาแน่นของวัตถุ (หน่วย กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

m คือมวลรวมของวัตถุ (หน่วย กิโลกรัม)

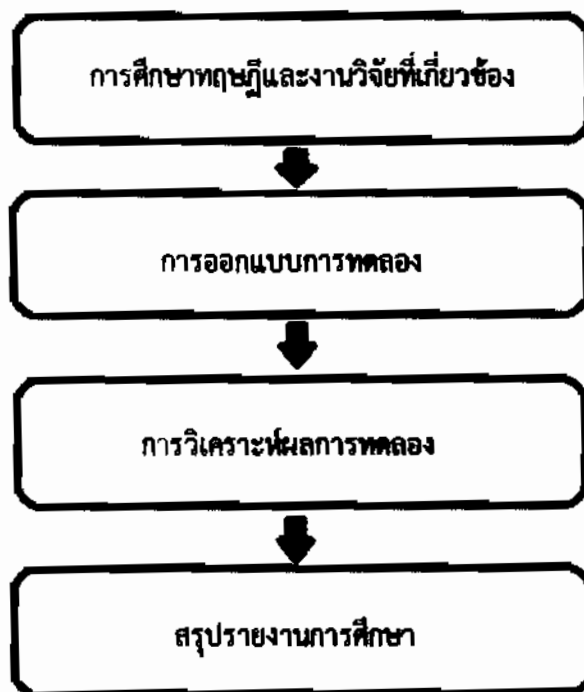
V คือปริมาตรรวมของวัตถุ (หน่วย ลูกบาศก์เมตร)

ความเหน็ด คือค่าบ่งชี้คุณสมบัติความต้านทานการไหลในตัวของไหล ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปจากการกระทำของความเค้นเฉือนหรือความเค้นภายนอก ความเหน็ดนี้อธิบายถึงความสามารถในการต้านทานการไหลภายในตัวของไหล และอาจจะถูกพิจารณาให้เป็นตัวชี้วัดความเสียดทานของไหลได้ ยิ่งของไหลมีความเหน็ดต่ำมากเท่าไร มันก็จะยิ่งมีความสามารถในการเปลี่ยนรูปได้มากเท่านั้นสำหรับค่าเรียกใช้โดยทั่วไป อาจจะใช้คำว่า "ความหนา" ตัวอย่างเช่น น้ำ ที่มีความเหน็ดต่ำอาจจะถูกเรียกว่า "บาง" ในขณะที่น้ำผึ้งซึ่งมีความเหน็ดสูงนั้นอาจจะถูกเรียกว่า "หนา" สำหรับของไหลในความเป็นจริงนั้น (ยกเว้น ซูเปอร์ฟลูอิด) จะมีค่าความเหน็ดในตัว แต่อย่างไรก็ตาม ในทางอุดมคติ ของไหลอาจจะถูกสมมติให้ไร้ความเหน็ด เรียกว่า ของไหลในอุดมคติ หรือ ของไหลไร้ความเหน็ด สำหรับวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับของไหลคือ วิทยาศาสตร์การไหล

บทที่ 3

การดำเนินการศึกษา

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดเครื่องมืออุปกรณ์ในการผสมพลาสติก PLA กับเส้นใยกล้วย และ วิธีดำเนินการวิจัยในการศึกษาการผสมพลาสติก PLA กับใยกล้วย โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 18 ขั้นตอนการดำเนินการ

3.1 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการผสมและวิเคราะห์พลาสติกชีวภาพชนิด PLA กับเส้นใยกล้วย ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการนำเอาวัสดุที่กล่าวมานั้นมาผสมการผสมตามในปริมาณอัตราส่วนของเส้นใยกล้วย 10 เปอร์เซ็นต์และ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักรวม 100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อที่จะนำไปทดสอบค่าความแข็งแรงต่างๆว่า จะเพิ่มขึ้นมากหรือน้อยเท่าไรจากที่ไม่ได้ผสมอะไร ทั้งนี้ได้มีการตรวจสอบเทียบกับมาตรฐาน ASTM D638 ส่วนนี้ของมาตรฐาน ASTM D638 ระบุสถานะสำหรับการหาสมบัติแรงดึงของพลาสติกและพลาสติกเสริมแรง โดยใช้ชิ้นงานรูปทรงดัมเบล และ มาตรฐาน ASTM D792-13 เป็นมาตรฐานความหนาแน่น

3.1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันมีการแข่งขันด้านการผลิตในอุตสาหกรรมสูง ส่งผลให้มีการพัฒนากระบวนการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากขึ้นโดยเฉพาะความต้องการวัสดุที่มีคุณภาพสูงเพื่อใช้ในอุตสาหกรรม การผลิตและสนับสนุนกระบวนการผลิต ทำให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อสามารถผลิตวัสดุขั้นสูงที่มีคุณภาพและตอบสนองความต้องการของมนุษย์ได้มากที่สุด วัสดุชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ คือ วัสดุเชิงโครงสร้าง (structural materials) จัดเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรง ทนทานสูง สามารถรับและต้านทานแรงเชิงกลได้เป็นอย่างดี ถึงกระนั้นวิวัฒนาการของวัสดุดังกล่าวก็มีมาอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งมีการค้นพบ วัสดุนาโนคอมโพสิตเชิงโครงสร้าง (structural Nano composite)

3.2 การออกแบบการทดลอง

การผสมพลาสติก PLA กับเส้นใยกล้วย

3.2.1 วัสดุ

3.2.1.1 เม็ดพลาสติก

3.2.1.2 เส้นใยกล้วย ที่ผ่านการอบเอาความชื้นออก

3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.2.1 เครื่องอบพลาสติก

3.2.2.2 เครื่องบดผสมภายใน (Internal Mixer , Haake Rheomix)

3.2.2.3 เครื่องชั่งดิจิตอล

3.2.2.4 เครื่องย่อยพลาสติก

3.2.2.5 เครื่องอัดรีดพลาสติก (Compression Molding)

3.2.2.5 เครื่องทดสอบความหนืดของพลาสติก

3.2.2.6 เครื่องทดสอบ TGA (Thermo Gravimetric Analysis)

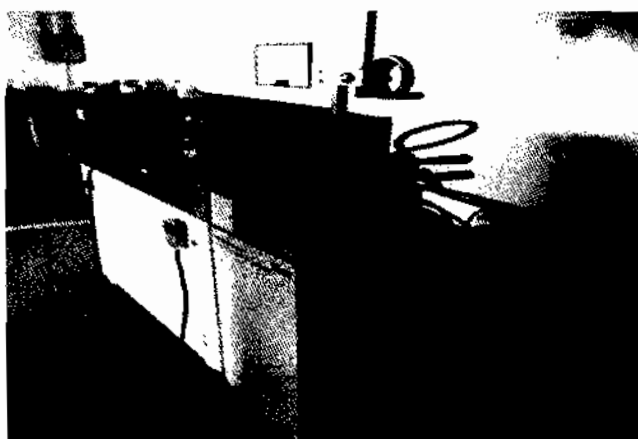
3.2.3 เครื่องบดผสมภายใน (Internal Mixer , Haake Rheomix) มีรายละเอียดดังนี้

3.2.3.1 โรเตอร์ (Rotor) พื้นผิวไม่ราบเรียบจำนวน 2 ชุดบรรจุอยู่ในห้องผสม

3.2.3.2 ปรับอุณหภูมิในการผสมแต่ละครั้ง ที่ 170 องศาเซลเซียส

3.2.3.3 โรเตอร์ทั้งสองหมุนสวนทางกันด้วยความเร็วที่สามารถปรับได้

3.2.3.4 เกิดแรงเฉือนในห้องผสม ทำให้การกระจายตัวของใยกล้วยเกิดขึ้นได้



ภาพประกอบ 19 เครื่อง Internal Mixer

3.3 การเตรียมวัตถุดิบ

3.3.1 ในการเตรียมเส้นใยก่อนที่จะนำมาผสมกับพลาสติก PLA มีขั้นดังนี้

3.3.1.1 นำเส้นใยมาตัดให้ได้ขนาด 0.5 ถึง 1 เซนติเมตร

3.3.1.2 นำเส้นใยที่ตัดมาล้างโซเลน

3.3.1.3 เอาเส้นใยที่ล้างแล้วมาตากแห้ง และ นำไปอบไล่ความชื้น

3.3.1.4 นำเส้นใยไปปรับปรุงคุณภาพของเส้นใย

3.3.1.5 นำเส้นใยไปอบเพื่อไล่ความชื้นก่อนที่จะนำไปเก็บไว้



ภาพประกอบ 20 เส้นใย และ อุปกรณ์ในการล้างเส้นใย



ภาพประกอบ 21 ขั้นตอนการนำเส้นใยเซลูโลส



ภาพประกอบ 22 ขั้นตอนการล้างทำความสะอาดเส้นใย



ภาพประกอบ 23 ขั้นตอนตรวจสอบค่า pH ของน้ำ

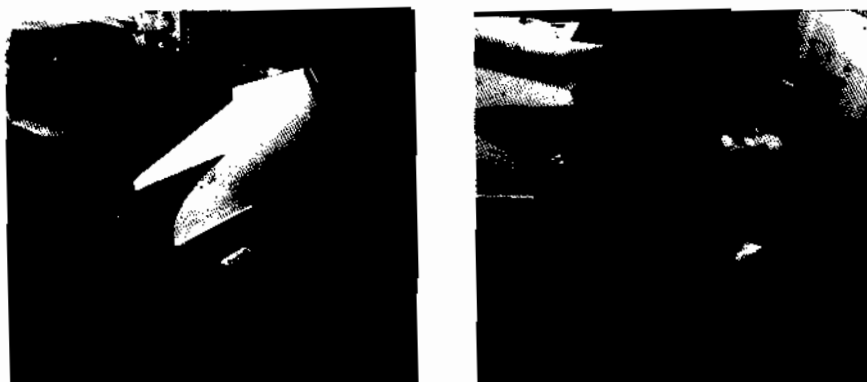


ภาพประกอบ 24 เส้นใยที่ล้างเสร็จแล้วมาตาก และ นำไปอบไล่ความชื้น

ก่อนทำการผสมใยกล้วย กับพลาสติก PLA จะนำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แล้วนำมาผสมกับพลาสติก PLA ในปริมาณอัตราส่วนของเส้นใยกล้วย 10 เปอร์เซ็นต์ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักรวม ใยกล้วย กับพลาสติก PLA เท่ากับ 45 กิโลกรัม ถูกเตรียมโดยใช้เครื่องบดผสมภายใน (Internal Mixer) โดยใช้ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที อุณหภูมิที่ใช้คือ 170 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้เท่ากับ 3 นาที เวลาที่ใช้ในการอบประมาณ 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำพลาสติกที่ได้จากการบดผสม และนำไปบดด้วย เครื่องย่อยพลาสติก จากนั้นทำการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบด้วยการขึ้นรูปการอัดรีดพลาสติกหรือ Compression Molding



ภาพประกอบ 25 ขั้นตอนการอบไล่ความชื้น



ภาพประกอบ 26 เครื่องบดพลาสติก และการบดพลาสติก

3.4 ขั้นตอนการขึ้นรูป

3.4.1 ผสมวัตถุดิบทั้งสามเข้าด้วยกันโดยเครื่อง Internal Mixer โดยมีอัตราส่วนของการผสมดังต่อไปนี้

3.4.1.1 พลาสติก PLA 90 เปอร์เซ็นต์ ผสม โยกล้วย 10 เปอร์เซ็นต์

3.4.1.2 พลาสติก PLA 80 เปอร์เซ็นต์ ผสม โยกล้วย 20 เปอร์เซ็นต์

3.4.1.3 นำส่วนผสมที่ได้มาบดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ด้วยเครื่องบดพลาสติก

3.4.1.4 นำเม็ดพลาสติกที่บดแล้ว มาทำการอบเพื่อไล่ความชื้น

3.4.1.5 นำพลาสติกที่อบแล้วมาทำการขึ้นรูปโดยใช้เครื่อง Compression Molding

3.4.1.6 ทำการกดอัดขึ้นรูปตามแม่พิมพ์

3.4.1.7 นำชิ้นงานที่ได้มาดัดทดสอบเพื่อที่จะหาค่าสมบัติเชิงกล



ภาพประกอบ 27 เครื่องอัดแบบอัดโนมิตที่ใช้ในการอัดชิ้นงานทรงแบน และวัสดุที่จะนำมาทำการกดอัด



ภาพประกอบ 28 แม่พิมพ์ของแผ่นทดสอบแรงดึง



ภาพประกอบ 29 ชิ้นงานที่จะนำไปทดสอบสมบัติทางกล

3.5 ขั้นตอนการทดสอบ TGA (Thermo Gravimetric Analysis) โดยที่มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือมาตรฐาน ASTM D3850

3.5.1 นำชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปแล้วมาทดสอบหาค่าคุณสมบัติทางกลต่างๆ โดยมีขั้นตอนการทำดังต่อไปนี้

3.5.1.1 บ้อนค่า ความสูง และ ความหนาของชิ้นงานลงไปโปรแกรมของเครื่อง

3.5.1.2 ใส่ความเร็วในการดึง 50 มิลลิเมตรต่อนาที

3.5.1.3 นำชิ้นงานใส่เครื่องทดสอบ

3.5.1.4 เอาชิ้นงานที่ดึงขาดแล้ว มาวัดระยะความหนาของชิ้นงานบริเวณที่ขาด



ภาพประกอบ 30 การทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นงาน



ภาพประกอบ 31 การทดสอบความต้านทานแรงดึงของชิ้นงาน

3.6 ขั้นตอนการทดสอบการดูดซึมน้ำของพลาสติก โดยที่มีมาตรฐานในการทดสอบคือ ASTM D570

3.6.1 การทดสอบการดูดซึมน้ำของพลาสติกมีขั้นตอนดังนี้

3.6.1.1 นำชิ้นส่วนของพลาสติกที่ทำการทดสอบTGA เสร็จแล้วมาอบเพื่อไล่ความชื้นทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง

3.6.1.2 นำชิ้นงานที่อบเสร็จแล้วมาทำการชั่งน้ำหนัก

3.6.1.3 นำชิ้นงานใส่ภาชนะแล้วแช่น้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

3.6.1.4 เอาชิ้นงานที่แช่น้ำเสร็จแล้วมาทำการชั่งน้ำหนัก

3.6.1.5 หาค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักว่าเพิ่มมากหรือน้อยแค่ไหน



ภาพประกอบ 32 การชั่งชิ้นงานก่อนนำไปแช่น้ำ

3.7 ขั้นตอนการทดสอบความหนืดของพลาสติก

3.7.1 การทดสอบความหนืดของพลาสติกมีขั้นตอนดังนี้

3.7.1.1 ทำการเปิดเครื่องทดสอบความหนืดของพลาสติกแล้วตั้งค่าอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส โดยให้เปิดเครื่องไว้ ประมาณ 1 ชั่วโมง

3.7.1.2 ตั้งค่าต่างๆ ลงในเครื่อง

3.7.1.3 ใส่เม็ดพลาสติกลงในเครื่องแล้วกด Continue จากนั้นให้รอ 3 นาที

3.7.1.4 เมื่อครบ 3 นาที แล้วให้กด Statจากนั้นพลาสติกก็จะไหลออกมาให้เอาพลาสติกที่ไหล ออกมาโดยช่วงเวลาที่ไหล 15 วินาที มาชั่งหาน้ำหนัก

3.7.1.5 นำค่าน้ำหนักที่ได้จากการชั่งมาป้อนลงในเครื่อง โดยที่เครื่องจะคำนวณค่าน้ำหนักของพลาสติกเทียบกับเวลา 10 นาที

หมายเหตุ เนื่องจากความหนืดของพลาสติก มีหน่วยการวัด คือ น้ำหนัก(กรัม)ต่อเวลา(10นาที)



ภาพประกอบ 33 ขั้นตอนการวัดค่าความหนืดของพลาสติก



ภาพประกอบ 34 หน้าจอแสดงผลเครื่องวัดค่าความหนืดของพลาสติก

3.8 ขั้นตอนการทดสอบความหนาแน่นของพลาสติก มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ ASTM D1258

3.8.1 การทดสอบความหนาแน่นของพลาสติกมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.8.1.1 นำพลาสติกที่การขึ้นรูปมาชั่งน้ำหนักในอากาศโดยใช้เครื่องมือในการชั่งน้ำหนัก

3.8.1.2 จากนั้นนำเอาพลาสติกที่ชั่งน้ำหนักในอากาศมาชั่งน้ำหนักในน้ำ



ภาพประกอบ 35 การชั่งน้ำหนักโดย อากาศ และ ในน้ำ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\rho_{\text{ชิ้นงาน}} = \frac{\rho_{\text{ในน้ำ}} \times W_{\text{อากาศ}}}{W_{\text{อากาศ}} - W_{\text{น้ำ}}}$$

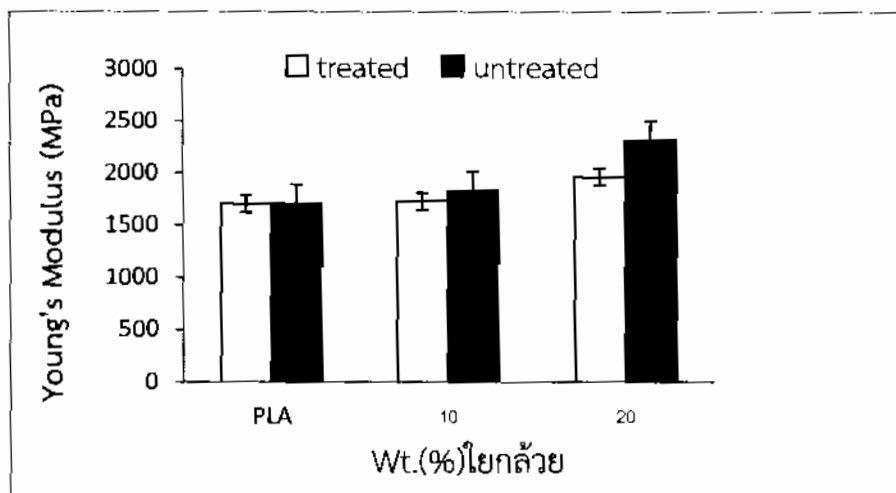
$$\rho_{\text{น้ำ}} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

บทที่ 4

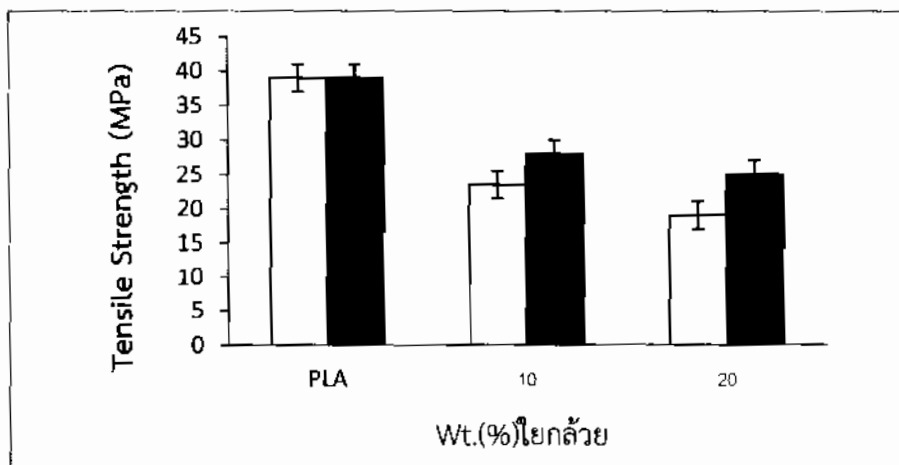
ผลการศึกษางานวิจัย

4.1 จากผลการทดสอบความสามารถในการดึงของพลาสติก (Tensile strength) ตามมาตรฐาน ASTM D638 (Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics)

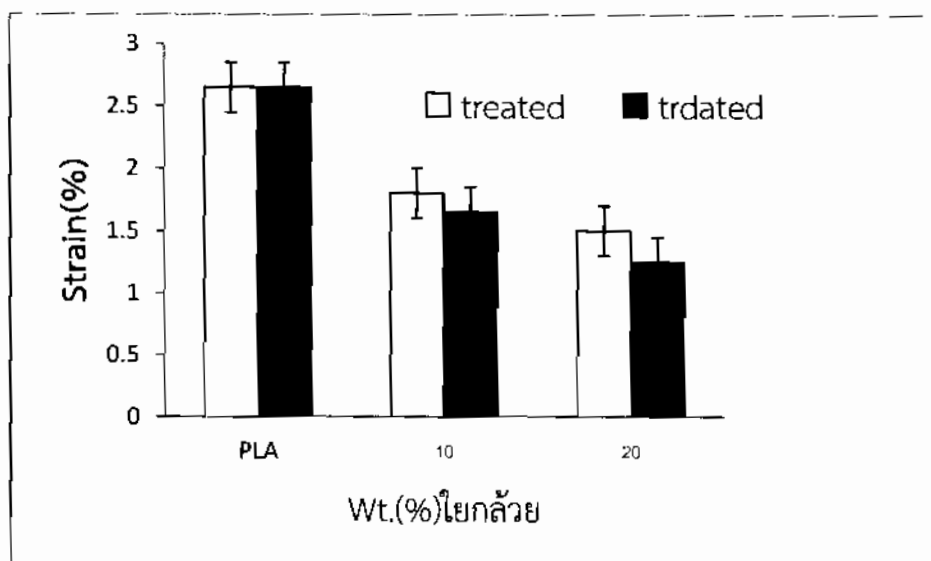
จากการขึ้นรูปนำชิ้นงานที่ได้มาทำการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลด้วยเครื่อง Tensile Test เปรียบเทียบระหว่างพลาสติก PLA ผสมกับผสมเส้นใยกล้วยที่อัตราส่วน 10 เปอร์เซ็นต์ และ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ผ่านการล้างและยังไม่ผ่านการล้างจะได้ค่า Young's Modulus, Tensile strength และ Extension at break ค่าที่ได้จะแสดงกราฟต่อไปนี้



ภาพประกอบ 36 กราฟแสดงค่า Young's Modulus ของชิ้นงาน



ภาพประกอบ 37 กราฟแสดงค่า Tensile strength ของชิ้นงาน



ภาพประกอบ 38 กราฟแสดงค่า Extension at break ของชิ้นงาน

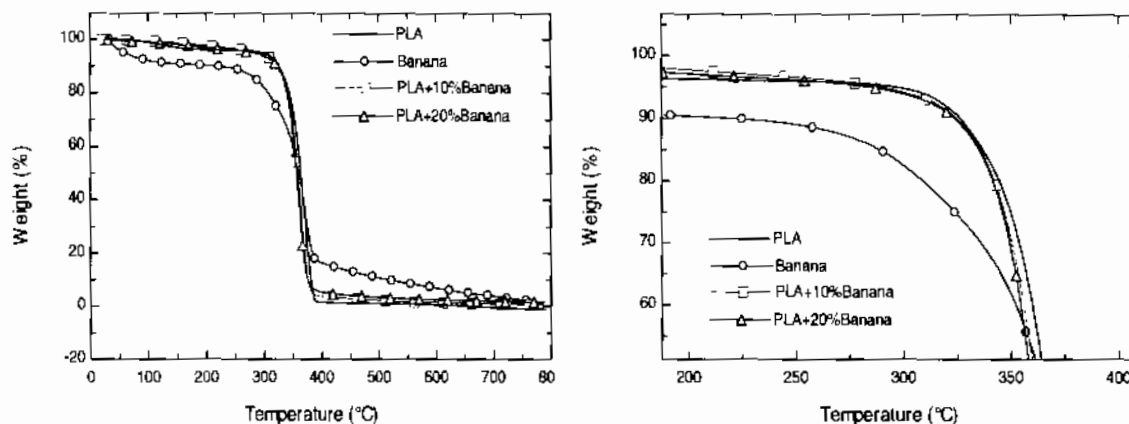
จากภาพประกอบ 36 กราฟแสดงค่า Young's Modulus ของพลาสติกจากภาพประกอบจะเห็นว่าพลาสติกที่ผสมกับเส้นใยกล้วย 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ จะมีความแข็งแรงมากขึ้น และเมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของเส้นใยกล้วย ค่าความแข็งแรงก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเมื่อเทียบกับพลาสติก PLA ที่ยังไม่ได้ผสมอะไร พลาสติก PLA ที่ยังไม่ผสมอะไรมีค่า Young's Modulus อยู่ที่ 1700 Mpa เมื่อเราผสมเส้นใยกล้วยเข้าไปที่ 10 เปอร์เซ็นต์โดยที่ยังไม่ผ่านการล้างเส้นใย ค่า Young's Modulus ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1726 Mpa. แต่เมื่อนำเส้นใยกล้วยที่ผสมเส้นใย 10 เปอร์เซ็นต์ มาทำการล้างเส้นใย ค่า Young's Modulus ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1824 Mpa. และถ้าเราเพิ่มเส้นใยกล้วยเข้าไปอีกเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ถ้ายังไม่มีการล้างเส้นใย ค่า Young's Modulus ก็จะมีค่าเท่ากับ 1958 Mpa. จะเห็นว่าจะมีค่ามากกว่าเส้นใย 10 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้านำเส้นใยกล้วย 20 เปอร์เซ็นต์ มาทำการล้างเส้นใย ค่า Young's Modulus ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกเท่ากับ 2315 Mpa. จะเห็นได้ว่าเมื่อเราเพิ่มเส้นใยกล้วยเข้าไป ค่า Young's Modulus ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ก็จะทำให้วัสดุมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

จากภาพประกอบ 37 กราฟแสดงค่า Tensile strength ของชิ้นงาน จะเป็นกราฟแสดงความต้านทานแรงดึงของพลาสติก จากกราฟจะเห็นว่าเส้นใยที่ยังไม่ผ่านการล้าง จะมีความต้านทานแรงดึงน้อยกว่าเส้นใยที่ผ่านการล้างมาแล้ว แต่เมื่อเทียบกับพลาสติก PLA จะเห็นว่าพลาสติกที่ผสมเส้นใยจะมีความต้านทานแรงดึงลดลงพลาสติก PLA จะมีค่า Tensile strength ประมาณ 39 Mpa. แต่เมื่อเพิ่มเส้นใยกล้วยเข้าไปที่ 10 เปอร์เซ็นต์ ถ้ายังไม่ได้ล้างเส้นใยก็จะมีค่า tensile strength เท่ากับ 24 Mpa. แต่ถ้าทำการล้างเส้นใยก็จะมีค่า tensile strength เท่ากับ 28 Mpa. เมื่อเราเพิ่มเส้นใยเข้าไปเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ก็จะทำให้ค่า tensile strength ลดลงถ้ายังไม่มีการล้างเส้นใย ค่า tensile strength จะเท่ากับ 20 Mpa. แต่ถ้าล้างเส้นใยจะเหลือ 25 Mpa. ทำให้เห็นได้ว่าเมื่อเราเพิ่มเส้นใยกล้วยจะทำให้ค่า tensile strength มีค่าลดลง

จากภาพประกอบ 38 กราฟแสดงค่า Extension at break ของชิ้นงาน จะเป็นกราฟแสดงระยะการยืดของพลาสติก จะเห็นได้ว่าพลาสติกที่ผสมเส้นใยทั้ง 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ จะมีระยะยืดของพลาสติกลดลง และพลาสติกที่ผสมเส้นใยที่ผ่านกระบวนการล้างเส้นใยมาแล้วจะมีระยะยืดที่มากกว่า เส้นใยที่ยังไม่ได้ล้าง แต่เมื่อเทียบกับพลาสติก PLA ที่ไม่ได้ผสมอะไร จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มเส้นใยเข้าไปก็จะลดระยะในการยืดของพลาสติกลง การยืดตัวของพลาสติก PLA ที่ไม่ผสมอะไรจะมีค่าเท่ากับ 2.6mm. เมื่อเราเพิ่มเส้นใยกล้วย 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ยังไม่ล้างเส้นใยค่า Extension จะเท่ากับ 1.9mm. เมื่อล้างเส้นใยแล้วจะมีค่าเท่ากับ 1.6mm. ถ้าเพิ่มเส้นใยเข้าไปเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ ก็จะทำให้ค่า Extension ลดลง ถ้ายังไม่มีการล้างเส้นใยค่า Extension เท่ากับ 1.5mm. และเมื่อทำการล้างเส้นใยค่า Extension ก็เท่ากับ 1.3mm จะเห็นได้ว่าเมื่อเราเพิ่มเส้นใยเข้าไปก็จะทำให้ค่า Extension จะลดลงไปเรื่อยๆ

4.2 ผลการทดลอง TGA (Thermo Gravimetric Analysis)

จากที่ได้นำเอาเม็ดพลาสติกเข้าเครื่องทดสอบ TGA โดยที่มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือมาตรฐาน ASTM D3850 และจากที่ได้ทำการทดลองนำเอาเม็ดพลาสติกมาใส่ในเครื่องทดสอบ TGA ก็จะได้เห็นว่าการไหม้ของพลาสติกที่แสดงในกราฟที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ทำให้พลาสติกเริ่มไหม้



ภาพประกอบ 39 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อช่วงของอุณหภูมิของพลาสติก

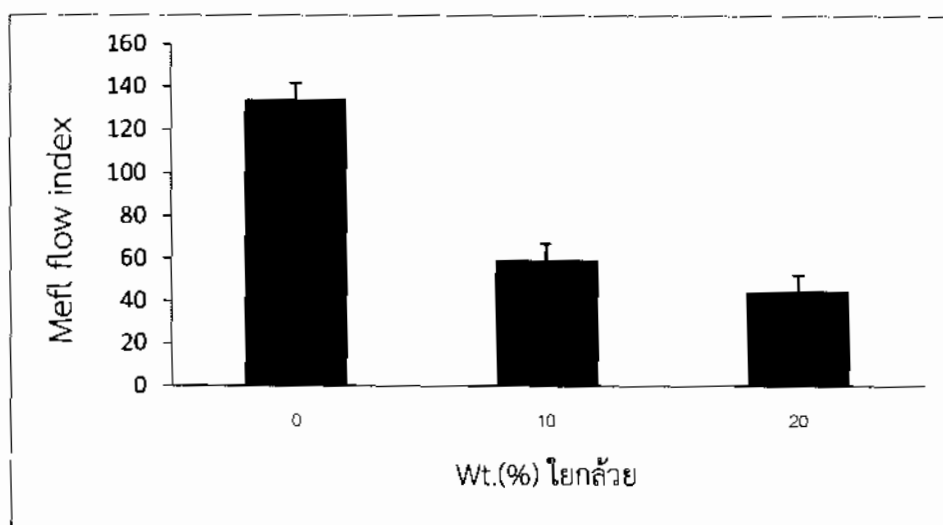
จากรูปกราฟของการทดสอบ TGA จะเห็นได้ว่าพลาสติก PLA ที่ไม่ผสมอะไร มีน้ำหนักเริ่มต้นที่ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเริ่มทำการทดสอบ เมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นพลาสติก PLA ก็จะเกิดการระเหยตัวออกมา ทำให้มีน้ำหนักลดลงแต่เพียงเล็กน้อยและจะเริ่มมีการเผาไหม้ที่ช่วงอุณหภูมิประมาณ 320-380 องศาเซลเซียส ก็จะทำให้พลาสติก PLA มีน้ำหนักลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเผาไหม้ไปเรื่อยๆจนถึงอุณหภูมิที่ 800 องศาเซลเซียสพลาสติกก็就会被เผาไหม้จนหมด สำหรับเส้นใยกล้วยจะมีน้ำหนักเริ่มต้นที่ 100 เปอร์เซ็นต์ เท่ากัน จะมีช่วงอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส จะเป็นช่วงของการระเหยก็จะทำให้ใยกล้วยมีน้ำหนักลดลงเหลือประมาณ 93 เปอร์เซ็นต์ และจะเริ่มมีการเผาไหม้ที่ช่วงอุณหภูมิ 300 ถึง 400 องศาเซลเซียส ก็จะเหลือน้ำหนักของใยกล้วยประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์และจะถูกเผาไหม้จนถึงอุณหภูมิที่ 800 องศาเซลเซียส จะเหลือเส้นใยกล้วยประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าเส้นใยกล้วยจะช่วยให้การทนต่ออุณหภูมิที่สูงได้เมื่อเทียบกับพลาสติกที่ไม่ได้ผสมอะไรจากกราฟการทดสอบ TGA พลาสติก PLA 80 เปอร์เซ็นต์ ผสมเส้นใยกล้วย 20 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเริ่มต้นที่ 100 เปอร์เซ็นต์เมื่อทำการเผาไหม้ผ่านไปถึงที่อุณหภูมิ 300-400 องศาเซลเซียสน้ำหนักเส้นใยกล้วยจะลดลงอย่างรวดเร็วเหลือประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเผาไหม้ไปถึงที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส น้ำหนักจะเหลืออยู่ที่ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ และพลาสติก PLA 90 เปอร์เซ็นต์ผสมเส้นใยกล้วย 10 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเริ่มต้นที่ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการเผาไหม้ผ่านไปถึงที่อุณหภูมิ 300-400 องศาเซลเซียสน้ำหนักพลาสติก PLA 90 เปอร์เซ็นต์ผสมเส้นใยกล้วย 10 เปอร์เซ็นต์จะเหลือน้ำหนักอยู่ที่ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ เผาไหม้จนถึงอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส จะเหลือน้ำหนักอยู่ประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์

4.3 การทดสอบค่าความหนืดของพลาสติก

หลังจากที่นำเม็ดพลาสติกที่ผสมเส้นใยกล้วยมาทำการทดสอบความหนืดแล้วผลที่ได้จากเครื่องทดสอบความหนืด จะมีดังต่อไปนี้

ตาราง 2 แสดงค่าความหนืดของพลาสติก

พลาสติก PLA (เปอร์เซ็นต์)	ใยกล้วย (เปอร์เซ็นต์)	การไหลของพลาสติก (กรัมต่อ 10 นาที)
90	10	58.8
80	20	44.146



ภาพประกอบ 40 แผนภูมิค่าความหนืดของพลาสติก

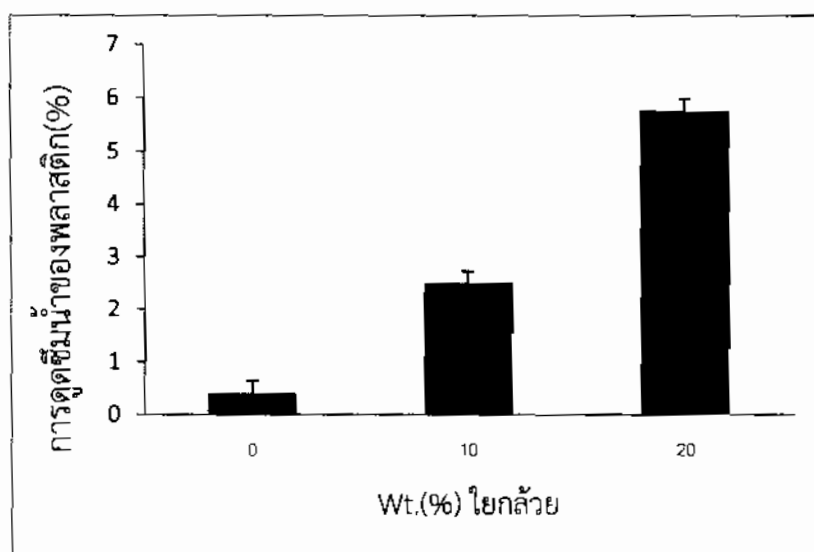
จากรูปภาพแผนภูมิค่าความหนืดของพลาสติก ในการทดสอบความหนืดของพลาสติกมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ ASTM D1258 โดยค่าความหนืดของพลาสติก PLA ที่ไม่ผสมอะไรค่าความหนืดคือ 133.72 กรัมต่อ 10 นาที จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าเส้นใยกล้วยจะเพิ่มความหนืดให้กับพลาสติก และถ้ายังปริมาณเส้นใยที่ผสมในพลาสติกมากเท่าใด ความหนืดของพลาสติกก็เพิ่มมากขึ้นจากรูปการทดสอบความหนืดของพลาสติก PLA เมื่อเราผสมเส้นใยกล้วยเข้ากับพลาสติก PLA 10 เปอร์เซ็นต์ ก็จะทำให้ความหนืดต่ำลงเท่ากับ 60 กรัมต่อ 10 นาที และเมื่อเราเพิ่มเส้นใยกล้วยเข้าไปอีกที่ 20 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับพลาสติก PLA ความหนืดก็จะลดลงเหลือ 45 กรัมต่อ 10 นาที จะเห็นได้ว่าเมื่อผสมเส้นใยกล้วยกับพลาสติก PLA มากความหนืดก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

4.4 การทดสอบการดูดซึมน้ำของพลาสติก

ขั้นตอนนี้จะแสดงให้เห็นว่าวัสดุที่นำมาผสมกับพลาสติกจะมีการดูดซึมน้ำมากน้อยเพียงใดเมื่อเทียบกับพลาสติกที่ไม่ได้ผสมอะไร จากการที่ได้นำพลาสติกที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปแล้วนำไปแชไว้ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลที่ได้จากการชั่งน้ำหนักก่อนแช่น้ำ และ หลังแช่น้ำมีดังต่อไปนี้

ตาราง 3 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของพลาสติก

พลาสติกPLA (เปอร์เซ็นต์)	ใยกล้วย (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)
90	10	1.225	1.2656	2.468
80	20	1.1444	1.1214	5.733



ภาพประกอบ 41 แผนภูมิแสดงค่าการดูดซึมน้ำของพลาสติก

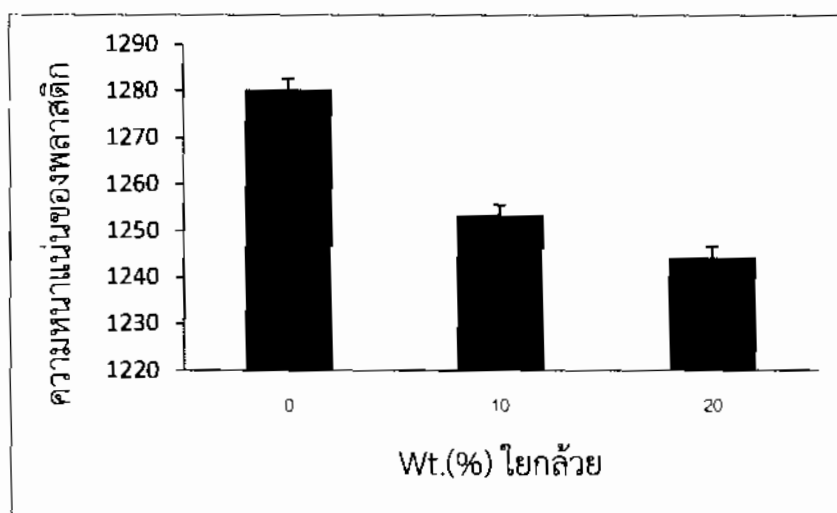
จากการทดสอบการดูดน้ำของพลาสติกโดยที่มีมาตรฐานในการทดสอบคือ ASTM D570 เมื่อนำพลาสติก PLA ที่ยังไม่ได้ผสมอะไร มาทำการหาค่าการดูดน้ำค่าที่ได้คือการดูดน้ำเพิ่มขึ้นที่ 0.38 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของใยกล้วยเข้าไปในพลาสติก PLA ทั้ง 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ จะมีการดูดน้ำได้มากกว่าพลาสติก PLA ที่ไม่ได้ผสมอะไร จากกราฟทดสอบการดูดน้ำของพลาสติก PLA ที่ไม่ได้ผสมอะไรมีค่าการดูดน้ำน้อยมากเมื่อเราผสมเส้นใยกล้วยเข้าไป 10 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้การดูดน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 2.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพิ่มใยกล้วยเข้าไปอีก 20 เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเพิ่มขึ้น 6 เปอร์เซ็นต์ จะได้ว่าเมื่อเราเพิ่มเส้นใยกล้วยผสมกับพลาสติก PLA จะให้ปริมาณการดูดน้ำเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิมทั้งนี้ที่น้ำหนักมีการเพิ่มขึ้นก็เนื่องจากว่าเส้นใยมีการดูดน้ำ

4.5 การทดสอบความหนาแน่นของพลาสติก

หลังจากนำพลาสติกไปชั่งเพื่อน้ำหนักโดยชั่งในอากาศ และ ในน้ำแล้วนำไปคำนวณเพื่อหาค่าความหนาแน่น ความหนาแน่นของน้ำ วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นนำค่าที่ได้จากการชั่งในอากาศ และ ในน้ำ มาคำนวณหาค่าความหนาแน่นโดยมีค่าดังต่อไปนี้

ตาราง 4 แสดงค่าความหนาแน่นของพลาสติก

พลาสติกPLA (เปอร์เซ็นต์)	ใยกล้วย (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักที่ชั่งใน อากาศ (กรัม)	น้ำหนักที่ชั่งใน น้ำ (กรัม)	ความหนาแน่น (กิโลกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร)
90	10	2.72	0.55	1253
80	20	2.65	0.52	1244



ภาพประกอบ 42 แผนภูมิแสดงความหนาแน่นของพลาสติก

จากการคำนวณหาค่าความหนาแน่นของพลาสติก จะเห็นได้ว่าเมื่อผสมใยกล้วยกับพลาสติก ความหนาแน่นของพลาสติกก็จะลด โดยที่เปรียบเทียบกับพลาสติก PLA ที่ยังไม่ได้ผสมกับอะไร ความหนาแน่นของพลาสติก PLA จะเท่ากับ 1280 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากแผนภูมิ จะเห็นได้ว่าค่าความหนาแน่นจะลดลงจากเดิมเนื่องจากเส้นใยกล้วยที่นำมาผสม เมื่อนำไปทดสอบความหนาแน่นของเส้นใย เส้นใยกล้วยจะลอยน้ำ นั่นก็คือเมื่อผสมเส้นใยกล้วยลงไปพลาสติก PLA ความหนาแน่นของวัสดุก็จะลดลง กราฟทดสอบความหนาแน่นพลาสติก PLA ที่ยังไม่ผสมอะไรมีค่าเท่ากับ 1280 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อเราผสมเส้นใยกล้วยเข้าไป 10 เปอร์เซ็นต์ทำให้ความหนาแน่นเหลือ 1253 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเมื่อผสมเส้นใยกล้วยเข้าไปที่ 20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ความหนาแน่นลดลงอีกเหลือ 1244 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะเห็นได้ว่าเมื่อเราผสมเส้นใยกล้วยมากขึ้นจะทำให้มีความหนาแน่นน้อยลง

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผล

จากผลการศึกษางานวิจัย ผู้ทำการวิจัยได้มีการศึกษากระบวนการผสมระหว่างวัสดุ 2 ชนิด ได้แก่ เส้นใยกล้วยและพลาสติก PLA โดยที่ผู้ทำการวิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกลของพลาสติก คือ Tensile test คือการทดสอบคุณสมบัติทางกลด้วยการดึงเพื่อทดสอบหาค่าความแข็งแรง การยืดตัวของพลาสติก และ หาค่าความต้านทานแรงดึงของพลาสติก โดยจากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อนำเส้นใยมาผสมกับพลาสติก ค่าการยืดตัวของพลาสติกและค่าความต้านทานแรงดึงของพลาสติกจะลดลงเมื่อเทียบกับพลาสติก PLA ที่ไม่ได้ผสมอะไร แต่ค่าความแข็งแรงของพลาสติกจะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับพลาสติก PLA ที่ไม่ได้ผสมอะไร TGA (Thermo Gravimetric Analysis) คือการทดสอบการไหม้ของพลาสติกจนกลายเป็นเถ้า จากที่ได้ทำการทดลองนำเอาเม็ดพลาสติกมาใส่ในเครื่องการทดสอบTGAจะเห็นได้ว่าเส้นใยกล้วยที่ไม่ผสมอะไรจะเกิดการไหม้ที่อุณหภูมิประมาณ 150 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าพลาสติก PLA ที่ผสมกับใยกล้วยโดยที่จะเริ่มไหม้ในช่วงอุณหภูมิ 300 ถึง 400 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าเส้นใยกล้วยจะช่วยในการหน่ออุณหภูมิที่สูงได้เมื่อเทียบกับพลาสติก PLA ที่ไม่ได้ผสมอะไร การทดสอบความเหนียวของพลาสติก ในการทดสอบความเหนียวของพลาสติก จากผลของการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อผสมเส้นใยกล้วยเข้าไปที่ 20 เปอร์เซ็นต์จะมีค่าความเหนียวมากกว่า การผสมใยกล้วยเข้าไปที่ 10 เปอร์เซ็นต์ การทดสอบการดูดซึมน้ำของพลาสติกจากการที่ได้นำพลาสติกที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปเป็นแผ่น แล้วนำไปแช่ไว้ในน้ำในเวลา 24 ชั่วโมง จากที่ได้ทำการทดสอบการดูดซึมน้ำของพลาสติก จากการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าเปอร์เซ็นต์ น้ำหนักจะเพิ่มขึ้นตามส่วนผสมของเส้นใยเมื่อเพิ่มจำนวนเส้นใยที่ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ จะมีการดูดน้ำได้มากขึ้นกว่าเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับพลาสติก PLA ที่ไม่ได้ผสมกับอะไร การทดสอบความหนาแน่นของพลาสติก จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มเส้นใยที่ผสมกับพลาสติกความหนาแน่นของวัสดุก็จะลดลง โดยที่เปรียบเทียบกับพลาสติก PLA ที่ยังไม่ได้ผสมกับอะไร จะเห็นได้ว่าค่าความหนาแน่นจะลดลงจากเดิมเนื่องจากเส้นใยกล้วยที่นำมาผสม เมื่อนำไปทดสอบความหนาแน่นของเส้นใย เส้นใยกล้วยจะลอยน้ำ นั่นก็คือเมื่อผสมเส้นใยกล้วยลงไปพลาสติก PLA ความหนาแน่นของพลาสติกก็จะลดลงตามไปด้วย

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กุลวัฒน์ บัวสวัสดิ์. *พลาสติก ผลิตภัณฑ์ใกล้ตัวคุณ ตอนที่ 2*. กรุงเทพฯ, 2539.
- นภาพร โคนุชิต. *พลาสติกแปลงร่าง*. กรุงเทพฯ : บุรพาสาน, 2554.
- โยธิน สุริยพงศ์. *มลพิษสิ่งแวดล้อม*. นครราชสีมา : สถาบันราชภัฏนครราชสีมา, 2542.
- ระพี สาคริก. *การเกษตรแบบพอเพียง*, 2542.
- ลาอุแบร์, มองซิเออร์ เตอะ. *จดหมายเหตุ ลา ลูแบร์ ราชอาณาจักรสยาม*. กรุงเทพฯ : เคล็ดไทย, 2548.
- สมพร มณีประสพสุข. *พลาสติกชีวภาพ จากพืชเศรษฐกิจไทย*. วารสารเคหการเกษตร 33, 5
214-216 ภาพประกอบ, พ.ศ. 2552.
- สุรัญญา วชิระไพโรจน์. *องค์ประกอบทางเคมีของสารโพลีแซคคาไรด์ และคุณสมบัติของ
พลาสติกของเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคพืช Xanthomonas spp*, 2539.
- อนันต์เสวก เท่วซึ่งเจริญ. *การพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติแบบพหุสำหรับอุตสาหกรรม
ครอบครัว*. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2546.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การตรวจค่า pH ของน้ำในการล้างเส้นใย

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ สมหมาย เชื้อมรัมย์
วันเกิด 4 สิงหาคม 2533
สถานที่เกิด มหาสารคาม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 135 หมู่ 12 ตำบลลานสะแก อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย
จังหวัดมหาสารคาม
รหัสไปรษณีย์ 44110

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2549 มัธยมศึกษา โรงเรียนพยัคฆภูมิวิทยาคาร
พ.ศ. 2552 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) แผนกวิชาช่างซ่อมบำรุง
วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม
พ.ศ. 2554 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนกวิชาช่างเทคนิคอุตสาหกรรม
วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม
พ.ศ. 2556 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ จิระวัฒน์ ขานมา
วันเกิด 2 มีนาคม 2534
สถานที่เกิด มหาสารคาม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 57 หมู่ 2 ตำบลท่าสองคอน อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
รหัสไปรษณีย์ 44000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2549 มัธยมศึกษา โรงเรียนมหาชัยพิทยาคาร
พ.ศ. 2552 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) แผนกวิชาช่างกลโรงงาน
วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม
พ.ศ. 2554 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนกวิชาช่างกลโรงงาน
วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม
พ.ศ. 2556 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม