

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากกระดาษรีไซเคิลและผักตบชวา

สำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิก

**CUSHION PACKAGING FROM RECYCLE PAPER AND
WATER HYACINTH FOR CERAMIC PRODUCTS**



T119475



นางสาวลลิตา แก้วดี

MISS LALITA KAEWDEE

นางสาวลักษณาวดี เคนวัน

MISS LUCKSANAWADEE KENWAN

นางสาวหทัยชนก จันทวงษ์

MISS HATAICHANOK CHANTAWONG

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **119475**
วัน,เดือน,ปี..... **ร.ร. 2554**

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปีการศึกษา 2553

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**CUSHION PACKAGING FROM RECYCLE PAPER AND
WATER HYACINTH FOR CERAMIC PRODUCTS**



**MISS LALITA KAEWDEE
MISS LUCKSANAWADEE KENWAN
MISS HATAICHANOK CHANTAWONG**

**THE THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ **ACADEMIC YEAR 2010** ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท

บรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากกระดาษรีไซเคิล และผักตบชวาสำหรับ
ผลิตภัณฑ์เซรามิค

Cushion Packaging from Recycle Paper and Water Hyacinth
for Ceramic Products

นักศึกษา

นางสาวลลิตา แก้วดี	รหัสนักศึกษา	50011334
นางสาวลักขณาดี เคนวัน	รหัสนักศึกษา	50011336
นางสาวหทัยชนก จันทวงษ์	รหัสนักศึกษา	50011802

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท

(ผศ.ดร.สกันธ์ กล่องบุญจิต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	บรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากกระดาษรีไซเคิลและผักตบชวาสำหรับ ผลิตภัณฑ์เซรามิก
นักศึกษา	นางสาวลลิตา แก้วดี นางสาวลักษณะาวดี เคนวัน นางสาวหทัยชนก จันทวงษ์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร.สกันธ์ คล่องบุญจิต

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากส่วนผสมของกระดาษรีไซเคิลและผักตบชวา การศึกษาเริ่มด้วยผลิตเยื่อกระดาษด้วยวิธีทางเคมีโดยเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 10 โดยมวล สำหรับผักตบชวา จากนั้นนำเยื่อมาขึ้นแผ่นกระดาษมาขึ้นแผ่นกระดาษน้ำหนัก 90 แกรมด้วยเครื่องทำแผ่นกระดาษทดสอบ โดยผสมเยื่อกระดาษรีไซเคิลกับเยื่อผักตบที่อัตราส่วน 100:0, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50 และ 0:100 และนำมาทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของกระดาษในเรื่อง น้ำหนักมาตรฐาน ค่าความต้านแรงดึง ค่าความต้านแรงฉีกขาด ค่าความต้านแรงคั้นทะลุและค่าความต้านการหักพับ ผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วน 20:80 มีความเหมาะสมที่จะนำมาขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์กันกระแทก จากนั้นนำกระดาษที่อัตราส่วน 20:80 มาขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์กันกระแทกสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิก และทดสอบความแข็งแรงในเรื่องการต้านแรงกระแทกเมื่อตก พบว่าผลการทดสอบไม่พบความเสียหายใดๆที่เกิดกับผลิตภัณฑ์เซรามิกและตัวบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่อยู่ด้านใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Cushion Packaging from Recycle Paper and Water Hyacinth for Ceramic Products
Student	Miss Lalita Kaewdee Miss Lucksanawadee Kenwan Miss Hataichanok Chantawong
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering
Academic Year	2010
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Sakon Klongboonjit

ABSTRACT

The objective of this study is to develop cushion packaging from a mixture of recycle paper and water hyacinth. This study starts with producing paper pulp by chemical methods with sodium hydroxide of 10 percent by mass for water hyacinth. After that, the pulp is former into paper with a weight of 90 g/m² by handsheet forming machine with mixed ratio of recycle paper and water hyacinth pulp of 100:0, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50 and 0:100. Next, all papers are tested for mechanical properties of the paper on basic weight, tensile strength, tear strength, bursting strength and folding strength. The experimental results show that the paper with ratio of 20:80 is the best paper to be formed into the cushions packaging. Next, the paper of 20:80 ratio is tried to produce a cushion packaging for ceramic product. After the strength test for the falling anti shock, all ceramic products inside the cushion packing are not damaged.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์เรื่อง การศึกษาและพัฒนาบรรจุกษัตริย์กันกระแทกจากกระดาษรีไซเคิลและฝักคอบชา สำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิก สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ส่งผลให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ผศ.ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งความรู้ แนวคิด คำแนะนำ ความช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหาต่างๆและความเอาใจใส่ในทุกๆด้านตลอดเวลาที่ผ่านมา

รศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ทั้งความรู้ คำแนะนำ ความเอาใจใส่และทุกสิ่งทุกอย่างตลอดการศึกษาระดับปริญญาตรี ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

ขอขอบพระคุณ อาจารย์จรรยา ชงไชย คุณขวัญใจ สมบุญ และเจ้าหน้าที่ในหน่วยงาน แผนกเชื้อและกระดาษ ประจำกรมวิทยาศาสตร์บริการกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เป็นผู้ช่วยในการทำการทดลอง ช่วยทดสอบค่าต่างๆ ตลอดจนความรู้และคำแนะนำตลอดเวลา

ขอขอบคุณกรมวิทยาศาสตร์บริการ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและเครื่องทดสอบกระดาษจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ตั้งแต่ต้นจนถึงปัจจุบัน รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนทุกคนสำหรับความช่วยเหลือจนทำให้ปริญญาานิพนธ์สำเร็จลุล่วง และคอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

นางสาวลลิตา แก้วดี

นางสาวลักษณาวดี เคนวัน

นางสาวหทัยชนก จันทวงษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูปภาพ.....	ซ
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 แผนการดำเนินงาน.....	3
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การบรรจุภัณฑ์.....	4
2.1.1 ความหมายและความสำคัญของบรรจุภัณฑ์.....	4
2.1.2 ประเภทของบรรจุภัณฑ์.....	5
2.1.3 วัสดุและเทคโนโลยีการบรรจุภัณฑ์.....	7
2.1.4 ชนิดของวัสดุกันกระแทกที่ใช้ในบรรจุภัณฑ์.....	8
2.2 วัสดุคอมโพสิต.....	12
2.3 เส้นใยพืช.....	13
2.3.1 รูปร่างลักษณะและองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยพืช.....	13
2.3.2 แหล่งเส้นใยพืชในการผลิตเยื่อกระดาษ.....	14
2.3.3 ผักตบชวา.....	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 ขั้นตอนการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกขึ้นรูปจากกระดาษรีไซเคิล.....	17
2.4.1 การผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกขึ้นรูปจากกระดาษรีไซเคิล.....	17
2.4.2 เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต.....	17
2.5 การทดสอบวัสดุและประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์.....	18
2.5.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุและบรรจุภัณฑ์.....	18
2.5.2 วิธีการทดสอบวัสดุและบรรจุภัณฑ์.....	19
2.5.3 ประเภทของการทดสอบวัสดุและบรรจุภัณฑ์.....	19
2.5.4 การหาปริมาณความชื้น.....	20
2.5.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อกระดาษ.....	21
2.6 ปูนปลาสเตอร์.....	23
2.6.1 ลักษณะทั่วไป.....	24
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
3. วิธีดำเนินการ.....	26
3.1 การศึกษาและการออกแบบบรรจุภัณฑ์.....	26
3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์.....	26
3.1.2 ขั้นตอนการผลิตเยื่อ.....	27
3.1.3 ขั้นตอนการเตรียมน้ำเยื่อ.....	28
3.1.4 ขั้นตอนการทำแผ่นกระดาษ.....	28
3.1.5 การทดสอบกระดาษ.....	29
3.2 การพัฒนากระดาษเป็นบรรจุภัณฑ์กันกระแทก.....	29
3.2.1 ออกแบบรูปแบบและโครงสร้างของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจาก กระดาษรีไซเคิลและฝักตบขวา.....	29
3.2.2 ขั้นตอนการทำบรรจุภัณฑ์.....	30
3.2.3 การทดสอบประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์.....	31
3.3 งบประมาณ.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4. ผลการทดลอง.....	33
4.1 ผลการศึกษาและทดสอบกระดาษสำหรับบรรจุภัณฑ์.....	33
4.1.1 น้ำหนักมาตรฐาน (Basic Weight).....	33
4.1.2 ความต้านแรงดึง (Tensile Strength).....	34
4.1.3 ความต้านแรงฉีกขาด (Tearing Resistance).....	34
4.1.4 ความต้านแรงดันทะลุ (Burst Resistance).....	35
4.1.5 ความต้านแรงหักพับ (Folding Endurance).....	36
4.2 วิเคราะห์หาอัตราส่วนที่เหมาะสม.....	37
4.3 บรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากกระดาษ.....	37
4.3.1 การพัฒนากระดาษเป็นบรรจุภัณฑ์กันกระแทก.....	37
4.3.2 การทดสอบความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์.....	38
5. สรุปและข้อเสนอแนะ.....	41
5.1 สรุปผลการดำเนินการ.....	41
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	42
บรรณานุกรม.....	43
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. รูปภาพประกอบ.....	ผก.1- ผก.3
ภาคผนวก ข. การคำนวณ.....	ผก.1- ผก.2
ภาคผนวก ค. ผลการทดสอบ.....	ผก.1- ผก.10
ภาคผนวก ง. เครื่องมือที่ใช้ประกอบการศึกษา.....	ผก.1- ผก.8
ภาคผนวก จ. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	ผก.1- ผก.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	การแยกประเภทของบรรจุภัณฑ์..... 7
3.1	ตารางแสดงการทดสอบคุณสมบัติทางกลของกระดาษ.....29
4.1	ผลข้อมูลเชิงตัวเลขที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติ.....36
4.2	แสดงระดับความสูงที่ใช้ทดสอบเทียบกับน้ำหนักของบรรจุภัณฑ์.....37
4.3	ตำแหน่งตกกระทบของบรรจุภัณฑ์.....38
4.4	รายงานผลการทดสอบความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์..... 39



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1	แสดงภาพประกอบของบรรจุภัณฑ์.....6
2.2	รูปร่างของกล่อง โฟมป้องกันสินค้า.....8
2.3	รูปแบบของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ขึ้นรูปจากเยื่อกระดาษ.....9
2.4	แผ่นกระดาษลูกฟูกสองชั้น.....10
2.5	ลักษณะฝอยกระดาษ.....12
2.6	ลักษณะลำต้น ใบ และดอกของผักตบชวา.....15
2.7	ผลิตภัณฑ์จากผักตบชวา.....16
2.8	เครื่องมือที่ใช้วัดน้ำหนักมาตรฐาน.....22
3.1	แสดงการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจาก กระดาษรีไซเคิลและผักตบชวา.....29
3.2	แสดงแม่พิมพ์ที่ทำจากปูนปลาสเตอร์.....31
3.3	การทดสอบประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์.....31
4.1	ปริมาณน้ำหนักมาตรฐานของแผ่นกระดาษจากการผสม เยื่อกระดาษกล่องและผักตบชวาที่อัตราส่วนต่างๆ.....33
4.2	ดัชนีความต้านทานแรงดึงของแผ่นกระดาษทดสอบ จากการผสมเยื่อกระดาษกล่องและผักตบชวาที่อัตราส่วนต่าง ๆ.....34
4.3	ดัชนีความต้านทานแรงฉีกขาด (Tear Index) ของแผ่นกระดาษทดสอบ จากการผสมเยื่อกระดาษกล่องและผักตบชวาที่อัตราส่วนต่าง ๆ.....35
4.4	ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ (Burst Resistance) ของแผ่นกระดาษทดสอบ จากการผสมเยื่อกระดาษกล่องและผักตบชวาที่อัตราส่วนต่าง ๆ.....35
4.5	ดัชนีความต้านการหักพับ (Folding Endurance) ของแผ่นกระดาษทดสอบ จากการผสมเยื่อกระดาษกล่องและผักตบชวาที่อัตราส่วนต่าง ๆ.....36
4.6	บรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากกระดาษ.....38
4.7	แสดงทิศทางของบรรจุภัณฑ์ที่นำมาทดสอบ.....38
4.8	ผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการทดสอบความแข็งแรง.....39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันงานทางด้านบรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มเติบโตสูงขึ้นมา เนื่องจากประเทศไทยมีการส่งเสริมโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (สินค้า OTOP) ให้เป็นที่แพร่หลายทั้งภายในประเทศและนอกประเทศ ทำให้ต้องมีการแข่งขันกันในการพัฒนาคุณภาพสินค้าและตัวของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ โดยในส่วนของบรรจุภัณฑ์นั้นมีการใช้บรรจุภัณฑ์รูปแบบต่างๆที่มีความแปลกใหม่และสวยงามมาใช้ โดยส่วนใหญ่จะเป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทที่ผลิตจากวัตถุดิบที่เป็นกระดาษ เพราะสามารถนำมาพิมพ์เพื่อเพิ่มความสวยงามสามารถขึ้นรูปได้ง่าย มีน้ำหนักเบาราคาถูกกว่าบรรจุภัณฑ์ประเภทอื่นทำให้กระดาษเป็นที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป

จากการศึกษาพบว่าปริมาณการใช้กระดาษมีมากขึ้นในแต่ละปีส่งผลให้เกิดปัญหาด้านขยะมูลฝอยมากขึ้นจึงได้มีการนำกระดาษที่ผ่านการใช้แล้วไปเข้ากระบวนการแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ หรือที่เรียกว่า รีไซเคิล ประกอบกับในปัจจุบันมีกระแสเรื่องการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมเนื่องด้วยภาวะโลกร้อน จึงทำให้เกิดงานวิจัยที่ส่งเสริมการใช้วัสดุทดแทนจากธรรมชาติ อาทิการนำพืชที่ขึ้นเองตามพื้นที่ว่างเปล่าทั่วไป เช่น ผักตบชวา ธูปฤาษี หรือแม้กระทั่งผลผลิตเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย เปลือกข้าวโพด เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้จากงานวิจัยของหทัยกาญจน์ ไบนานา [1] ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกเครื่องแก้วจากกระดาษรีไซเคิลและเส้นใยธรรมชาติ หรืองานวิจัยของเสกสิทธิ์ บุญเสริม [2] ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม เป็นต้น งานวิจัยเหล่านี้ล้วนสิ่งที่เกิดจากการนำวัสดุเหลือใช้มาคิดทำการทดลองให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ตลอดจนส่งเสริมการใช้วัสดุทดแทนด้วย เพื่อนำไปเป็นทางเลือกใหม่ให้ผู้ที่สนใจนำไปสร้างสรรค์สิ่งต่างๆต่อไป เช่น บรรจุภัณฑ์

จากการศึกษาพบว่าผักตบชวาเป็นวัสดุทดแทนอย่างหนึ่งซึ่งถือว่าเป็นพืชที่เป็นมลภาวะทางน้ำที่สามารถพบได้ทั่วไป โดยผักตบชวามีคุณสมบัติที่ นุ่ม หนา และมีสันโยมมาก เหมาะสำหรับการนำมาผลิตเป็นเยื่อกระดาษ และสามารถขึ้นรูปกระดาษได้ง่ายโดยไม่เสียหายรวมทั้งมีความสามารถนำมาทำกระดาษกันกระแทกในการทำบรรจุภัณฑ์ได้ดีอีกด้วย

จากปัญหาข้างต้น ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะใช้วัสดุ เช่น ผักตบชวากับกระดาษรีไซเคิล ที่หาได้ทั่วไปมาเป็นวัตถุดิบทำเป็นบรรจุภัณฑ์โดยใช้กรณีศึกษาปัญหาของโรงงานคเชนทร์เชรามิกในเรื่องของบรรจุภัณฑ์ที่ตั้งอยู่ที่ 438 ม.2 ต.กล้วยแพะ อ.เมือง จ.ลำปาง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาวัสดุ และออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์โดยใช้วัสดุที่ผ่านการรีไซเคิล เพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้น รวมถึงลดต้นทุนการผลิตสินค้าใหม่อันเนื่องมาจากความเสียหายด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการงาน

1. เพื่อศึกษาและทดสอบวัสดุที่พัฒนามาจากส่วนผสมระหว่างกระดาษกล่องและฝักคอบชวา
2. เพื่อพัฒนาและออกแบบบรรจุภัณฑ์กันกระแทกด้วยกระดาษที่พัฒนามาจากส่วนผสมระหว่างกระดาษกล่องและฝักคอบชวา

1.3 ขอบเขตของโครงการงาน

1. วัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ทำจากกระดาษกล่องและฝักคอบชวา
2. รูปแบบบรรจุภัณฑ์เป็นแบบกันกระแทกภายใน (Inner Packaging) และออกแบบเพื่อใช้กับผลิตภัณฑ์ตุ๊กตาเซรามิก ขนาด 4×3×5 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. ทำการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์ตามมาตรฐาน ISO และ มอก. ในหัวข้อ
 - น้ำหนักมาตรฐาน (Basic Weight) ตามมาตรฐาน TAPPI T220 sp-01
 - ค่าความต้านแรงดึง (Tensile Strength) ตามมาตรฐาน ISO 1924-2:2008
 - ค่าความต้านแรงฉีกขาด (Tear Strength) ตามมาตรฐาน ISO 1974 :1990
 - ค่าความต้านแรงดันทะลุ (Bursting Strength) ตามมาตรฐาน ISO 2758:2001
 - ค่าความต้านทานการหักพับ (Folding Endurance) ตามมาตรฐาน ISO 5626:1993
4. ทำการทดสอบประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ผลิตได้ตามมาตรฐาน ISTA 1A หัวข้อ ความต้านแรงกระแทกเมื่อตก (Drop Resistance)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้วัสดุและรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ตุ๊กตาเซรามิก ขนาด 4×3×5 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. ได้บรรจุภัณฑ์ที่ช่วยลดการแตกหักเสียหายแก่ผลิตภัณฑ์ตุ๊กตาเซรามิก ขนาด 4×3×5 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. ได้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ
4. สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับตัวผลิตภัณฑ์ตุ๊กตาเซรามิก ขนาด 4×3×5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การบรรจุภัณฑ์

2.1.1 ความหมายและความสำคัญของบรรจุภัณฑ์

การบรรจุภัณฑ์เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทางการตลาด โดยเฉพาะปัจจุบัน การผลิตสินค้าหรือการบริการได้เน้นหรือให้ความสำคัญกับผู้บริโภค (Consumer Oriented) จึงทำให้การบรรจุภัณฑ์มีบทบาทมากขึ้นในการส่งเสริมภาพลักษณ์ของตัวผลิตภัณฑ์

ความหมายของการบรรจุภัณฑ์หรือการบรรจุหีบห่อ (Packaging) ได้มีผู้ให้คำจำกัดความไว้มากมายพอสรุปได้ดังนี้

การบรรจุหีบห่อ หมายถึง หน่วยรูปแบบวัสดุภายนอกที่ทำหน้าที่ปกป้องคุ้มครองหรือหุ้มห่อผลิตภัณฑ์ภายในให้ปลอดภัย สะดวกต่อการขนส่ง เอื้ออำนวยให้เกิดผลประโยชน์ในทางการค้าและการบริโภค

ในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์จะต้องมีการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขึ้นก่อนจึงจะสามารถผลิตได้ซึ่งการออกแบบ หมายถึง การสร้างสรรค์สิ่งหนึ่งขึ้นภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดเพื่อช่วยแก้ปัญหา และ บรรจุภัณฑ์ หมายถึง สิ่งที่ใช้สำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์ให้มีสภาพสมบูรณ์จากผู้ผลิตจนถึงผู้บริโภค ดังนั้นการออกแบบบรรจุภัณฑ์จึงหมายถึง การสร้างสรรค์สิ่งหนึ่งภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดเพื่อช่วยแก้ปัญหาในการบรรจุผลิตภัณฑ์ให้มีสภาพสมบูรณ์จากผู้ผลิตจนถึงผู้บริโภค

การออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่สามารถจัดจำหน่ายได้อย่างถูกต้องตามกฎหมายในตลาดปัจจุบันจะต้องพิจารณา 3 ส่วนดังต่อไปนี้

1. กฎหมายและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องของตลาดเป้าหมาย (Laws and Regulation of Target Market)

บรรจุภัณฑ์ที่สามารถจัดจำหน่ายสินค้าในตลาดเป้าหมายได้อย่างถูกต้องตามกฎหมาย และได้รับการคุ้มครองทางด้านทรัพย์สินทางปัญญารูปร่างนั้นจะเป็นไปตามที่กฎหมายและข้อบังคับของตลาดเป้าหมายกำหนด นอกจากตลาดเป้าหมายภายในประเทศแล้วตลาดเป้าหมายในต่างประเทศของประเทศไทยสามารถแบ่งได้

4 กลุ่มประเทศ คือ กลุ่มประเทศในแถบเอเชีย กลุ่มประเทศในแถบยุโรป กลุ่มประเทศในแถบอเมริกา และกลุ่มประเทศตะวันออก ดังนั้นการออกแบบบรรจุภัณฑ์จะต้องศึกษากฎหมายและข้อบังคับของประเทศคู่ค้าก่อน ซึ่งบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์อาหาร ยา เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องปฏิบัติตามกฎหมายและข้อบังคับอย่างเคร่งครัด

ทางด้านสหภาพยุโรปได้ออกประกาศข้อกำหนดมาตรฐานบรรจุภัณฑ์ใหม่เพื่อยกระดับมาตรฐานการคุ้มครองสิ่งแวดล้อม ครอบคลุม

1) ข้อกำหนดทั่วไปเกี่ยวกับมาตรฐานของบรรจุภัณฑ์ และเศษเหลือทิ้ง

2) ข้อกำหนดเฉพาะสำหรับ บรรจุภัณฑ์ที่ใช้หีบห่อเพื่อป้องกันอันตรายโดยให้ลดขนาดและปริมาณของหีบห่อให้น้อยที่สุดแต่ให้มีความปลอดภัยที่สุด

- 3) ข้อกำหนดของบรรจุภัณฑ์ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งผู้บรรจุหีบห่อจะต้องยืนยันว่าบรรจุภัณฑ์ของ
คนสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้และคำยืนยันจากลูกค้าว่ามีความประสงค์จะส่งบรรจุภัณฑ์ที่ใช้แล้วไปให้ผู้บรรจุหีบ
ห่อใช้ซ้ำ
- 4) ข้อกำหนดเกี่ยวกับมาตรฐานการนำวัสดุของบรรจุภัณฑ์ไปเข้ากระบวนการผลิต
- 5) ข้อกำหนดเกี่ยวกับการนำวัสดุหีบห่อไปใช้เป็นเชื้อเพลิงให้เกิดพลังงาน รวมถึงข้อกำหนดค่าพลังงาน
ขั้นต่ำที่ได้เมื่อมีการเผาไหม้
- 6) ข้อกำหนดเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้โดยกระบวนการทางชีวภาพ หรือใช้เป็นส่วนผสม
ของปุ๋ย

2. วัสดุและเทคโนโลยี (Material and Technology)

บรรจุภัณฑ์ที่สามารถทำหน้าที่รองรับและคุ้มครองผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ภายในได้อย่างมีประสิทธิภาพ
จะต้องเป็นบรรจุภัณฑ์ที่เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติและคุณลักษณะที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์สอดคล้องกับเทคโนโลยีการ
ผลิตบรรจุภัณฑ์และเทคโนโลยีการบรรจุผลิตภัณฑ์และสถานะในการจัดเก็บและการใช้งานการได้มาซึ่งวัสดุบรรจุ
ภัณฑ์ที่เหมาะสมจะต้องทำการศึกษาวิจัยและทดลองในห้องปฏิบัติการด้วยเครื่องมือเฉพาะทางจึงจะสามารถระบุวัสดุ
บรรจุภัณฑ์ได้อย่างสอดคล้องกับคุณลักษณะและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์และเงื่อนไขใช้งานบรรจุภัณฑ์นั้นๆ

3. เงื่อนไขทางการตลาด (Marketing Conditions)

บรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพนอกจากจะเป็นไปตามที่กฎหมายและข้อบังคับของตลาดเป้าหมายกำหนดและมี
วัสดุที่เหมาะสมกับการรับรองและการคุ้มครองผลิตภัณฑ์แล้ว บรรจุภัณฑ์จะต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขทางการตลาด
ด้วย ซึ่งการตลาดในที่นี้หมายถึงระบบกิจกรรมธุรกิจทั้งหมดที่เกิดขึ้นเพื่อที่จะวางแผน กำหนดราคา ส่งเสริมและจัด
จำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดเป้าหมายเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์กร

2.1.2 ประเภทของบรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ ทำหน้าที่เป็นพาหนะนำผลผลิตจากกระบวนการผลิตอำนวยความสะดวกในการบริโภคพร้อมทั้ง
กำจัดซากบรรจุภัณฑ์ได้ง่าย จากขั้นตอนต่างๆเหล่านี้การแยกประเภทของบรรจุภัณฑ์อาจแยกได้หลายลักษณะแล้วแต่
จุดมุ่งหมาย

การจำแนกประเภทของบรรจุภัณฑ์ในการออกแบบได้เป็น 3 จำพวก [3] คือ

1) **บรรจุภัณฑ์ชั้นในหรือปฐมภูมิ (Primary Packaging)** เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ผู้ซื้อจะได้สัมผัสเวลาที่บริโภค
บรรจุภัณฑ์นี้จะได้รับการโยนทิ้งเมื่อมีการเปิดและบริโภคสินค้าภายในจนหมด เช่น ซองบรรจุน้ำตาล เป็นต้น บรรจุ
ภัณฑ์นี้เป็นบรรจุภัณฑ์ที่อยู่ชั้นในสุดติดกับตัวสินค้า ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ชั้นในมีปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณา
2 ประการ คือ อันดับแรกจะต้องมีการทดสอบจนมั่นใจว่าอาหารที่ผลิตและบรรจุภัณฑ์ที่เลือกใช้จำเป็นต้องเข้ากันได้
(Compatibility) หมายความว่าตัวอาหารจะไม่ทำปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้อาจจะเกิดการแยกตัวของเนื้อวัสดุภัณฑ์เข้าสู่อาหาร
(Migration) หรือการทำให้บรรจุภัณฑ์เปลี่ยนแปลงรูปทรงไปเช่นในกรณีการบรรจุอาหารใส่เข้าไปในบรรจุภัณฑ์
ขณะที่อาหารยังร้อนอยู่ (Hot Filling) เมื่อเย็นตัวลงในสภาวะบรรยากาศห้องจะทำให้รูปทรงของบรรจุภัณฑ์บิดเบี้ยวได้
เหตุการณ์นี้จะพบบ่อยมากในขวดพลาสติกทรงกระบอก ซึ่งแก้ไขได้โดยการเพิ่มร่องบนผิวทรงกระบอกหรือเปลี่ยน
รูปทรงเป็นสี่เหลี่ยมมน
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกเหนือจากความเข้ากันได้ของอาหารและบรรจุภัณฑ์แล้วปัจจัยอันดับต่อมาที่ต้องพิจารณา คือ บรรจุภัณฑ์ชั้นในจะเป็นบรรจุภัณฑ์ที่วางขายบนห้างหรือไม่ ในกรณีที่บรรจุภัณฑ์ชั้นในจำเป็นต้องวางขายแสดงตัวหึ่ง การออกแบบความสวยงาม การสื่อความหมายและภาพพจน์จะเริ่มเข้ามามีบทบาทในการออกแบบบรรจุภัณฑ์

2) บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองหรือทุติยภูมิ (Secondary Packaging) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่รวบรวมบรรจุภัณฑ์ชั้นแรกเข้าด้วยกัน เพื่อเหตุผลในการป้องกันหรือจัดจำหน่ายสินค้าได้มากขึ้นหรือด้วยสาเหตุในการขนส่ง บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองที่เห็นได้ทั่วไป เช่น กล่องกระดาษแข็งของหลอดยาสีฟัน ถุงพลาสติกใส่ชองน้ำตาล 50 ชอง เป็นต้น

ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองนี้มักจะเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ต้องวางแสดงบนห้าง ณ จุดขาย ดังนั้นการเน้นความสวยงามและภาพพจน์ของบรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ตัวอย่างเช่น กล่องยาสีฟัน การออกแบบของหลอดยาสีฟันที่อยู่ภายในก็ไม่จำเป็นต้องออกแบบให้สอดคล้องหลายสี ในทางกลับกันถ้าบรรจุภัณฑ์ชั้นในได้รับการออกแบบอย่างสวยงาม ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองนี้อาจจะทำการเปิดเป็นหน้าต่างเพื่อให้เห็นถึงความสวยงามของบรรจุภัณฑ์ชั้นในที่ออกแบบมาอย่างดีแล้ว ในกรณีของตัวอย่างถุงพลาสติกใส่ชองน้ำตาล 50 ชองนั้น ถุงพลาสติกที่เลือกใช้ไม่จำเป็นต้องช่วยรักษาคุณภาพของน้ำตาลมากเท่าของชั้นใน เนื่องจากทำหน้าที่รวมชองน้ำตาล 50 ชองเข้าด้วยกันเพื่อการจัดจำหน่าย แต่ตัวถุงเองต้องพิมพ์สอดคล้องอย่างสวยงามเพราะเป็นถุงที่วางขายบนห้าง ณ จุดขาย บรรจุภัณฑ์ชั้นในหรือปฐมภูมิ (Primary Packaging) และบรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองหรือทุติยภูมิ (Secondary Packaging) มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า บรรจุภัณฑ์เพื่อการจำหน่ายปลีก (Commercial Packaging)

3) บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สาม หรือตติยภูมิ (Tertiary Packaging) หน้าที่หลักของบรรจุภัณฑ์นี้คือการป้องกันสินค้าระหว่างการขนส่ง บรรจุภัณฑ์ชั้นนี้ อาจแบ่งย่อยเป็น 3 ประเภท คือ

- บรรจุภัณฑ์ที่ใช้จากแหล่งผลิตถึงแหล่งขายปลีก เมื่อสินค้าได้รับการจัดเรียงวางบนห้างหรือคลังสินค้าของแหล่งขายปลีกแล้วบรรจุภัณฑ์ขนส่งก็หมดหน้าที่การใช้งาน บรรจุภัณฑ์เหล่านี้ เช่น แคร่ และกระบะ (Pallet) เป็นต้น

- บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ระหว่างโรงงาน เป็นบรรจุภัณฑ์ที่จัดส่งสินค้าระหว่างโรงงาน ตัวอย่าง เช่น ลังใส่ชองพริกป่น ถุงน้ำจิ้ม เป็นผลผลิตจากโรงงานหนึ่งส่งไปยัง โรงงานอาหารสำเร็จรูปเพื่อทำการบรรจุไปพร้อมกับอาหารหลัก เป็นต้น



รูปที่ 2.1 แสดงภาพประกอบของบรรจุภัณฑ์ [4]

บรรจุภัณฑ์ที่ใช้จากแหล่งขายปลีกไปยังมือผู้บริโภคทั่วโลก เช่น ถุงต่างๆ ที่ร้านค้าใส่สินค้าให้ผู้ซื้อ การแยกประเภทของบรรจุภัณฑ์ อาจแยกได้หลายลักษณะแล้วแต่จุดหมายในการแยกประเภทดังแสดงในตารางที่ 2.1 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาหรือการเขียนเพื่อการศึกษาก็เท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การแยกประเภทของบรรจุภัณฑ์

วิธีการ	จุดมุ่งหมาย	ประเภทของบรรจุภัณฑ์
1	การออกแบบ	บรรจุภัณฑ์ชั้นในหรือปฐมภูมิ (Primary Packaging)
		บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สองหรือทุติยภูมิ (Secondary Packaging)
		บรรจุภัณฑ์ชั้นที่สามหรือตติยภูมิ (Tertiary Packaging)
2	วัสดุที่ใช้ผลิต	2.1 เยื่อกระดาษ, ไม้
		2.2 พลาสติก
		2.3 แก้ว
		2.4 โลหะ

ประเภทของบรรจุภัณฑ์ที่กล่าวมาทั้ง 3 ลักษณะนี้เป็นการแบ่งประเภทตามลักษณะกรรมวิธีการบรรจุและวิธีการขนถ่ายผลิตภัณฑ์ ซึ่งการจัดแบ่งและเรียกชื่อบรรจุภัณฑ์ในทัศนะของผู้ออกแบบผู้ผลิต หรือนักการตลาด อาจแตกต่างกันออกไปแต่ถึงอย่างไรบรรจุภัณฑ์แต่ละประเภทที่ตั้งอยู่ภายใต้วัตถุประสงค์หลักใหญ่

(Objectives of Package) ที่คล้ายกัน คือ

- ก. เพื่อปกป้องผลิตภัณฑ์ (To Protect Products)
- ข. เพื่อจำหน่ายผลิตภัณฑ์ (To Distribute Products)
- ค. เพื่อโฆษณาประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ (To Promote Products)

2.1.3 วัสดุและเทคโนโลยีการบรรจุภัณฑ์

การจำแนกวัสดุบรรจุภัณฑ์ (Packaging Materials) ในยุคของระบบการผลิตแบบอุตสาหกรรมการขาย และการบริโภคที่แพร่หลายในปัจจุบัน เทคโนโลยีกรรมวิธีของการผลิต “ผลิตภัณฑ์” ได้เปลี่ยนแปลงพัฒนาเพิ่มขึ้นในการค้นคว้าวัสดุสิ่งของและวิธีใช้อำนวยความสะดวกมาสร้างสรรคผลิตภัณฑ์ให้สามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ จึงทำให้เกิดวัฏจักรของกระบวนการทางเศรษฐกิจขึ้นมาคือกระบวนการของการผลิต การจำหน่าย การนำไปใช้และอำนาจจัดการ องค์ประกอบของกระบวนการดังกล่าวนี้มีความสำคัญต่อการสร้างบรรจุภัณฑ์เป็นอย่างมาก เพราะหน้าที่ทางกายภาพ (Physical Functions) คือ หน้าที่ทางด้านการปกป้องคุ้มครอง (Protection) และการใช้ประโยชน์ (Utility) ของบรรจุภัณฑ์นี้ก็คือ ผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการทางด้านเศรษฐกิจนั่นเอง

ความก้าวหน้าในเทคนิคกรรมวิธีของการบรรจุภัณฑ์ตามหน้าที่ทางกายภาพนั้นเป็นปรากฏการณ์ของการค้นพบวัสดุที่ควบคุมกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการผลิต และอาศัยวิธีการออกแบบกราฟิก (Graphic Design) เข้ามาช่วยสร้างรูปลักษณ์หรือทำหน้าที่สื่อสารข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ให้มีผลกระทบต่อการใช้และจิตวิทยาของผู้บริโภค แต่การจะได้มาซึ่งความสมบูรณ์ตามหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์นั้นอันดับแรกที่สุดจะต้องมีการวางแผนตั้งเงื่อนไขและความคาดหวังไว้ล่วงหน้า ตลอดจนมีการติดตามแก้ไขปัญหา ประเมินผลอย่างต่อเนื่อง เช่น ตั้งเงื่อนไขเมื่อจะพิจารณาตามหน้าที่ทางกายภาพของบรรจุภัณฑ์ไว้ว่า “บรรจุภัณฑ์ควรมีเงื่อนไขที่พึงพอใจ และมีความเป็นไปได้ในแง่ของการผลิตจำนวนมาก ๆ วัสดุบรรจุภัณฑ์ ควรใช้อย่างมีเหตุผล และมีประสิทธิภาพ” [1] ข้อพิจารณาที่เกิดขึ้นในระหว่างการจำหน่ายควรมีการนำมาพิจารณาถึงรูปแบบและโครงสร้างเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ยิ่งขึ้น

บรรจุภัณฑ์ควรมีความเหมาะสมแก่ผู้ใช้ เช่น ง่ายต่อการนำเอาผลิตภัณฑ์ออกมา เมื่อเห็นว่าเกิดความไม่เหมาะสมบางประการควรมีการนำมาพิจารณาจัดการได้ใหม่ เช่น กำจัด หรือแปรสภาพได้ง่าย เป็นต้น

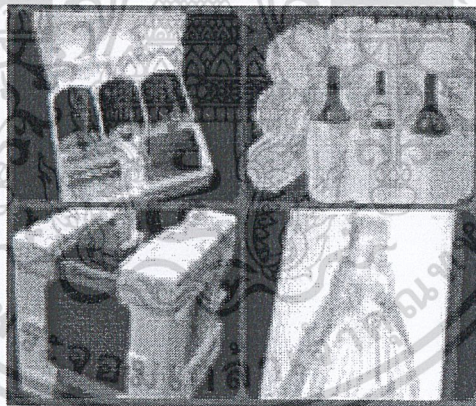
วัสดุบรรจุภัณฑ์มีหลากหลายในคุณลักษณะและคุณภาพเป็นอย่างมาก เงื่อนไขอันดับแรกสุดที่ผู้ออกแบบบรรจุภัณฑ์และผู้เกี่ยวข้องต้องพิจารณาร่วมกันคือ การเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์และสามารถใช้งานได้ดี (Choosing a Suitable Package Materials With Good Workability) สิ่งที่สำคัญที่สุดของการเลือกวัสดุก็คือ “การรู้จักประสานประโยชน์ของวัสดุ” (The Combination of Materials) เพราะการออกแบบนั้นต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของการผลิต (Based on Productivity) ข้อควรคำนึงที่ว่าด้วย การคุ้มครองผลิตภัณฑ์และการเอื้ออำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้ที่คิดว่าควรจะนำมาใช้พิจารณา โดยนำเอาคุณลักษณะคุณสมบัติที่ดีเด่นของวัสดุต่างชนิดมาสร้างสรรค์คัดปรองอย่างชาญฉลาดและเกิดความเหมาะสมยิ่งในสภาวะการแข่งขันการแบ่งส่วนทางการตลาด (Segmentation) ของสินค้า เช่น ปัจจุบันการเลือกวัสดุเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับการขาย (Suitable for Distribution) กำลังเป็นสิ่งที่ได้รับการเพ่งเล็งในความสำคัญเพิ่มขึ้นอีกเป็นกรณีหนึ่ง

2.1.4 ชนิดของวัสดุกันกระแทกที่ใช้ในการบรรจุภัณฑ์

วัสดุกันกระแทก คือ วัสดุที่ถูกนำมาใช้เพื่อปกป้องสินค้าจากการสูญเสีย เนื่องมาจากการกระแทกอย่างรุนแรง และหรือ การสั่นสะเทือนระหว่างกระบวนการขนส่ง เคลื่อนย้าย ขนถ่าย หลักการพื้นฐานที่สำคัญ 2 ประการของวัสดุกันกระแทกในการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับสินค้า คือ

1. วัสดุกันกระแทกถูกนำมาใช้เพื่อดูดซับแรงกระแทกและปกป้อง การส่งผ่านแรงกระแทกมายังตัวสินค้า
2. วัสดุกันกระแทกมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนที่ของสินค้า ในหีบห่อ ซึ่งเป็นการลดการเคลื่อนที่มา

กระแทกกันจากการสั่นสะเทือน



รูปที่ 2.2 รูปทรงของกล่องโฟมป้องกันสินค้า [5]

ในปัจจุบันมีวัสดุหลายชนิดได้รับการนำมาใช้เพื่อทำหน้าที่เป็นวัสดุกันกระแทก การเลือกใช้วัสดุที่ให้ผลในการคุ้มครองเพียงพอในระดับราคาที่เหมาะสมจะช่วยควบคุมต้นทุนของสินค้าและลดการสูญเสียของสินค้าลงได้

ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาเลือกวัสดุกันกระแทก

1. รูปทรง ขนาด และน้ำหนักของสินค้า
2. ความเปราะบางของสินค้า
3. ความแตกต่างของการขนส่งแต่ละแบบ ว่าได้รับการกระแทกและการสั่นสะเทือนแบบใด ขนาดของแรง

ประมาณเท่าใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อผู้อื่นและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการขนส่งในแต่ละเส้นทางจะได้รับแรงกระแทกและการสั่นสะเทือนแตกต่างกันไปนอกจากนี้การเคลื่อนย้ายด้วยคนหรือเครื่องจักรกล อาจเกิดการตกหล่น การโยน ได้มีการศึกษาความเป็นไปได้ของการตกหล่น จากการศึกษาเคลื่อนย้ายด้วยแรงคนขณะปฏิบัติงาน พบว่า สำหรับหีบห่อที่มีน้ำหนักมากและสำหรับหีบห่อที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 35 กิโลกรัม ระยะตกโดยประมาณจะคำนวณได้จากสูตร

$$h = 60 - M \times H$$

เมื่อ h = ระยะตกเป็นเซนติเมตร

M = น้ำหนักของหีบห่อเป็นกิโลกรัม

H = มิติตายาวที่สุดของหีบห่อเป็นเซนติเมตร

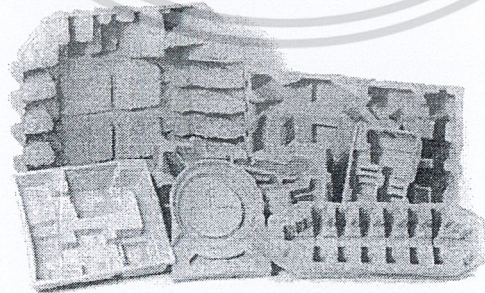
เช่น หีบห่อชิ้นหนึ่งมีน้ำหนัก 30 กิโลกรัม และมีด้านยาวสุด 30 เซนติเมตร จะมีโอกาสตกที่ระดับความสูงอย่างน้อย 30 เซนติเมตร อนึ่ง การเคลื่อนย้ายด้วยเครื่องจักร เช่น รถฟอร์คลิฟท์ โอกาสตกลงจะน้อยกว่าการเคลื่อนย้ายด้วยแรงคน แต่ถ้ามีการตกระยะตกอาจจะสูงถึง 1-5 เมตร วัสดุกันกระแทกที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบันได้แก่ แผ่นกระดาษลูกฟูก โฟมพอลิโอสไตรีน โฟมพอลิยูรีเทน โฟมพอลิเอทิลีน แผ่นพลาสติกอัดอากาศ ฝอยไม้ และฝอยกระดาษ วัสดุแต่ละชนิดมีคุณลักษณะประจำตัวและความเหมาะสมต่อการใช้งานแตกต่างกันไปดังนี้

ชนิดของวัสดุกันกระแทก

วัสดุกันกระแทกที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ แผ่นกระดาษลูกฟูก โฟมพอลิโอสไตรีน โฟมพอลิยูรีเทน โฟมพอลิเอทิลีน แผ่นพลาสติกอัดอากาศ ฝอยไม้ และฝอยกระดาษ วัสดุแต่ละชนิดมีคุณลักษณะประจำตัวและความเหมาะสมต่อการใช้งานแตกต่างกันไปดังนี้

1. กระดาษ

กระดาษที่ได้รับการฟอกสีบางส่วนหรือไม่ได้ฟอกสีเลยจะได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเพราะราคาถูกกว่ากระดาษฟอกกระดาษลูกฟูกมีแนวโน้มในการใช้เพิ่มขึ้น รูปแบบของถุงในกล่องลูกฟูกกล่องแบบ Wrap-Around Box และกระดาษลูกฟูกซึ่งหุ้มด้วยฟิล์มหูด และมีการใช้อย่างกว้างขวางขึ้น เพราะลดค่าใช้จ่าย เยื่อกระดาษขึ้นรูปจะได้รับความนิยมใช้แทนพลาสติกมากขึ้นเพราะไม่ก่อปัญหามลภาวะ

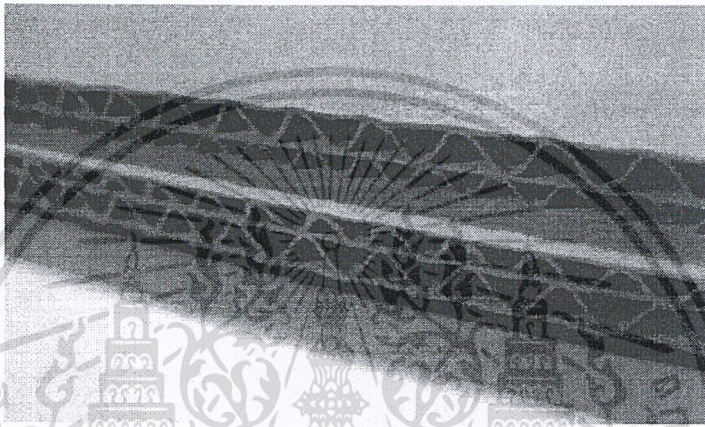


รูปที่ 2.3 รูปแบบของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ขึ้นรูปจากเยื่อกระดาษ [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แผ่นกระดาษลูกฟูก

ใช้ทำหน้าที่แผ่นรอง ตัวกันหรือแผ่นกัน เพื่อเก็บสินค้าภายในบรรจุภัณฑ์ หรือทำหน้าที่เป็นตัวห่อหุ้มสินค้า แผ่นกระดาษลูกฟูกมีข้อจำกัดในการดูดซับแรงกระแทกอย่างรุนแรงและไม่คืนรูปกลับอย่างเดิม หลังถูกแรงกระทำ มีการดูดซับความชื้นและอ่อนตัวลงในสภาวะอากาศที่มีความชื้นสูง แต่เนื่องจากการที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ จึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาจากเศษวัสดุเหลือหลังใช้งาน ตัวอย่างการนำกระดาษลูกฟูกมาใช้งาน ได้แก่ การใช้แผ่นชนิด 3 ชั้น ในการกันแบ่งช่องของกล่องบรรจุเครื่องแก้ว เพื่อป้องกันการกระทบกระแทกซึ่งกันและกัน หรือใช้ทำหน้าที่ลดการเคลื่อนที่ภายในกล่องหัตถกรรมที่มี รูปทรงแปลกๆ ชนิด 2 ชั้น (กระดาษลูกฟูกหน้าเดียว) ใช้เพื่อการห่อหุ้มเป็นหลัก เช่น ใช้ห่อหุ้มชิ้นส่วนของเฟอร์นิเจอร์หรือชิ้นส่วนของเครื่องจักร



รูปที่ 2.4 แผ่นกระดาษลูกฟูก 2 ชั้น [7]

3. โฟมพอลิสไตรีน

โครงสร้างวัสดุเป็นเซลล์ปิด น้ำหนักเบามาก มีคุณสมบัติที่ป้องกันการกระแทกได้เป็นอย่างดี ไม่ดูดซับความชื้น แต่มีข้อจำกัดในการคืนรูป ทำให้ไม่เหมาะกับงานที่รับการกระแทกอย่างรุนแรงหลายๆครั้ง ลักษณะที่แข็งสามารถขึ้นรูปทรงที่ซับซ้อนได้ในราคาที่เหมาะสม เช่น ใช้ในรูปของการทำตามแม่แบบเฉพาะตามรูปแบบของสินค้า แผ่นที่เหลี่ยมนขนาดต่างๆ และชิ้นเล็กๆ ในกรณีใช้งานหลายๆการใช้แม่แบบในการผลิตจะดีมาก และถ้ามีการใช้น้อยจะใช้วิธีตัดขึ้นรูปได้จากแผ่นที่เหลี่ยมนที่มีความหนาต่างๆ ส่วนชิ้นเล็กๆ มีการผลิตในหลายๆรูปทรงและสามารถเติมสีลงไปช่วยเสริมให้เกิดความสวยงาม โฟมพอลิสไตรีนมีการใช้อย่างแพร่หลาย แต่การใช้งานก่อให้เกิดปัญหาเศษวัสดุเหลือหลังใช้งานเพราะสลายตัวยาก ตัวอย่างการนำโฟมพอลิสไตรีนมาใช้งาน ได้แก่ การนำโฟมชนิดขึ้นรูปจากแม่แบบใช้กับพวกเครื่องแก้ว เซรามิก อุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องมือเครื่องใช้ที่มีความประณีตชนิดขึ้นเล็กๆ ใช้สำหรับเติมในช่องว่างของกล่องที่ใช้ในการขนส่งผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงแปลกๆ

4. โฟมพอลิยูรีเทน

โครงสร้างมีลักษณะเป็นเซลล์เปิดจนถึงมีเซลล์ปิด 80 เปอร์เซ็นต์ ขอมให้อากาศหนีออกเมื่อได้รับแรงกระแทกและดูดอากาศกลับเมื่อหมดแรงกระแทก การคืนรูปดีมากทำให้เป็นวัสดุกันกระแทกที่ดี ไม่ดูดซับความชื้นในอากาศ มีการใช้งานทั้งชนิดขึ้นรูปจากแม่แบบมาก่อนและขึ้นรูปด้วยการฉีดเข้าไปขยายตัวในช่องว่าง ในกรณีขึ้นรูปการฉีดด้วยวิธีฉีดเข้าไปขยายตัวในช่องว่าง สินค้าจะถูกนำมาห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก (ปกติใช้ฟิล์มพอลิเอทิลีน) เพื่อป้องกัน

การคิดของโพลีที่ใส่ไม่ให้เกาะติดสินค้า จากนั้นวางสินค้าดังกล่าวลงในกล่องแล้วฉีดโพลีลงในที่ว่าง การใช้เครื่องโพลีประเภทมือถือจะช่วยให้งานสะดวกมากขึ้น การใช้งานโพลีชนิดนี้จะพบในการห่อสินค้าที่ค่อนข้างละเอียดอ่อน เครื่องมือมีราคาแพงหรือสินค้าที่มีขนาดรูปทรงเปลี่ยนแปลงบ่อยมากๆจนไม่คุ้มกับการลงทุน โพลีชนิดนี้ขึ้นรูปมาก่อน

5. โพลีพอลิเอทิลีน

มีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบเชลล์ปิด มีการคืนรูปดีหลังรับแรงกระแทก น้ำหนักเบา ทนทานต่อสารเคมี โพลีพอลิเอทิลีนมีการใช้ 2 รูป คือ ครอสลิงค์ (Crosslink) นันครอสลิงค์ (Non – crosslink) ชนิดครอสลิงค์จะมีน้ำหนักมากกว่าและมีราคาแพงกว่าชนิดนันครอสลิงค์ แต่จะให้สมบัติในการเป็นวัสดุกันกระแทกที่ดีกว่า มีการผลิตโพลีชนิดนี้ในรูปแบบสี่เหลี่ยมที่มีความหนาต่างๆสามารถตัดหรือเลื่อยแล้วนำมาเชื่อมต่อด้วยความร้อนหรือกาวเพื่อให้ได้รูปทรงต่างๆ การผลิตอีกวิธีหนึ่งคือผลิตจากแม่แบบ ตัวอย่างการใช้งานของโพลีชนิดนี้ ได้แก่ โพลีที่มีความหนาใช้กับอุปกรณ์เครื่องใช้ภายในบ้าน เครื่องมือต่างๆ แผ่นไฟฟ้าชนิดบาง นำมาใช้ห่อหุ้มสินค้าพวกหัตถกรรม อุปกรณ์และเครื่องมือ

6. แผ่นพลาสติกอัดอากาศ

ทำจากแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีน 2 แผ่นประกบกัน โดยทำให้เกิดที่กันอากาศเล็กๆเกิดขึ้นระหว่างแผ่นมีการผลิตออกมาในรูปม้วน โดยปกติมีการใช้ประโยชน์ในการห่อหุ้มสินค้าชิ้นเล็กๆ เช่น เซรามิก หัตถกรรม บางครั้งก็มีการใช้ห่อหุ้มภายนอกของอุปกรณ์ใช้ภายในบ้าน เช่น ตู้เย็น ซึ่งมีการขนส่งโดยแท่นรองรับสินค้า แผ่นพลาสติกอัดอากาศมีความเหนียว สะอาด และไม่เป็นตัวการทำให้เกิดการผุกร่อน ไม่มีการดูดซับความชื้น ทนต่อแรงกระแทก แต่ไม่เหมาะกับสินค้าที่มีความอ่อนไหวต่อการสัมผัสเนื่องจากการที่มีผลิตเป็นม้วนจึงนำมาใช้งานได้ยากกับสินค้าที่มีรูปร่างและขนาดต่าง ๆ กัน

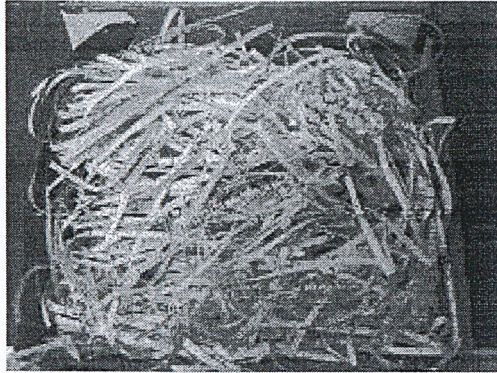
7. ฝอยไม้

เป็นวัสดุกันกระแทกที่มีการใช้งานมานาน โดยใช้ใส่ลงในช่องว่างของกล่องหรือลังความสามารถในการเป็นวัสดุกันกระแทกขึ้นกับความหนาแน่นในการบรรจุและความชื้นซึ่งปกติมีค่าประมาณ 12 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ในอดีตฝอยไม้มีการใช้กันอย่างกว้างขวางกับสินค้าต่างๆ ตั้งแต่ผัก ผลไม้ จนกระทั่งสินค้าอุตสาหกรรม ปัจจุบันประเทศอุตสาหกรรมมักไม่นิยมใช้ฝอยไม้ เนื่องจากการไม่ยอมรับกรณีที่อาจเสี่ยงต่อการปนเปื้อนเมื่อใช้กับผักและผลไม้ ในขณะที่ความชื้นของฝอยไม้เองจะก่อให้เกิดการผุกร่อนกับสินค้าอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามในสินค้าบางประเภทก็ยังมีความต้องการใช้ เนื่องจากเป็นวัสดุที่ให้ลักษณะของความเป็นธรรมชาติ เมื่อนำไปใช้กับสินค้าประเภทของขั้ว หรือสินค้าที่แสดงถึงความมีคุณค่าสูง เช่น หินแกะสลักขนาดเล็ก หรืองานฝีมือพวกเซรามิก

8. ฝอยกระดาษ

มีการใช้งานเช่นเดียวกับฝอยไม้ เป็นวัสดุที่มีราคาถูก และหาได้ง่าย มีข้อเสียอยู่บ้างคือดูดซับความชื้นในอากาศได้ง่ายมีการปนเปื้อนของฝุ่นละอองและไม่สะอาดในประเทศอุตสาหกรรมจะไม่นิยมใช้โดยเฉพาะฝอยกระดาษที่ได้จากกระดาษที่ผ่านการพิมพ์มาก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ลักษณะฝอยกระดาษ [8]

ในปัจจุบันเป็นวัสดุกันกระแทกประเภทโฟม มีการใช้งานอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสามารถผลิตให้ได้ความหนาแน่นต่างๆที่เหมาะสมกับสินค้ามากมายแต่เนื่องจากโฟมบางชนิดมีการสลายตัวได้ยากและบางชนิดไม่สามารถนำกลับเข้ากระบวนการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่จึงก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเศษวัสดุที่เหลืออยู่การนำมาใช้งานจึงควรพิจารณาถึงจุดดังกล่าวด้วย

2.2 วัสดุคอมโพสิต

คอมโพสิต เป็นวัสดุที่เกิดจากการนำวัสดุชนิดอื่นมาอยู่ด้วยกัน โดยมีโครงสร้างในแบบต่างๆ เป็นการนำมารวมกันโดยที่เนื้อของคอมโพสิตจะประกอบด้วยวัสดุต่างชนิดกัน ไม่กลมกลืนเป็นเนื้อเดียวกัน มีสมบัติร่วมของวัสดุที่มาอยู่ร่วมกันและไม่สามารถหาได้จากวัสดุชนิดเดียวกันที่มีปัญหาจากการที่สมบัติชนิดหนึ่งจะมีความสัมพันธ์ผกผันกับสมบัติอีกชนิดหนึ่ง

คอมโพสิตประกอบด้วยตัวเสริมความสามารถ ที่เรียกว่า Reinforce Phase ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของเส้นใยแผ่น หรือเป็นอนุภาคฝังตัวอยู่ในพื้น ที่เรียกว่า Matrix ที่เป็นโลหะเซรามิก หรือ โพลีเมอร์ เนื่องจากวัสดุแต่ละชนิดจะมีทั้งข้อดีและข้อเสีย เช่น โลหะจะมีความแข็งแรงและความเหนียวสูง แต่เป็นสนิมง่ายและหนัก โพลีเมอร์จะมีน้ำหนักเบาแต่มีความเหนียวต่ำ ทนความร้อนไม่ได้ นำไฟฟ้าไม่ได้ เซรามิกมีความแข็งแรงสูง ทนต่อการสึกหรอและผุกร่อนได้ดี แต่เปราะ มีความเหนียวต่ำ เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำเอาวัสดุต่างชนิดมาผสมกันเพื่อจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติพิเศษที่ได้จากทั้งข้อดีของวัสดุแต่ละชนิดเราเรียกวัดุดกลุ่มนี้ว่า คอมโพสิต หรือ วัสดุผสม (Composite Material) เช่นคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นวัสดุผสมที่ให้ทั้งความแข็งแรง (จากคอนกรีตซึ่งเป็นเซรามิก) และความเหนียว (จากเหล็กซึ่งเป็นโลหะ) หรือไฟเบอร์กลาสซึ่งได้จากการนำเอาโพลีเมอร์ซึ่งมีน้ำหนักเบาผสมกับใยแก้วซึ่งจะเพิ่มความแข็งแรงให้กับไฟเบอร์กลาส

อาจแบ่งกลุ่มวัสดุผสมออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่มีพอลิเมอร์เป็นส่วนผสมหลัก (Fiber-Reinforced Polymers, FRP)
2. กลุ่มที่มีเซรามิกเป็นส่วนผสมหลัก (Ceramic-Matrix Composite, CMC)
3. กลุ่มที่มีโลหะเป็นส่วนผสมหลัก (Metal-Matrix Composite, MMC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้เราอาจแบ่งตามลักษณะของวัสดุที่เรานำมาผสมกัน คือ

1. กลุ่มที่มีส่วนผสมเสริมมีลักษณะเป็นผง (Particulate Composite)
2. กลุ่มที่มีส่วนผสมเสริมมีลักษณะเป็นเส้นใย (Fibrous Composite) ซึ่งแบ่งออกเป็นเส้นใยสั้นและกลุ่มเส้นใยยาว
3. กลุ่มสุดท้ายคือวัสดุผสมชนิดซ้อนแผ่น (Laminated Composite)

2.3 เส้นใยพืช

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีในการนำเส้นใยธรรมชาติ มาใช้ทดแทนในการสังเคราะห์เป็นการผลิตเป็นวัสดุคอมโพสิต (Composite) โดยได้มีการนำเส้นใยธรรมชาติมาใช้เป็นสารเติมแต่งหรือสารเสริมแรงในพลาสติก เพื่อเป็นการลดต้นทุนเพิ่มปริมาณการผลิตและเพิ่มความแข็งแรงแก่ผลิตภัณฑ์ส่งผลให้วัสดุคอมโพสิตที่ผลิตได้มีน้ำหนักเบา และสามารถลดปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากนำมาผสมกับพลาสติกชีวภาพ (Bio-Plastic) ให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ “กรีนคอมโพสิต (Green Composite)” ที่สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์หรือเอนไซม์

2.3.1 รูปร่างลักษณะและองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยพืช

รูปร่างของลักษณะเส้นใย เส้นใยที่ได้จากพืชมีลักษณะยาว หัวท้ายเรียวประกอบด้วยผนังหลายชั้นและมีช่องว่างตรงกลาง เส้นใยจากพืชขึ้นต้นแต่ละชนิดมีความยาวแตกต่างกัน พืชขึ้นต้นที่เป็น ไม้เนื้ออ่อนให้เส้นใยที่มีความยาวประมาณ 2-4 มิลลิเมตร ส่วนพืชขึ้นต้นที่เป็น ไม้เนื้อแข็งเส้นใยจะมีความยาวประมาณ 0.5 -1.5 มิลลิเมตร ความยาวของเส้นใยเป็นปัจจัยที่กำหนดสมบัติของกระดาษ ทั้งนี้กระดาษที่ผลิตจากเส้นใยมีความแข็งแรงมากกว่ากระดาษที่ผลิตจากเส้นใยสั้น ในขณะที่กระดาษที่ผลิตจากเส้นใยสั้นมีผิวเรียบและทึบแสงมากกว่ากระดาษถ้ามีลักษณะหลงเหลืออยู่ในกระดาษจะทำให้กระดาษเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อกระดาษได้รับแสง

ข้อดีของเส้นใยธรรมชาติ

- เป็นทรัพยากรที่ไม่สิ้นสุด
- ช่วยรักษาสภาพแวดล้อมธรรมชาติ
- มีสมบัติที่ดีบางประการ น้ำหนักเบา ไม้เป็นพิษ
- เป็นฉนวนความร้อนและเสียงได้ดี
- มีศักยภาพในการเสริมแรงวัสดุอื่น
- ย่อยสลายได้

ข้อเสียของเส้นใยธรรมชาติสำหรับการใช้งานอุตสาหกรรม

- คุณภาพไม่คงที่
- ราคาไม่คงที่
- ไม่ทนความร้อน
- ดูดความชื้น
- ติดไฟง่าย
- เสียหายง่ายระหว่างการผลิต

- มีข้อจำกัดในการนำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 แหล่งเส้นใยพืชในการผลิตเยื่อกระดาษ

ไม้จัดว่าเป็นวัตถุดิบสำคัญในการทำเยื่อกระดาษ (Wood Pulp) ไม้ทุกชนิดสามารถนำมาทำเป็นเยื่อกระดาษได้ เราสามารถจำแนกไม้ออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ คือ

2.3.2.1 ไม้ยืนต้น แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ไม้เนื้ออ่อน (Softwood) เป็นไม้จำพวกที่มีลักษณะโครงสร้างเมล็ดรูปกรวย (Coniferous) หรือพืชจำพวกต้นสน (Gymnosperm) มีใบเป็นรูปเข็ม ไม่ผลัดใบ เช่น Spruce Pine และ Fir ในประเทศไทยมีเพียง 2 ชนิด คือ สนสองใบและสนสามใบ เส้นใยของไม้เนื้ออ่อนมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 3 มิลลิเมตร เชื้อที่ได้จากไม้เนื้ออ่อน เรียกว่าเยื่อใยยาว และการเรียกชื่อทางการค้ามักมีอักษร “N” (Needle) นำหน้า เช่น NBKP (Needle Bleached Kraft Pulp) เพื่อระบุว่าเป็นเยื่อใยยาว

2. ไม้เนื้อแข็ง (Hardwood) เป็นไม้จำพวกที่มีเมล็ดจะมีเปลือกหุ้ม (Angiosperm) โดยทั่วไปมีใบกว้าง (Broad Leaved) ยกเว้นไม้บางชนิด เช่น สนทะเลและสนประติพัทธ์ในเขตอบอุ่น ไม้พวกนี้จะผลัดใบ (Deciduous) เส้นใยของไม้เนื้อแข็งมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 1-2 มิลลิเมตร เช่น ยูคาลิปตัสต้นเบิร์ช ต้นแอสเพิน และไม้ใบกว้างต่าง ๆ ในประเทศไทยเชื้อที่ได้จากไม้เนื้อแข็ง เรียกว่า เยื่อใยสั้นและการเรียกชื่อทางการค้ามักมีอักษร “L” (Leaved) นำหน้า เช่น LBKP (Leaved Bleached Kraft Pulp) เพื่อบ่งชี้ว่าเป็นเยื่อใยสั้น

2.3.2.2 ไม้ล้มลุก (Non - wood)

เส้นใยที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้จาก

1. ส่วนที่เหลือทิ้งทางการเกษตร (Agriculture Residue) เช่น ฟางข้าว และขานอ้อย
2. พืชตระกูลหญ้า (Natural Growing Plants) เช่น ไม้ไผ่ หญ้าจรรยา เป็นต้น
3. พืชเส้นใยต่าง ๆ (Crop Fibers) เช่น ปอกระเจา (Jute) และปอสา เป็นต้น

2.3.3 ผักตบชวา

2.3.3.1 ข้อมูลทั่วไปของต้นผักตบชวา

ผักตบชวา เป็นพืชน้ำ มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ ว่า Eichhornia Crassipes จัดเป็นวัชพืชประเภทลอย น้ำมีความคงทน ต่อคืนฟ้าอากาศ ได้อย่างดีเยี่ยม มีดอก สีม่วงอ่อนงดงาม คล้ายช่อดอกกล้วยไม้ และแพร่พันธุ์เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว โดยมีชื่อเรียกผักตบชวาในแต่ละท้องถิ่นไม่เหมือนกัน เช่น ผักปอด, สะวะ, ผักโรค, ผักตบชวา, ผักชะวา, ผักอีโยก เป็นต้น

ผักตบชวาเป็นพืชพื้นเมืองของทวีปอเมริกาใต้ เข้าใจว่ามีการกำเนิดอยู่ในประเทศบราซิล แม้ว่าในปัจจุบันผักตบชวาจะเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายทั่วโลกแต่เอกสารทางพฤกษศาสตร์ไม่ได้เคยมีบันทึกเรื่องผักตบชวา จนกระทั่งถึงปี พ.ศ. 2367 เมื่อนักพฤกษศาสตร์และนายแพทย์ชาวเยอรมันชื่อ Karlvon Martius ได้ไปพบเข้าในขณะที่ทำการสำรวจพันธุ์พืชในบราซิล ในประเทศต่างๆ ในทวีปอเมริกาใต้ ผักตบชวาไม่ได้ก่อให้เกิดปัญหาใดๆ ให้แก่วงการต่างๆ เลย ทั้งนี้ก็เพราะว่าในถิ่นกำเนิดของมัน มีศัตรูธรรมชาติ เช่น แมลง โรค และศัตรูอื่นๆ คอยควบคุมการระบาดอยู่แล้ว แต่เมื่อถูกนำไปจากถิ่นกำเนิดซึ่งปราศจากศัตรูธรรมชาติ ผักตบชวาจึงเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและถึงขั้นทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ได้

ประวัติการแพร่กระจายของผักตบชวา จากถิ่นเดิมในอเมริกาใต้ไปยังส่วนต่างๆ ของโลก ในระยะเวลาไม่ถึง 100 ปีนี้เป็นเรื่องที่น่าสนใจ ควรแก่การศึกษาเป็นอย่างยิ่ง เท่าที่มีการบันทึกไว้เป็นหลักฐานผักตบชวาได้ถูกนักธุรกิจชาวญี่ปุ่น นำไปแสดงในงานนิทรรศการฝ้าย (Cotton State Exposition) ณ เมืองนิวออร์ลีนส์ รัฐหลุยเซียนา ไม่ช้าก็แพร่ไปทั่วทุกแห่งในอเมริกาเหนือ และถึงขั้นทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ได้

สหรัฐอเมริกาเมื่อปี 2427 โดยการไปเก็บมาจากแม่น้ำโอริโนโกในประเทศเวเนซุเอลา ในทวีปอเมริกาใต้ แล้วแจกเป็นของที่ระลึกแก่บุคคลสำคัญที่มาเที่ยวชมคนละต้นหลังจากงานนั้น 11 ปี แม่น้ำเซนต์จอห์น ในรัฐฟลอริดาซึ่งอยู่ห่างจากเมืองนิวยอร์กขึ้นไปทางใต้ถึง 600 ไมล์ เกิดมีแพผักตบชวยาวถึง 100 ไมล์ และคลุมบริเวณห่างจากฝั่งไป 200 ฟุต แพผักตบชวยเหล่านี้เป็นอุปสรรคต่อการทำงานของโรงเลื่อย เพราะชุงไม่สามารถจะลอยเข้าไปยังโรงเลื่อยได้ จนในที่สุดรัฐฟลอริดาได้ร้องเรียนไปยังรัฐสภาเพื่อขอความช่วยเหลือในด้านการป้องกันกำจัดผักตบชวย

ในปี 2424 ชาวคัทซ์ ที่ปกครองประเทศอินโดนีเซียได้นำผักตบชวย ซึ่งขณะนั้นมีปลูกกันเฉพาะในสวนพฤกษชาติในหลายประเทศในทวีปยุโรป นำเข้ามายังประเทศอินโดนีเซียเพราะผักตบชวยมีดอกสีฟ้าเป็นช่อตั้งสวยงามคล้ายคลึงกับดอก hyacinth ซึ่งเป็นไม้ประดับของประเทศในเขตอบอุ่น คำว่า water hyacinth อันเป็นชื่อสามัญภาษาอังกฤษของผักตบชวย ก็ถือกำเนิดมาจากคำนี้เอง เมื่อแรกนำเข้าก็ได้ปลูกเลี้ยงไว้อย่างดีในสวนพฤกษชาติที่เมืองโบกอร์ แต่ต่อจากนั้นไม่นานก็แพร่กระจายไปตามลำน้ำต่างๆ อย่างรวดเร็ว ส่วนในประเทศไทยตามประวัติกล่าวว่าผักตบชวยเริ่มเข้ามาในเมืองไทยตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ 5 คือใน ปี พ.ศ.2444 โดยครั้งนั้นเจ้านายฝ่ายในตามเสด็จประพาสที่ประเทศชวา (อินโดนีเซีย) ได้ เห็นพืชชนิดนี้ออกดอกสวยงามทั่วไป จึงได้แยกต้นกลับมาปลูก ในประเทศไทย และได้วางดินเลี้ยงไว้หน้าสนามวังสระปทุม และเพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดน้ำท่วมภายในวังสระปทุมทำให้ผักตบชวยต้องลอยกระจายไปตามแม่น้ำลำคลองทั่วไป และแพร่พันธุ์จำนวนมาก อันเป็นปัญหาอุปสรรคต่อการคมนาคม ทางน้ำ และการระบายน้ำทางชลประทาน ตั้งแต่นั้นมาคนไทยจึงมีความคุ้นเคยกับผักตบชวย

2.3.3.2 ส่วนประกอบของต้นผักตบชวย

ผักตบชวยจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

1. ลำต้น (Culm) เป็นเหง้าสั้น ๆ และเป็นไหล มีรากงอกออกตามข้อ ถ้าน้ำตื้นก็จะหยั่งรากลงดินมีสีเขียวอ่อนถึงเขียวอมน้ำตาล
2. ใบ (Leaf) เป็นใบเดี่ยว แตกจากลำต้นโดยรอบเป็นกอ ก้านใบมีลักษณะกลม อาจยาว หรือสั้น อวบน้ำ แผ่นใบรูปไข่หรือเกือบกลม กว้าง 5-15 เซนติเมตร ยาว 10-20 เซนติเมตร และมีสีเขียวสดเป็นมัน
3. ดอก (Flower) เป็นดอกช่อแบบสไปค์ มีก้านช่อดอกยาวอวบแทงขึ้นมาจากกลางกอช่อหนึ่ง ๆ มีดอกย่อย 6-30 ดอก ดอกย่อยมีกลีบรวมสีน้ำเงินม่วง 6 กลีบ โคนกลีบด้านในเป็นสีเหลืองมีเกสรตัวผู้ 6 อัน ยาว 3 อัน สั้น 3 อัน ติดกับกลีบดอก



รูปที่ 2.6 ลักษณะลำต้น ใบ และดอกของต้นผักตบชวย [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.3 แหล่งที่พบต้นผักตบชวา

ผักตบชวาเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว สามารถแพร่ขยายพันธุ์ได้ตลอดทั้งปี พบมากบริเวณแม่น้ำ ลำคลอง บึง ทะเลสาบ หรือแม้แต่ร่องน้ำที่มีน้ำขัง แต่ต้องเป็นบริเวณน้ำจืดเท่านั้น เพราะผักตบชวาไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในบริเวณน้ำเค็ม ซึ่งจะพบต้นผักตบชวาในบริเวณที่น้ำนิ่งมากกว่าบริเวณที่น้ำมีการเคลื่อนที่ไหลผ่าน อีกทั้งผักตบชวาจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุด บริเวณที่เติบโตจะต้องมีระดับน้ำประมาณ 50-80 เซนติเมตร เท่านั้น หากระดับลึกเกินมากกว่า 1 เมตรขึ้นไปผักตบชวาจะไม่เจริญเติบโตดีเท่าที่ควร เพราะขังน้ำลึก ยังไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของผักตบชวา และพบว่าผักตบชวาจะเจริญเติบโตได้ดีในสระน้ำนิ่ง และน้ำที่ไหลรวมลงในสระ ซึ่งเป็นน้ำที่พัดพานำเอาสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ มีเป็นลักษณะน้ำครำ จะทำให้ผักตบชวาเจริญเติบโตได้ดีมาก โดยจัดว่าผักตบชวาเป็นวัชพืชน้ำที่สร้างความเสียหายให้กับด้านต่างๆ หลายด้านอาทิเช่น ด้านการชลประทาน ทำให้น้ำไหลผ่านไม่ดี ด้านการประมงผักตบชวาจะแย่งออกซิเจนในน้ำทำให้สัตว์น้ำอาศัยอยู่ไม่ได้ ด้านการเกษตรทำให้น้ำเน่าเสียใช้ในการเกษตรไม่ได้ ด้านการสาธารณสุขเป็นแหล่งเพาะยุงและพาหะนำโรค ด้านการคมนาคมจะกีดขวางในแม่น้ำลำคลอง ทำให้ไม่สามารถเดินทางทางน้ำได้อย่างสะดวก และด้านเศรษฐกิจต้องเสียงบประมาณจำนวนมากหาจะต้องจัดการทำลายผักตบชวา

2.3.3.4 ประโยชน์ของผักตบชวา

ทั้งทางภาครัฐบาลและเอกชนจึงหาวิธีการกำจัดผักตบชวาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ แต่ไม่ค่อยได้รับผลนักจึงได้หาแนวทางในการนำผักตบชวามาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ก็สามารถนำมาใช้ได้หลายลักษณะ เช่น เป็น อาหารสัตว์ ใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ดฟางเพาะชำต้นไม้ ใช้ผลิตก๊าซชีวภาพ ใช้ผลิตปุ๋ยจำหน่ายได้ทั้งตลาดท้องถิ่น ตลาดกลางหรือแม้แต่ตลาดต่างประเทศ ทำให้สามารถเปลี่ยนวัชพืชน้ำที่ไม่มีคุณค่าให้เป็นพืชเศรษฐกิจ สร้างการกระจายรายได้สู่ประชาชนในชนบทเป็นอย่างดีและเป็นการช่วยลดมลภาวะทางน้ำอีกทางหนึ่งด้วยผลิตภัณฑ์จากผักตบชวานับว่าเป็นการสร้างรายได้แก่ผู้ประกอบการเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เพราะต้นทุนการผลิตค่อนข้างต่ำเนื่องจากใช้วัสดุส่วนใหญ่จากธรรมชาติ ประกอบด้วยงานหัตถกรรมจักสานดูเหมือนจะเป็นส่วนหนึ่งของคนไทยมานับตั้งแต่โบราณกาล คนไทยรู้จักการประดิษฐ์เครื่องจักสานนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันหลายๆ ชนิด เช่น กระจาด กระบุง ตะกร้า เป็นต้น และได้สืบทอดงานฝีมือสู่ลูกหลานเรื่อยมา ดังนั้น การประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ จากผักตบชวาจึงเป็นที่ไม่ไ้เรื่องยากเย็นสำหรับคนไทย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.7 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากต้นผักตบชวา [10]

2.4 ขั้นตอนการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกขึ้นรูปจากกระดาษรีไซเคิล

การผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกขึ้นรูปจากกระดาษรีไซเคิลที่นิยมกันในปัจจุบันเป็นการผลิตโดยใช้ระบบสูญญากาศ (Vacuumed-Dehydration Molding) ซึ่งเครื่องจักรที่ใช้จำแนกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ

1. Soft Mold เป็นแบบ Revolving Machine (Wet) โครงสร้างของบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตได้จะไม่แข็งมากนัก สามารถโค้งงอได้เล็กน้อย บรรจุภัณฑ์ที่ผลิตโดยใช้เครื่องจักรแบบนี้เหมาะสำหรับใส่ของที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 1-10 กิโลกรัม เช่น ถาดกระดาษใส่ไข่ ผักและผลไม้ เป็นต้น

2. Hard Mold เป็นแบบ Press Machine (Dry) โครงสร้างของบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตได้จะมีความแข็งแรงทนทานต่อแรงกระแทก และมีความยืดหยุ่นสูง จึงนิยมใช้บรรจุสินค้าที่ต้องการป้องกันการกระแทกสูง เช่น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์โทรคมนาคม อุปกรณ์คอมพิวเตอร์และชิ้นส่วนเสริมความงามต่างๆ ที่ต้องการเสนอสินค้าโดยใช้บรรจุภัณฑ์ที่แปลกตาดูสวย งามอีกด้วย

2.4.1 การผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกขึ้นรูปจากกระดาษรีไซเคิลประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ

2.4.1.1 ขั้นตอนการตีเชื้อ

เป็นการนำเอาวัตถุดิบกระดาษที่ไม่ใช่แล้วใส่ในถัง เติมน้ำประมาณ 1-3 ของถัง เปิดเครื่องจักรตีให้กระดาษขุ่น โดยปกติขั้นตอนนี้ใช้เวลาประมาณ 30-45 นาที

2.4.1.2 ขั้นตอนการกวนเยื่อกระดาษ

เป็นการนำเอาเยื่อกระดาษที่ได้จากการตีให้ขุ่นมาผสมกับสารเคมีที่จะช่วยเพิ่มคุณสมบัติให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ เช่น การใส่สารกันซึม สารปรับค่า pH ของน้ำ

2.4.1.3 ขั้นตอนการขึ้นรูปเยื่อกระดาษ

เยื่อกระดาษที่ได้จากขั้นตอนที่สอง จะถูกนำมาใส่ถังเพื่อเตรียมการขึ้นรูป โดยเครื่องจักรบีบขึ้นรูปจะมีทั้งข้างบนและข้างล่าง โดยแม่พิมพ์ที่ติดอยู่กับเครื่องจักรข้างบน จะทำหน้าที่เป็นตัวประกบแม่พิมพ์ข้างล่างให้ได้รูปผลิตภัณฑ์ตามแบบที่ต้องการ ส่วนตัวเครื่องบีบขึ้นรูปที่อยู่ข้างล่างซึ่งเป็นสูญญากาศ ทำหน้าที่ดูดเยื่อกระดาษจากถังข้างล่างขึ้นข้างบน โดยแม่พิมพ์ที่ติดอยู่กับเครื่องบีบขึ้นรูปข้างล่างจะมีตระแกรงเพื่อกันเยื่อกระดาษ คัดเข้าไปในตัวแม่พิมพ์

2.4.1.4 ขั้นตอนการอบและการอัดบรรจุภัณฑ์

มีวัตถุประสงค์ให้บรรจุภัณฑ์ที่ได้แห้งสนิท ผิวเรียบเนียน สวย และมีรูปร่างคงสภาพไม่เปลี่ยนแปลง

2.4.2 เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทกขึ้นรูปจากกระดาษรีไซเคิล มีเครื่องมือเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องสรุปได้ดังนี้

- ถังตีเชื้อ พร้อมกับเครื่องมือในการตีเชื้อที่มีความเร็วสูง สามารถจัดซื้อได้ภายในประเทศ
- เครื่องจักรขึ้นรูปจากกระดาษ (Pulp Molding Machine) ถือว่าเป็นหัวใจของกระบวนการผลิต และการผลิตเครื่องจักรดังกล่าวต้องอาศัยเทคโนโลยีขั้นสูง ซึ่งในประเทศไทยยังไม่สามารถทำได้ ดังนั้นจึงต้องพึ่งพาการนำเข้าทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่ข้อมูลใดๆ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

119475

- แม่พิมพ์ (Mold) ปัจจุบันเริ่มมีการผลิตในประเทศไทยได้แล้ว อย่างไรก็ตาม การผลิตแม่พิมพ์ต้องอาศัยความละเอียดและเข้าใจในหลักการทำงาน ดังนั้น ถ้าชิ้นงานมาสลับซับซ้อนมาก ผู้ผลิตจะสั่งทำจากผู้ผลิตในประเทศ แต่ถ้าชิ้นงานซับซ้อน จะสั่งทำจากต่างประเทศ

- เครื่องอบและเครื่องอัด สามารถจัดซื้อได้ในประเทศ กรณีที่ปริมาณการผลิตบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปในแต่ละวันมีจำนวนไม่มากนักแต่หากชิ้นงานแต่ละวันมีมากต้องการงานอบที่มีประสิทธิภาพสูงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

2.5 การทดสอบวัสดุและประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์

2.5.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุและบรรจุภัณฑ์

การทดสอบบรรจุภัณฑ์หรือวัสดุที่จะนำมาทำบรรจุภัณฑ์จึงจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่ง ที่ช่วยพิจารณาตัดสินใจเลือกใช้หรือพัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้ได้คุณภาพตามต้องการ การทดสอบที่จะให้ผลได้ถูกต้องมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปเปรียบเทียบหรืออ้างอิงได้ ต้องดำเนินการตามวิธีการและสภาวะแวดล้อมของการทดสอบที่มาตรฐานกำหนด

การกำหนดสภาวะแวดล้อมของการทดสอบนั้นเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญ เนื่องจากทั้งอุณหภูมิและความชื้นเป็นปัจจัยแวดล้อมที่มีต่อคุณสมบัติของวัสดุชนิดเดียวกันถ้าทดสอบในสภาวะต่างกันอาจทำให้ผลที่ได้มีความแตกต่างกัน ดังนั้นก่อนทำการทดสอบจะต้องเก็บตัวอย่างไว้ในสภาวะที่การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในระดับที่มาตรฐานกำหนด โดยเก็บไว้ในตัวอย่างปรับตัวเข้าสู่สภาวะที่สมดุล เช่น การปรับสภาพตัวอย่างประเภทกระดาษ จะต้องเก็บตัวอย่างไว้ในสภาวะมาตรฐานให้มีการดูดหรือคายความชื้น จนกระทั่งน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.25 % เป็นต้น

นอกจากสภาวะแวดล้อมจะเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการทดสอบแล้ววิธีการทดสอบก็ต้องกระทำด้วยวิธีการที่เป็นมาตรฐาน หรือวิธีการทดสอบตามมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับทั้งในระดับประเทศหรือระดับสากล เพื่อให้การทดสอบเป็นไปในแนวทางเดียวกันสามารถนำผลมาเปรียบเทียบกันได้

มาตรฐานที่นิยมใช้กันอยู่

ISO (International Organization for Standardization)

ASTM (American Society for Tasting Materials)

TAPPI (Technical Association of The Pulp and Paper Industry)

JIS (Japanese Industrial Standard)

ISTA (International Safe Transit Association)

มอก. (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม)

หรืออาจเป็นมาตรฐานที่กำหนดเฉพาะเรื่องโดยวิธีการที่น่าเชื่อถือตามหลักวิชาการ ส่วนที่สำคัญในการทดสอบนอกจากสองสิ่งที่กล่าวมาแล้ว ปัจจัยที่สำคัญอื่นๆ ได้แก่ เครื่องมือ อุปกรณ์ทดสอบที่ได้มาตรฐานมีความถูกต้องแม่นยำ และบุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญในด้านการทดสอบ

การทดสอบสามารถกระทำได้ทั้งวัสดุที่จะนำมาเป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อคัดเลือกวัสดุที่ดีหรือเหมาะสมที่สุด และทดสอบด้วยบรรจุภัณฑ์เองเพื่อเป็นการประเมินตรวจสอบสภาพการใช้งาน ซึ่งจะมีการทดสอบทั้งบรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีกและบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เป็นหน่วยงานที่พร้อมจะให้บริการทดสอบวัสดุและบรรจุภัณฑ์ด้วยเครื่องมือที่ทันสมัยตามมาตรฐานวิธีการทดสอบทั้งมาตรฐานภายในประเทศและมาตรฐานระดับสากล ด้วยระบบให้บริการที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน ISO 9001-2000

2.5.2 วิธีการทดสอบวัสดุและบรรจุภัณฑ์

ในงานวิจัยชิ้นนี้เน้นไปที่งานบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่มีเส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุเสริมแรงจึงใช้ในส่วนของการทดสอบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง (Transport Packaging Tasting) ได้แก่

1. ความต้านทานแรงกด (Compression Strength) วิธีการทดสอบและวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 642
2. การเรียงซ้อน (Stacking Test) วิธีการทดสอบและวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ISO 2234
3. การต้านแรงสั่นสะเทือนเมื่อตก (Drop Resistance) วิธีการทดสอบและวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 5276, ISTA ISO 2248, TAPPI T 802
4. ความต้านแรงสั่นสะเทือน (Vibration Resistance) วิธีการทดสอบและวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 999, ISTA ISO 2247
5. ความต้านแรงกระแทก (Impact Resistance) วิธีการทดสอบและวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 1709
6. ความต้านแรงฉีกขาด (Tear Resistance) วิธีการทดสอบและวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 1922

2.5.3 ประเภทของการทดสอบวัสดุและบรรจุภัณฑ์

การทดสอบบรรจุภัณฑ์ สามารถแบ่งประเภทการทดสอบอย่างง่าย ได้เป็น 2 ประเภท คือ การทดสอบเพื่อการบ่งบอก (Identification Test) และการทดสอบเพื่อการประเมินการใช้งาน (Performance Test) [3]

2.5.3.1 การทดสอบเพื่อการบ่งบอก

การทดสอบประเภทนี้จะเป็นการทดสอบวัสดุที่ใช้ผลิตตัวบรรจุภัณฑ์เพื่อหาคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุนั้น เช่น กระดาษมักใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์ในการซื้อขาย การทดสอบจึงวัดค่าน้ำหนักมาตรฐานในขณะที่พลาสติกจะใช้ความหนาแน่นเป็นเกณฑ์ในการแยกประเภทของพลาสติก เป็นต้น

การทดสอบเพื่อบ่งบอกลักษณะของวัสดุบางประเภท ยังสัมพันธ์กับการใช้งานของบรรจุภัณฑ์ เช่น การวัดอัตราการซึมผ่านของน้ำและก๊าซ จะมีความสัมพันธ์กับการคาดคะเนอายุของผลิตภัณฑ์อาหาร หรือการทดสอบความแข็งแรงตามขอบเขตของกระดาษลูกฟูกจะสัมพันธ์กับความสามารถรับแรงกดแนวตั้งของกล่องลูกฟูก เป็นต้น

ในกรณีที่มีการทดสอบเพื่อการบ่งบอกของวัสดุหลายแหล่งพร้อมกัน เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุจากแต่ละแหล่งนั้นจะมีการทดสอบประเภทนี้ค่อนข้างบ่อยวิธีการทดสอบจะทำโดยการแยกวัสดุที่กำลังใช้อยู่เป็นวัสดุหลัก (Control) และวัสดุอื่นที่ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเป็นวัสดุแปรผัน (Variables) ในการทดสอบแต่ละครั้งควรทดสอบวัสดุหลักสลับกันกับวัสดุแปรผัน เพื่อลดความแปรปรวนของอุปกรณ์ทดสอบหลังจากที่ทดสอบเป็นเวลานาน เช่น การทดสอบครั้งแรกจะเริ่มต้นด้วยวัสดุหลักแล้วตามด้วยวัสดุแปร การทดสอบครั้งที่สองจะสลับกัน โดยเริ่มจากวัสดุแปรก่อนแล้วค่อยตามด้วยวัสดุหลัก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.2 การทดสอบเพื่อประเมินการใช้งาน

บรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบมาใช้งานจะต้องทำหน้าที่ต่างๆ กัน ตัวอย่างเช่น บรรจุภัณฑ์ที่กล่องถูกพุกหมักจะใช้ในการป้องกันอันตรายทางกายภาพระหว่างการเดินทางในคลังสินค้าหรือการขนส่ง การทดสอบเพื่อการใช้งานในการเก็บคงคลังจะเป็นการทดสอบความสามารถรับแรงกดในแนวตั้ง (Compression Strength) เนื่องจากในคลังสินค้า กล่องจะถูกเรียงซ้อนเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นตอนจะกดทับลงมายังกล่องที่อยู่ข้างล่าง ดังนั้นการทดสอบความสามารถรับแรงกดในแนวตั้งจึงเป็นการจำลอง (Simulation) การกดทับในคลังสินค้าของการเรียงซ้อน

นอกจากประเภทการทดสอบเป็นการบ่งบอกและการประเมินการใช้งานแล้วยังสามารถแยกตามความคล้ายคลึงของลักษณะทดสอบจากมาตรฐานขององค์กรต่างๆดังที่กล่าวมาแล้วโดยจัดแบ่งประเภทของการทดสอบที่คล้ายกันเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 การทดสอบคุณสมบัติบรรจุภัณฑ์ด้านการป้องกันรักษาคุณภาพและการบรรจุ เช่น การซึมผ่านของไอน้ำหรือก๊าซ และความเข้ากันได้ (Compatibility) ของบรรจุภัณฑ์กับผลิตภัณฑ์อาหารในแง่ของความแข็งแรงได้แก่ ความต้านทานต่อการตีทะลุ ความต้านทานต่อแรงดึง เป็นต้น

กลุ่มที่ 2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ความหนาที่แปรปรวน ความแข็งแรงของรอยปิดผนึก และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานซึ่งมีผลต่อการเดินวัสดุบรรจุภัณฑ์บนเครื่องจักร เป็นต้น

กลุ่มที่ 3 การทดสอบคุณสมบัติทางด้านความสวยงามของบรรจุภัณฑ์สำเร็จรูป เช่น ความแวววาวเป็นประกาย (Haze and Gloss) ความสามารถด้านทนแรงเสียดสี และสามารถในการจับผ่านจากบรรยากาศ เป็นต้น

ในการเลือกมาตรฐานการทดสอบใดๆก็ตามจำเป็นต้องทราบว่าผลที่ได้จากการทดสอบจะนำไปประเมินใช้งานได้อย่างไรบ้าง

2.5.4 การหาปริมาณความชื้น (Measurement of Moisture Content)

การหาปริมาณความชื้น โดยหลักการแล้วสามารถทำได้โดยนำวัสดุที่ที่ต้องการหาความชื้นมาชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกค่าไว้เป็นมวลวัตถุเริ่มต้น จากนั้นจึงนำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลงจากนั้นบันทึกค่าไว้เป็นมวลวัตถุแห้ง แล้วนำมาคำนวณตามสูตร

$$\% \text{ความชื้น (ต่อน้ำหนักเปียก)} = (\text{มวลวัตถุเริ่มต้น} - \text{มวลวัตถุที่แห้ง}) \times 100 / \text{มวลวัตถุเริ่มต้น}$$

$$\% \text{ความชื้น (ต่อน้ำหนักแห้ง)} = (\text{มวลวัตถุเริ่มต้น} - \text{มวลวัตถุที่แห้ง}) \times 100 / \text{มวลวัตถุที่แห้ง}$$

ตัวอย่างการคำนวณหา % ความชื้น (Percentage Moisture)

สมมติว่ามีตัวอย่างดิน 100.0 กรัม หลังจากอบแห้งที่ 100 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักได้ 87.0 กรัม เปอร์เซ็นต์ความชื้นมีค่าเท่าไร? (ให้ขึ้นกับน้ำหนักเริ่มต้น)

$$\text{น้ำหนักของความชื้น} = 100.0 - 87.0 = 13.0 \text{ กรัม}$$

$$\% \text{ความชื้น (เปียก)} = (100.0 - 87.0) \times 100 / 100 = 13 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

แต่การใช้ตู้อบนั้นจะใช้เวลาอันซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เวลามากกว่า 4 ชั่วโมงในการอบ โดยปัจจุบันนี้มีเครื่องมือในการหาปริมาณความชื้นมากมาย เช่น การอบแผ่นตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนในเตาอบที่ 105 เป็นเวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเคซิเคเตอร์ นำมาชั่งน้ำหนักใหม่ ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งได้คือปริมาณความชื้นในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น มิฉะนั้นผู้ใดเห็นไปจะขอเงินคืนการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง นิยมเป็นคำร้อยละ การทดสอบที่มีความสำคัญต่อกระดาษ กระดาษแข็งและกระดาษลูกฟูกที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุ

2.5.4.1 The Sauter Infra-red Moisture Balance

เครื่องมือนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือส่วนที่ให้ความร้อน (Infrared Lamp) และส่วนที่วัดน้ำหนัก (Balance Weight)

1) วิธีใช้ ใส่วัตถุที่ที่ต้องการหาความชื้นลงในจาน (Plate) กดปุ่มเริ่มทำงาน (Start) และรอประมาณ 5-15 นาที (ขึ้นอยู่กับแต่ละยี่ห้อ แต่ละรุ่น) เครื่องก็จะอ่านค่าความชื้นให้อัตโนมัติเป็นเปอร์เซ็นต์

2) หลักการทำงาน เมื่อนำวัตถุใส่ในจานประมาณ 10 กรัม แล้วกดปุ่มเริ่มต้นทำงาน (Start) เครื่องจะทำการวัดน้ำหนักที่ชั่งไว้แล้วเก็บข้อมูลเป็น w_1 แล้วเครื่องก็จะทำการให้ความร้อนจาก Infrared Lamp เมื่อเวลาผ่านไปเป็นเวลา t_1 เครื่องก็จะทำการวัดน้ำหนักเป็น w_2 จากนั้นก็จะให้ความร้อนอีกครั้ง เป็นเวลา t_2 แล้วจึงวัดน้ำหนักเป็น w_3 โดยตัวเครื่องจะนำค่า w_3 นี้ ไปเปรียบเทียบกับ w_2 ว่ามีค่ามากกว่าหรือไม่ หาก w_3 มีค่าน้อยกว่า w_2 เครื่องก็จะทำงานต่อไปจนกระทั่งถึงเวลาที่ t_n ใดๆ หรือน้ำหนักไม่ลดลงอีกแล้วเครื่องก็จะทำการยุติการให้ความร้อนแล้วคำนวณปริมาณความชื้นออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ที่หน้าหัด

3) การรายงานผล ควรทำการทดสอบอย่างน้อย 3 ครั้งแล้วจึงนำผลที่ได้แต่ละครั้งมาหาค่าเฉลี่ย

2.5.4.2 The Speedy Moisture Tester

เครื่องมือวัดความชื้นชนิดนี้จะวัดความชื้นโดยอาศัยความดันภายในกระบอกเวสเซล (Seal Vessel) โดยวัตถุที่จะวัดความชื้นจะถูกนำผสมกับ Calcium Carbide โดยความดันจะเกิดจากก๊าซ Acetylene โดยก๊าซตัวนี้จะแปรผันตรงกับปริมาณความชื้นในวัตถุดิบ

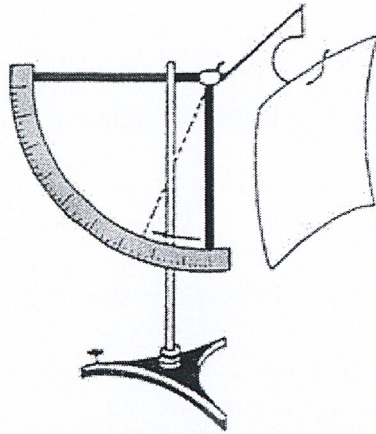
วิธีใช้ ผสมวัตถุดิบที่ต้องการวัดกับ Calcium Carbide ลงในกระบอกเวสเซล (Seal Vessel) ปิดฝาแล้วเขย่า ส่วนความชื้นอ่านได้โดยตรงจากเกจวัดความดัน คล้ายๆกับเกจวัดความดันดิ่งก๊าซหุงต้มภายในบ้านทั่วไป ปัจจัยอันเนื่องจากปริมาณความชื้นในอากาศ เนื่องจากกระดาษเป็นวัสดุที่มีปริมาณความชื้นเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณความชื้นในอากาศ เมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) สูงขึ้น ปริมาณความชื้นในอากาศก็สูงขึ้นด้วย แต่จะทำให้กล่องทนต่อแรงกดได้น้อยลง

2.5.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อกระดาษ

เป็นการทดสอบคุณสมบัติทั่วไปของกระดาษมีรายละเอียดดังนี้

1. น้ำหนักมาตรฐาน (Basic Weight) หมายถึง น้ำหนักของกระดาษต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เก็บในสภาวะอุณหภูมิและความชื้นที่ได้มีการควบคุมตามมาตรฐานกำหนด น้ำหนักมาตรฐานของกระดาษจะเป็นประโยชน์ในด้านการควบคุมการผลิตกระดาษ โดยจะควบคุมปริมาณเนื้อกระดาษที่ใช้หน่วยที่ใช้วัดน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษจะเป็น กรัมต่อตารางเมตร ตามระบบสากล กระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐานมากกว่าจะมีความแข็งแรง ความหนา และความทึบแสงมากกว่ากระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐานต่ำกว่า มีหน่วยเป็นกรัมต่อตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 เครื่องมือที่ใช้วัดน้ำหนัมาตรฐาน

2. ความหนา (Thickness) หมายถึง ระยะตั้งฉากระหว่างผิวหน้าขนานทั้งสองระนาบของกระดาษมีหน่วยเป็น มิลลิเมตร หน่วยที่ใช้ในสหรัฐอเมริกาจะระบุเป็นนิ้ว(inches)หรือมิลลิเมตร(millimeter)ในระบบ SI จะวัดเป็นหน่วย ไมโครเมตร(micrometer) แต่ส่วนใหญ่จะวัดเป็นมิลลิเมตร ความหนาของกระดาษจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ น้ำหนักมาตรฐาน แรงกดของลูกขณะเดินแผ่นการบิดเอี้ยวและชนิดของเยื่อที่ใช้ความหนาของกระดาษมีความสำคัญเพราะ เครื่องพิมพ์ในแต่ละระบบการพิมพ์หรือเครื่องพิมพ์ในระบบการพิมพ์เดียวกันแต่ผลผลิตจากผู้ผลิตต่างรายกันไม่สามารถพิมพ์ได้ในทุกความหนา การพิมพ์กระดาษที่มีความหนาต่างกันต้องมีการปรับตั้งส่วนต่างๆของเครื่องพิมพ์แตกต่างกัน เพื่อให้สภาพการเดินกระดาษคล่องบนเครื่องพิมพ์มีมากที่สุด

3. การต้านแรงดึงขาด (Tensile Strength) หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงดึงขาดซึ่งกระทำที่ปลายข้างใดข้างหนึ่งของแผ่นทดสอบที่มีความกว้างคงที่ 15 มิลลิเมตร จนแผ่นกระดาษทดสอบขาดภายใต้สภาวะที่กำหนดตามมาตรฐานการทดสอบ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมแรงต่อนิวตัน

4. การต้านแรงดันทะลุ (Bursting Strength) และแฟกเตอร์แรงดันทะลุ (Burst Factor)

การต้านแรงดันทะลุ หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงดันที่กระทำบนแผ่นทดสอบด้วยอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจนทำให้แผ่นทดสอบนั้นทะลุ มีหน่วยเป็นกิโลปาสกาล

แฟกเตอร์ของแรงดันทะลุ หมายถึง ผลลัพธ์ของการต้านแรงดันทะลุต่อน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษที่อบแห้ง

5. การต้านแรงฉีกขาด (Tearing Resistance) และแฟกเตอร์ของการฉีกขาด (Tear Factor)

การต้านแรงฉีกขาด หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงซึ่งทำให้แผ่นทดสอบหนึ่งแผ่นขาดจากรอยเดิม มีหน่วยเป็นมิลลินิวตัน แฟกเตอร์ของการฉีกขาด หมายถึง ผลลัพธ์ของการต้านแรงฉีกขาดต่อน้ำหนักมาตรฐาน คูณด้วย 100

6. แรงพับขาด (Folding Endurance) หมายถึง จำนวนครั้งที่กระดาษจะหักพับจนขาดออกจากกันภายใต้สภาวะที่กำหนด

7. ความต้านแรงวงแหวน (Ring Crush Resistance) หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงที่มากกดในแนวระนาบเดียวกับกระดาษจนขอบกระดาษหักพับ มีหน่วยเป็น นิวตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทฯ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ความต้านแรงดันลูกฟูก (Conson Crush Resisitance) หมายถึง ความสามารถทำกระดาษลูกฟูกที่จะต้านแรงกดลงบนลอนลูกฟูก จนลอนลูกฟูกยุบลงจนแบน

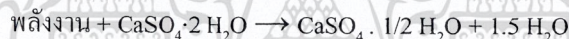
9. ความขาวสว่าง (Brightness) หมายถึง ค่าความสามารถในการสะท้อนแสงซึ่งวัดจากปริมาณแสงในช่วงคลื่น 457 นาโนเมตร สะท้อนกับแผ่นทดสอบเทียบกับแสงในช่วงคลื่นเดียวกันเมื่อกำหนดให้ MgO สะท้อนแสงได้ 100 เปอร์เซ็นต์

10. ความทึบแสง (Opacity) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างการสะท้อนแสงซึ่งแผ่กระจายบนแผ่นทดสอบเมื่อรองรับด้วยพื้นดำกับรองรับด้วยปีกของแผ่น

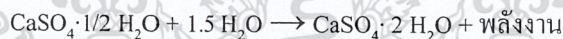
11. ความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษ (Formation) หมายถึง ความแตกต่างของปริมาณเส้นใยที่เกี่ยวข้องประสานหรือเกิดพันธะเคมีต่อกัน ในแต่ละบริเวณของกระดาษ นับว่าเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับกระดาษพิมพ์ ความไม่สม่ำเสมอของเนื้อกระดาษเกิดขึ้นจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระดาษ เช่น เส้นใย สารเติมแต่งต่าง ๆ ที่นำมาผสมกันมีความแตกต่างกันในขนาด รูปร่าง ความหนาแน่น ดัชนีหักเหของแสงและองค์ประกอบทางเคมี นอกจากนี้ยังขึ้นกับขั้นตอนการผลิตและการเดินแผ่น ซึ่งล้วนแต่มีผลต่อการกระจายตัวและจับตัวของสารผสมเหล่านี้ทั้งสิ้น

2.6 ปูนปลาสเตอร์ (Plaster of Paris)

ปูนปลาสเตอร์ (Plaster of Paris) หรือที่เรียกทางเคมีว่า Calcium Sulfate Hemihydrates ได้มาจากการนำแรยิบซั่ม (Gypsum) ซึ่งมีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติมาให้ความร้อน (ประมาณ 150 °C) เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีดังสมการ



และเมื่อนำไปผสมน้ำเพื่อใช้งานก็จะเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับดังนี้



โดยจะปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของพลังงานความร้อน

ในกระบวนการผลิตปูนปลาสเตอร์ จะได้ปูนปลาสเตอร์ออกมา 2 ชนิดคือ Beta (β) Plaster และ Alpha (α) plaster ซึ่งจะให้คุณสมบัติที่แตกต่างกันไปทั้งในเรื่องของความแข็งแรง และการดูดซึม/คายน้ำของตัวปูนปลาสเตอร์เอง ในการผลิตเพื่อออกมาจำหน่าย ทางผู้ผลิตเองจะมีการผสมระหว่างปูนทั้งสองชนิดนี้ในอัตราส่วนต่างๆ กัน รวมถึงอาจมีสารเคมีบางอย่างผสมรวมไปด้วยเพื่อให้ได้ปูนปลาสเตอร์ที่มีคุณสมบัติตรงตามความต้องการใช้งานแต่ละชนิด อาทิเช่น ปูนปลาสเตอร์สำหรับการทำ Case Mould จะต้องมีการแข็งแรง ทนต่อการขยายตัวได้ดี และไม่ต้องการคุณสมบัติในการดูด/คายน้ำ ปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์งานหล่อน้ำดิน ต้องการคุณสมบัติที่ดีของการดูด/คายน้ำ แต่ไม่ต้องการเรื่องความแข็งแรงมากนัก และ ปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแม่พิมพ์งาน Ram Press ต้องการความทนทานต่อแรงอัดสูง เป็นต้น

ประโยชน์ของปูนปลาสเตอร์ที่สำคัญคือ ใช้ในการหล่อแบบเป็นชิ้นงาน เช่น หน้ากาก ตุ๊กตาและสิ่งของประดับบ้าน ทำเปลือกสำหรับคนไข้ที่ประสบอุบัติเหตุกระดูกแขน หรือขาหักใช้พิมพ์รอยมือหรือเท้าสำหรับศึกษาและงานสืบสวนรวมถึงทำแบบพิมพ์สำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิก การใช้น้ำปูนปลาสเตอร์ทำแบบ สำหรับขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซรามิกมีข้อดีหลายประการ เนื่องจากปูนปลาสเตอร์มีความแข็งแรงและผิวหน้าเรียบสามารถเก็บรายละเอียดต่างๆ ของคันทับได้ตีรวมถึงมีรูพรุนมากจึงสามารถดูดน้ำออกจากเนื้อดินได้ทำให้เนื้อดินแห้งเร็วกว่าการใช้วัสดุอื่นทำแบบ นอกจากนี้ยังมีราคาถูกอีกด้วย ข้อควรระวังในการทำแบบปูนปลาสเตอร์คือจะต้องกำบังอากาศที่เกิดขึ้นในระหว่างการปฏิบัติกริยาระหว่างปูนปลาสเตอร์กับน้ำออกให้หมดมิฉะนั้นจะทำให้เกิดรูพรุนขนาดใหญ่ซึ่งจะส่งผลต่อความแข็งแรง และการดูดซึมน้ำของแบบที่ได้

2.6. ลักษณะทั่วไป

การปั้นและการหล่อ มักจะทำเป็นขั้นตอนต่อเนื่องกันไป โดยเริ่มตั้งแต่การปั้น เป็นการขึ้นรูปทรงที่สามารถสร้างรายละเอียดต่างๆ ให้กับแบบได้ดีกว่าวิธีการอื่นๆ จากนั้นทำแม่พิมพ์จากผลงานที่ปั้น การทำแม่พิมพ์มีความสำคัญอยู่ 2 ประการ คือ เป็นการเพิ่มจำนวนชิ้นงานที่มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ 2 ชิ้นและเป็นการเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ปั้นขึ้นรูปให้เป็นวัสดุอย่างอื่นที่มีความคงทนมากขึ้น แม่พิมพ์ที่ใช้ในการหล่อปูนปลาสเตอร์โดยทั่วไปมีอยู่หลายชนิด ได้แก่ แม่พิมพ์ยางพารา แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ เป็นต้นแม่พิมพ์ยางเป็นแม่พิมพ์อย่างง่าย เหมาะสำหรับแบบที่เป็นรูปนูนต่ำ นูนสูง หรือรูปลอยตัวที่ไม่มีรายละเอียดมากนัก แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์มี 2 ชนิด คือ แม่พิมพ์ทาบ กับแม่พิมพ์ขึ้น แม่พิมพ์ทาบ คือแม่พิมพ์ที่ใช้หล่องานได้ครั้งเดียว เมื่อจะแกะงานจะทาบแม่พิมพ์เพื่อนำเอางานออกมา แม่พิมพ์ขึ้นคือแม่พิมพ์แยกส่วนเป็นชิ้น ๆ หลายชิ้น และสามารถหล่องานได้หลาย ๆ ครั้ง

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภาณุมาศ สุธบางคำ และคณะ [11] ได้ทำการศึกษาการพัฒนากระดาษจากใบสับปะรดเพื่อใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของกระดาษทำมือที่ผลิตจากใบสับปะรดผสมกับต้นกล้วย และใบสับปะรดผสมกับใบรูปดาบ งานวิจัยนี้เลือกใช้อัตราส่วนผสมที่เท่ากัน 3 อัตราส่วนผสมคือ ร้อยละ 50:50 60:40 และ 70:30 จากนั้นนำกระดาษที่ได้ไปทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำตามมาตรฐาน TAPPI 441 OM-90 และทดสอบการต้านแรงดึงตามมาตรฐาน TAPPI T 494-88 จากผลการทดลองพบว่ากระดาษที่ผลิตจากใบสับปะรดผสมกับต้นกล้วยที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 60:40 มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 2.6269 กรัมต่อ 100 ตารางเซนติเมตร ซึ่งมีค่าสูงกว่ากระดาษที่ผลิตจากใบสับปะรดผสมกับต้นกล้วยที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 70:30 เพียง 0.1654 กรัมต่อ 100 ตารางเซนติเมตร ขณะที่ผลของการต้านแรงดึงของกระดาษที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 60:40 มีค่าสูงกว่ากระดาษที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 70:30 ถึง 561.65 นิวตันต่อเมตร จึงสรุปได้ว่ากระดาษที่ผลิตจากใบสับปะรดผสมกับต้นกล้วยที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 60:40 มีความเหมาะสมที่จะนำไปผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์มากที่สุดเมื่อพิจารณาจากทั้งสองปัจจัย

วุฒินันท์ ทงทัต และคณะ [12] ศึกษาคุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษผักตบชวาผสมเยื่อสาที่ทำด้วยมือแบบไทยเพื่องานหัตถกรรม จากการศึกษาคุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษผักตบชวาผสมเยื่อสาที่ทำด้วยมือแบบไทย ในอัตราส่วน 100:0, 90:10, 80:20, 70:30 และ 0:100 โดยเตรียมตัวอย่างและทดสอบคุณสมบัติของกระดาษตามวิธีมาตรฐานของ TAPPI ผลการศึกษากระดาษที่ผสมเยื่อผักตบชวาต่อเยื่อสาในอัตราส่วน 70:30 มีคุณสมบัติทางเชิงกลที่ดีสามารถใช้งานหัตถกรรมแทนกระดาษสาได้ คุณสมบัติทางเชิงกล ประกอบด้วย น้ำหนักมาตรฐาน 65±5 กรัมต่อตารางเมตร ความขาวสว่างร้อยละ 64.35 ความเรียบ 5.75 วินาที ความต้านทานแรงฉีกขาด 32.83 เมตรนิวตัน เมตรต่อกรัม ความต้านทานแรงดึง 23.91 นิวตันเมตรต่อกรัม ความต้านทานแรงดันทะลุ 2.46 กิโลปาสคา ตารางเมตรต่อกรัม และความต้านทานแรงหักพับ 118.44 ครั้ง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กนิษฐ์ ตรีสุวรรณ [13] ศึกษาการผลิตเชื้อจากใบสับปะรด เป็นงานวิจัยที่ศึกษาถึงสภาวะต่างๆที่มีผลต่อการจัดลิกนิน โดยใช้วิธีโซดาไฟในหม้อต้มแบบระบบปิด ตัวแปรที่สำคัญในการจัดลิกนิน ได้แก่ ปริมาณสารเคมีที่เติมลงไปกับอุณหภูมิในหม้อต้ม จากการทดลองพบว่าผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเคมีที่เติมลงไปมีผลกระทบต่อกระบวนการจัดลิกนินมากกว่าผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดในกระบวนการต้ม คุณสมบัติที่ได้มีค่าแคลปายอยู่ในช่วง 29.3-43.0 ค่าดัชนีแรงดึงขาดอยู่ในช่วง 22.70-27.93 นิวตัน เมตรต่อกรัม ค่าดัชนีแรงดันทะเลอยู่ในช่วง 1.24-1.80 กิโลปาสคา ตารางเมตรต่อกรัม ค่าดัชนีแรงฉีกขาดอยู่ในช่วง 3.35-4.58 นิวตัน ตารางเมตรต่อกรัม ปริมาณเยื่อรวมอยู่ในช่วง 31.53-38.60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเยื่อแห้ง ปริมาณเยื่อที่ผ่านการคัดขนาดอยู่ในช่วง 20.66-25.92 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเยื่อแห้ง

นิทัศน์ ทิพย์โสตนัยนา [9] ศึกษาการพัฒนาเชื้อกระดาษผสมจากวัชพืช สำหรับกระดาษทำลูกฟูก งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษากระบวนการผลิตเชื้อกระดาษจากวัชพืชสามชนิด ต้นหญ้าแฝก ต้นธูปฤๅษี และผักตบชวา ทดสอบคุณสมบัติของแผ่นกระดาษ และทำกระดาษลูกฟูกที่ผลิตจากเชื้อวัชพืชเดี่ยวและผสมกันด้วยอัตราส่วนต่างๆ ทดลองเชื้อกระดาษด้วยวิธีทางเคมีโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ จากการทดสอบคุณสมบัติพบว่า กระดาษจากเชื้อธูปฤๅษีมีความหนา ปริมาณความชื้น และความต้านแรงฉีกขาดสูงสุด กระดาษจากเชื้อหญ้าแฝกมีความขาวสว่างสูงสุด ความต้านแรงดึงสูงสุด และการดูดซึมน้ำต่ำสุด กระดาษจากเชื้อผักตบชวามีความต้านแรงดันทะเลสูงสุด ส่วนกระดาษลูกฟูกที่ผลิตจากเชื้อหญ้าแฝกหรือเชื้อผักตบชวามีความต้านทานแรงกดวงแหวน และความต้านแรงกดลอนสูงสุด จากการผสมเชื้อวัชพืชพบว่ากระดาษลูกฟูกมีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์ดี เมื่อเทียบกับกระดาษจากเชื้อรีไซเคิล และการผสมระหว่างเชื้อหญ้าแฝกร้อยละ 25 เชื้อธูปฤๅษีร้อยละ 25 และเชื้อผักตบชวาร้อยละ 50

ธนธร ทองสัมฤทธิ์ และคณะ [14] ศึกษาการพัฒนาเชื้อกระดาษจากวัชพืชในประเทศ เพื่อทางเลือกใหม่ของบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูก วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเชื้อในวัชพืชสามชนิดคือ ต้นหญ้าแฝก ต้นธูปฤๅษี และผักตบชวา แล้วนำเชื้อไปผลิตแผ่นกระดาษและกระดาษทำลูกฟูก ตรวจสอบคุณภาพงานพิมพ์ และขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษ โดยผสมวัชพืชที่อัตราส่วนต่างๆ และผสมสารเติมแต่งในปริมาณคงที่คือ แคลเซียมคาร์บอเนต แป้งคัดแปลงประจุบวก และสารแอตคิลิซีนไคเมอร์ ร้อยละ 2, 1.2 และ 2 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้งตามลำดับ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัชพืชพบว่าผักตบชวามีเถาซิลิกา ไซ เบต้าเซลลูโลส แกมมาเซลลูโลส และลิกนินมาก มีความสามารถในการละลายได้ดี ต้นหญ้าแฝกมีปริมาณเพนโตซานมาก เมื่อนำไปฟอกจะมีความขาวมากกว่าวัชพืชประเภทอื่น ต้นธูปฤๅษีมีปริมาณอัลฟาเซลลูโลสมากที่สุด ซึ่งให้ผลผลิตเยื่อมากที่สุด จากการทดสอบสมบัติของกระดาษ พบว่า กระดาษจากเชื้อธูปฤๅษีมีความหนา ปริมาณความชื้น และความต้านแรงฉีกขาดสูงสุด กระดาษจากเชื้อหญ้าแฝกมีความขาวสว่างและความต้านแรงดึงสูงสุด แต่การดูดซึมน้ำต่ำสุด กระดาษจากเชื้อผักตบชวามีความต้านแรงดันทะเลสูงสุด ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเชื้อวัชพืชผสมสามารถนำไปผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อทางเลือกใหม่ของบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูกได้

จากการศึกษาเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย สรุปได้ว่าการนำวัสดุจากพืชธรรมชาติมาใช้ต้องคำนึงถึง คุณสมบัติเฉพาะของวัสดุ คุณภาพรูปร่างลักษณะของเส้นใยนั้นๆ ราคา ความสามารถในการนำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ ส่วนประเภทของกระดาษที่นำมาใช้ในกระบวนการก็จำเป็นต้องพิจารณาอย่างถี่ถ้วนที่ต้องปลอดภัย อีกทั้งยังจำเป็นต้องทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุที่นำมาศึกษา ก่อนด้วยการทดสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยการนำแผ่นทดสอบเพื่อหาอัตราส่วนที่แน่นอนและเพื่อประสิทธิภาพสูงสุดของบรรจุภัณฑ์ที่ทำการออกแบบก่อนเป็นประเด็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

การดำเนินการวิจัย เรื่อง การศึกษาและพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากกระดาษรีไซเคิลและผักตบชวา สำหรับผลิตภัณฑ์ตุ๊กตาเซรามิค ขนาด 4×3×5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งเป็นรูปแบบของการทดลองและทดสอบโดยแบ่งกระบวนการปฏิบัติงานออกเป็น 2 กลุ่ม มีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษาและทดสอบกระดาษที่พัฒนามาจากส่วนผสมระหว่างกระดาษกล่องและผักตบชวา
2. การพัฒนากระดาษจากส่วนผสมระหว่างกระดาษกล่องและผักตบชวามาเป็นบรรจุภัณฑ์กันกระแทก

3.1 การศึกษาและการทดสอบกระดาษสำหรับบรรจุภัณฑ์

3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์

ก. วัตถุดิบ

เป็นส่วนสำคัญในการผลิตกระดาษประกอบไปด้วย

1. เยื่อจากต้นผักตบชวา
2. เยื่อจากกล่องกระดาษลูกฟูกเก่า

ข. สารเคมี

เป็นตัวช่วยในการผลิตกระดาษ ได้แก่

สารแยกเส้นใย ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide, NaOH)

ค. เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตกระดาษ

เป็นอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตกระดาษ

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Analytical Balance)
2. เครื่องตีกระจายเยื่อ (Disintegrator)
3. เครื่องคัดแยกเยื่อ (Flat Screen) และเครื่องเซนตริฟิว (Centrifuge)
4. เครื่องทำแผ่นทดสอบมาตรฐาน (Handsheet Forming Machine)
5. เครื่องวัดปริมาณความชื้น (Moisture Balance)
6. เครื่องกดรีดน้ำ (Pressing)
7. เครื่องอบแห้ง (Dryer)
8. เครื่องปั่นกระจายตัวเยื่อขึ้น (Hydra Pulp)

ง. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบกระดาษ

เป็นอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบกระดาษ

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Analytical Balance)
2. เครื่องทดสอบความต้านแรงดึงขาด (Tensile Tester)
3. เครื่องทดสอบความต้านการฉีกขาด (Elmendorf Tear Tester)
4. เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะลุ (Burst Tester)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาตและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. อุปกรณ์เพิ่มเติมในการทำวิจัย

เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

1. แท่งแก้ว
2. บีกเกอร์ขนาดความจุต่างๆ
3. ปิเปต
4. กระดาษซับ
5. ขวดวัดปริมาตร
6. เทอร์โมมิเตอร์
7. อ่างสำหรับพักเชื้อ
8. บิวเรต
9. นาฬิกาจับเวลา
10. ถุงพลาสติกกรอง

ซึ่งมีรายละเอียดกระบวนการผลิตดังต่อไปนี้

3.1.2 ขั้นตอนการผลิตเชื้อ

สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

3.1.2.1 การเตรียมเชื้อผักตบชวา

ก. นำต้นผักตบชวา มาล้างน้ำให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ประมาณ 2-3 นิ้ว จากนั้นนำไปผึ่งแดดให้แห้ง

ข. นำต้นผักตบชวาที่ได้มาหาค่าปริมาณความชื้น จากนั้นคำนวณหาปริมาณน้ำหนักของต้นผักตบชวา

ค. ต้มเชื้อโดยใช้การต้มเชื้อแบบโซดา ใช้สารเคมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ด้วยความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ โดยมีขั้นตอนและรายละเอียดดังนี้

1. ชั่งสารเคมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 10 กรัม

2. ต้มต้นผักตบชวา โดยใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 10 กรัม ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการต้ม 3 ชั่วโมง

ง. การล้างเชื้อ เชื้อที่ผ่านออกมาจากหม้อต้มประกอบด้วย สารเคมีที่ใช้ในการต้ม จึงจำเป็นที่จะต้องล้างทำความสะอาด โดยล้างด้วยน้ำสะอาดประมาณ 3-4 ครั้ง และล้างครั้งสุดท้ายด้วยน้ำกลั่น

จ. การปั่นกระจายตัวเชื้อโดยใช้เครื่องปั่นกระจายตัวเชื้อขึ้นเป็นเวลา 15 นาที โดยการปั่นกระจายตัว เพื่อให้แยกออกมาเป็นเส้นใย และต้องนำมาปั่นกระจายตัวเส้นใยด้วยเครื่องปั่นเชื้อเจือจางอีกครั้ง โดยการปั่นกระจายตัวเชื้อครั้งละ 350 กรัม น้ำหนักเชื้ออบแห้งต่อน้ำ 35 ลิตรเพื่อจะได้เชื้อที่เจือจางที่จะนำไปทำการคัดแยกเชื้อต่อไป

ฉ. การคัดแยกเชื้อที่ไม่ต้องการออก เป็นการคัดแยกกลุ่มก้อนของเส้นใยที่ไม่แยกตัวกันอย่างสมบูรณ์ออก และเป็นการจัดสิ่งสกปรกของเชื้อที่ต้มแล้วก่อนที่จะนำมาผลิตกระดาษ โดยการนำเชื้อที่ผ่านจากการปั่นแยกเส้นใยเจือจางมาแยกผ่านเครื่องคัดแยกเชื้อ (Flat Screen) แล้วทำการปั่นแยกน้ำออกจากเชื้อด้วยเครื่องเซนตริฟิว (Centrifuge)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.2 การเตรียมเยื่อกระดาษกล่อง

ก. นำเอากระดาษกล่องที่ไม่ใช้แล้วมาฉีกเป็นชิ้นเล็กๆพอประมาณจากนั้นไปหาค่าปริมาณความชื้นแล้วคำนวณหาปริมาณน้ำหนักของกระดาษที่ต้องใช้

ข. เอากระดาษที่ได้มาแช่น้ำ ประมาณ 40 นาที

ค. ขั้นตอนการตีเยื่อ ทำโดยเติมน้ำให้ได้ประมาณ 1-3 ของถัง เปิดเครื่องจักรตีให้กระดาษขุ่น ใช้เวลาประมาณ 30-45 นาที

ง. การคัดแยกเยื่อที่ไม่ต้องการออก เป็นการคัดแยกกลุ่มก้อนของเส้นใยที่ไม่แยกตัวกันอย่างสมบูรณ์ออก และเป็นการจัดตั้งสกรปรกของเยื่อที่ต้มแล้วก่อนที่จะนำมาผลิตกระดาษ โดยการนำเยื่อที่ผ่านจากการปั่นแยกเส้นใยเจือจางมาแยกผ่านเครื่องคัดแยกเยื่อ (Flat Screen) แล้วทำการปั่นแยกน้ำออกจากเยื่อด้วยเครื่องเซนตริฟิว (Centrifuge)

3.1.3 ขั้นตอนการเตรียมน้ำเยื่อ

ก. การศึกษาผลของการผสมเยื่อฝักคอบชวา และเยื่อจากกล่องลูกฟูกเก่าในกระบวนการนี้จะทำให้น้ำเยื่อให้มีความเข้มข้นสม่ำเสมอ(Consistency) เท่ากับ 0.3 เปอร์เซ็นต์ โดยจะนำเยื่อฝักคอบชวาอบแห้งและเยื่อจากกล่องลูกฟูกเก่ามาผสมกันที่อัตราส่วนต่างๆซึ่งจะทำให้กระดาษที่ผลิตออกมามีคุณสมบัติที่ได้แตกต่างกัน โดยมีอัตราส่วนเยื่อกระดาษต่อเยื่อฝักคอบชวาดังนี้ 100:0, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50 และ 0:100 เหตุผลที่เลือกอัตราส่วนนี้เพราะจากการศึกษาพบว่าเส้นใยจากเยื่อฝักคอบชวามีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีกว่าเยื่อกระดาษรีไซเคิลจึงเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้กระดาษมีความแข็งแรงมากขึ้น

ข. การตีกระดาษเยื่อ เป็นการกระจายเยื่อให้กระจายตัวออกจากกัน เมื่อเยื่อกระจายตัวออกจากกันเป็นเส้นเดี่ยว ๆ มากขึ้น เยื่อก็จะเกิดพันธะได้ดีขึ้น โดยนำเยื่อแต่ละชนิดตัวอย่างมาใช้เวลาในการตีเยื่อประมาณ 15 นาที เพื่อให้เยื่อผสมกันดีและประสานตัวกันมากขึ้น

ค. การกวนน้ำเยื่อ จะนำน้ำเยื่อที่ผ่านการผสมสารเติมแต่งมาใส่ในถังกวนแล้วเติมน้ำลงไปอีกก لترจะทำให้ น้ำเยื่อมีความเข้มข้นสม่ำเสมอ (Consistency) เท่ากับ 0.03 เปอร์เซ็นต์ และเปิดเครื่องเพื่อให้ใบพัดในถังกวนให้น้ำเยื่อกระจายตัวในน้ำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ น้ำเยื่อทุกครั้งที่ได้มีความเข้มข้นเท่ากัน

3.1.4 ขั้นตอนการทำแผ่นกระดาษ

การทำแผ่นกระดาษทดสอบที่มีน้ำหนักมาตรฐาน 90 กรัมต่อตารางเมตร ที่กรมวิทยาศาสตร์และบริการ แผ่นกเยื่อกระดาษ มีขั้นตอนดังนี้

ก. ล้างเครื่องมือทำแผ่นกระดาษทดสอบให้สะอาด

ข. ยกทรงกระบอกลงมาปิดที่ตะแกรงขึ้นแผ่นทดสอบ

ค. ตักน้ำเยื่อจากถังกวนมาเทใส่ลงในทรงกระบอที่อยู่บนตะแกรง ตามปริมาณที่เราได้คำนวณไว้

ง. เปิดวาล์วน้ำเข้าจนเต็มทรงกระบอกลงแล้วใช้ตะแกรงกระแทกน้ำประมาณ 5 ครั้งจากนั้นเปิดวาล์วน้ำออกเยื่อจะตกค้างอยู่บนตะแกรง

จ. เอากระดาษซับน้ำ 3-5 แผ่นมาซับน้ำออกจากเยื่อที่อยู่บนตะแกรงวางแผ่นเหล็กเรียบและใช้ลูกกลิ้งเหล็กกดทับเพื่อให้กระดาษเรียบ จะได้แผ่นกระดาษทดสอบออกมา

ฉ. นำไปกดรีดน้ำโดยใช้กระดาษซับน้ำคึงน้ำออกจากแผ่นกระดาษทดสอบและใช้แรงกดจากเครื่องมือกดรีดน้ำครั้งละ 1 นาที

ช. นำไปกดรีดน้ำโดยใช้กระดาษซับน้ำคึงน้ำออกจากแผ่นกระดาษทดสอบและใช้แรงกดจากเครื่องมือกดรีดน้ำครั้งละ 1 นาที

ข. นำกระดาษมาตากให้แห้ง จะได้กระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐาน 90 กรัมต่อตารางเมตร

3.1.5 การทดสอบกระดาษ

ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลกระดาษในอัตราส่วนต่างๆดังตาราง

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงการทดสอบคุณสมบัติทางกลของกระดาษ

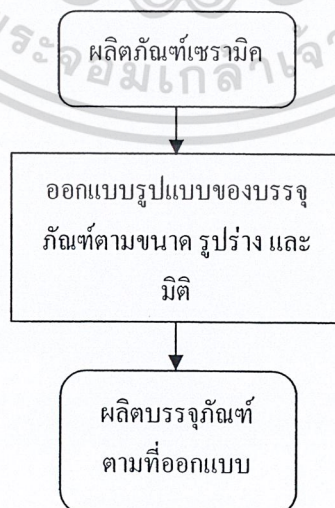
คุณสมบัติ	อัตราส่วนของกระดาษกล่องและฝักตบขวา						
	100:0	50:50	40:60	30:70	20:80	10:90	0:100
1.น้ำหนักมาตรฐาน(Basic Weight)							
2. ค่าความต้านแรงดึง (Tensile Strength)							
3.ค่าความต้านแรงฉีกขาด (Tear Strength)							
4.ค่าความต้านแรงดันทะลุ (Bursting Strength)							
5.ค่าความต้านทานการหักพับ (Folding Endurance)							

3.2 การพัฒนากระดาษเป็นบรรจุภัณฑ์กั้นกระดาษ

นำอัตราส่วนที่เหมาะสมมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์กั้นกระดาษซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 ออกแบบรูปแบบและโครงสร้างของบรรจุภัณฑ์กั้นกระดาษจากกระดาษกล่องและฝักตบขวา

การนำกระดาษข้างต้นมาออกแบบเป็นบรรจุภัณฑ์กั้นกระดาษจากกระดาษกล่องและฝักตบขวาให้เป็นบรรจุภัณฑ์กั้นกระดาษชั้นใน (Inner Packaging) ซึ่งจะเป็นตัวรองรับการกระดาษผลิตภัณฑ์ตุ๊กตาเซรามิกขนาด 4x3x5 ลูกบาศก์ เซนติเมตรที่อยู่ด้านใน



รูปที่ 3.1 แสดงการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์กั้นกระดาษรีไซเคิลและฝักตบขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังเว็บไซต์ภายนอก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ขั้นตอนการทำบรรจุภัณฑ์

ก. การทำแม่พิมพ์ยาง

1. ใช้ฟูกันจุ่มยางพารานำมาทำให้ทั่วชิ้นงานที่ปั้นให้ทั่วทุกด้าน
2. ทิ้งให้ผิวแห้งสักพักหนึ่งแล้วทาทายพาราต่อ ให้คอยสังเกตและทาเพิ่มในส่วนที่เป็นมุมหรือขอบให้มีความหนาเท่ากับบริเวณอื่น
3. ทาซ้ำประมาณ 10-15 ชั้นจนได้ความหนาตามต้องการ
4. ทิ้งให้แห้งสนิท จากนั้น ค่อย ๆ ลอกยางพาราออกจากดินน้ำมัน ระวังอย่าให้ดินน้ำมันเสียรูปทรงไปมา
5. เมื่อลอกเอาแม่พิมพ์ยางพาราออกจากดินน้ำมันเสร็จแล้ว นำมาพิจารณาดูความเรียบร้อย ใช้กรรไกรตัดเล็มขอบด้านในให้เรียบร้อย หากแม่พิมพ์มีรอยขาดให้ใช้ยางพาราทาอุดแล้วทิ้งให้แห้ง
6. ตรวจสอบสภาพยางพาราว่าเรียบร้อยพอที่จะนำไปทำการหล่อปูนได้
7. สวมแม่พิมพ์ทับลงไปบนดินน้ำมันที่ปั้นไว้เหมือนเดิม

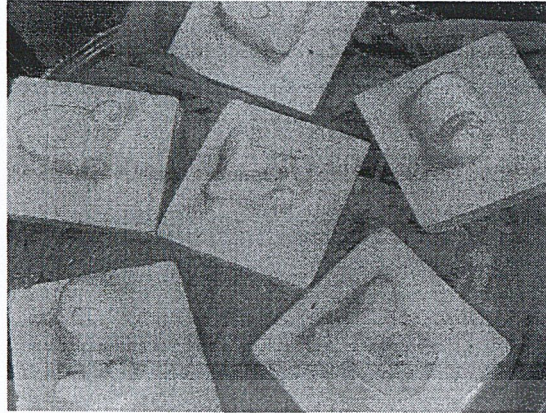
ข. การหล่อปูนปลาสเตอร์

1. ทำแท่นรองแม่พิมพ์ โดยการผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำ ใช้ปูนปลาสเตอร์ผสมน้ำอัตราส่วน 60:40 เพื่อความแห้งเร็ว เริ่มแรกให้ตวงน้ำลงในภาชนะที่เตรียมไว้ จากนั้นเทปูนปลาสเตอร์ลงไปให้น้ำ ใช้มือคนให้เข้ากัน คนไปเรื่อย ๆ จนขึ้น จากนั้นโปะปูนปลาสเตอร์ลงไปบนแม่พิมพ์ยาง
2. ใช้มือปาดปูนปลาสเตอร์ให้ผิวเรียบ ทิ้งไว้ให้แข็งตัว
3. เมื่อปูนแข็งตัวดีแล้ว หายแท่นรองแม่พิมพ์ขึ้นมา ค่อย ๆ แกะเอาแม่พิมพ์และดินน้ำมันออกมาจากปูนปลาสเตอร์จะได้แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ลักษณะไว้
4. แกะดินน้ำมันออกจากแม่พิมพ์
5. เตรียมหล่อชิ้นงาน โดยหายแท่นรองแม่พิมพ์ขึ้นมาแม่พิมพ์วางลงไปที่พอดี
6. ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำตวงน้ำใส่ในภาชนะที่เตรียมไว้
7. เทปูนลงไปให้น้ำ ใช้มือคนให้เข้ากันจนขึ้น แล้วเทปูนลงไปแม่พิมพ์ยางจนเต็ม ระวังอย่าให้ล้นออก
8. ทิ้งไว้ให้ปูนปลาสเตอร์แข็งตัวดี
9. ค่อย ๆ แกะแม่พิมพ์ที่ออกมาจากแท่นรองพิมพ์ และค่อย ๆ ลอกยางพาราออกมาจากชิ้นงานที่หล่อ

ค. การตกแต่งชิ้นงาน

1. นำชิ้นงานที่หล่อแล้วมาพิจารณา หากมีรูที่เกิดจากฟองอากาศให้ใช้ปูนปลาสเตอร์ผสมน้ำอุดรูให้เรียบร้อย
2. ตกแต่งผิวให้เรียบ หรือขัดให้เรียบด้วยกระดาษทรายน้ำ

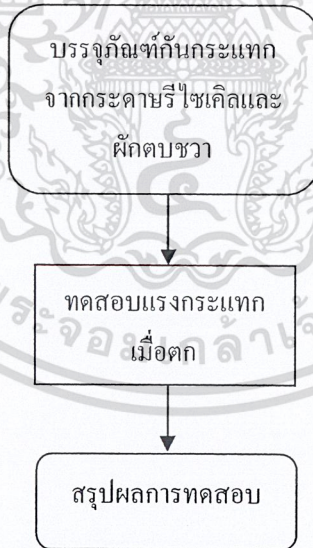
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงแม่พิมพ์ที่ทำจากปูนปลาสเตอร์

3.2.3 การทดสอบประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์

นำบรรจุภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบแรงกระแทกเมื่อตก (Drop Resistance) ตามมาตรฐาน ISTA (International Safe Transit Association) ; Test Procedure-1A : Resource Book 20062.2 วิธีทดสอบและวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ISTA 1A เป็นการทดสอบความสามารถของการบรรจุและสินค้าในการต้านแรงกระแทกพื้นจากที่สูง เครื่องมือทดสอบเรียกว่า Drop Tester



รูปที่ 3.3 การทดสอบประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 งบประมาณ

การจัดทำโครงการนี้ใช้งบประมาณทั้งสิ้น 5,845 บาท โดยมีการจำแนกเป็นงบประมาณค่าใช้จ่ายต่างๆดังนี้

1. ค่ากระดาษกล่องลูกฟูก	120	บาท
2. ค่าตุ๊กตาเซรามิกขนาด 4x3x5 ลูกบาศก์เซนติเมตร	230	บาท
3. ค่าสารเคมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide, NaOH)	495	บาท
4. ค่าใช้จ่ายในการขอใช้อุปกรณ์ในการขึ้นรูปเยื่อกระดาษ และทดสอบคุณสมบัติของกระดาษ ที่กรมวิทยาศาสตร์และบริการ แผนกเยื่อกระดาษ	5,000	บาท



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลจำแนกเป็น 2 ขั้นตอน โดยวิเคราะห์หัวข้อดังนี้

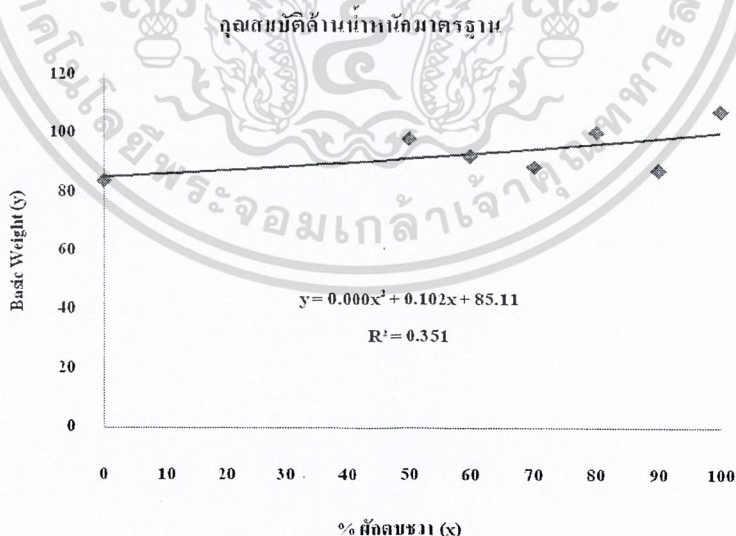
1. การศึกษาและการทดสอบกระดาษสำหรับบรรจุภัณฑ์
2. การพัฒนากระดาษเป็นบรรจุภัณฑ์กั้นกระแทก

4.1 ผลการศึกษาและการทดสอบกระดาษสำหรับบรรจุภัณฑ์

การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้าง (Physical Properties) ของกระดาษตามลักษณะรูปร่างภายนอกที่สามารถสังเกตเห็นได้ของตัวแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตได้ โดยมีการวิเคราะห์ในเรื่องดังต่อไปนี้

4.1.1 น้ำหนักมาตรฐาน (Basis Weight)

เป็นการนำแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตได้ นำมาชั่งเพื่อหาน้ำหนักมาตรฐานว่ากระดาษที่ผลิตได้จะมีน้ำหนักเท่าใด โดยยึดมาตรฐานการทดสอบตาม TAPPI T 220 sp-01 ซึ่งจากการนำกระดาษทดสอบที่ผลิตจากการผสมเยื่อกระดาษกล่องและฝักตบชวาที่อัตราส่วนต่างๆกันแล้วนำมาชั่งเพื่อหาน้ำหนักจริงและคำนวณเพื่อหาน้ำหนักมาตรฐานได้ผลดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ปริมาณน้ำหนักมาตรฐานของแผ่นกระดาษจากการผสม

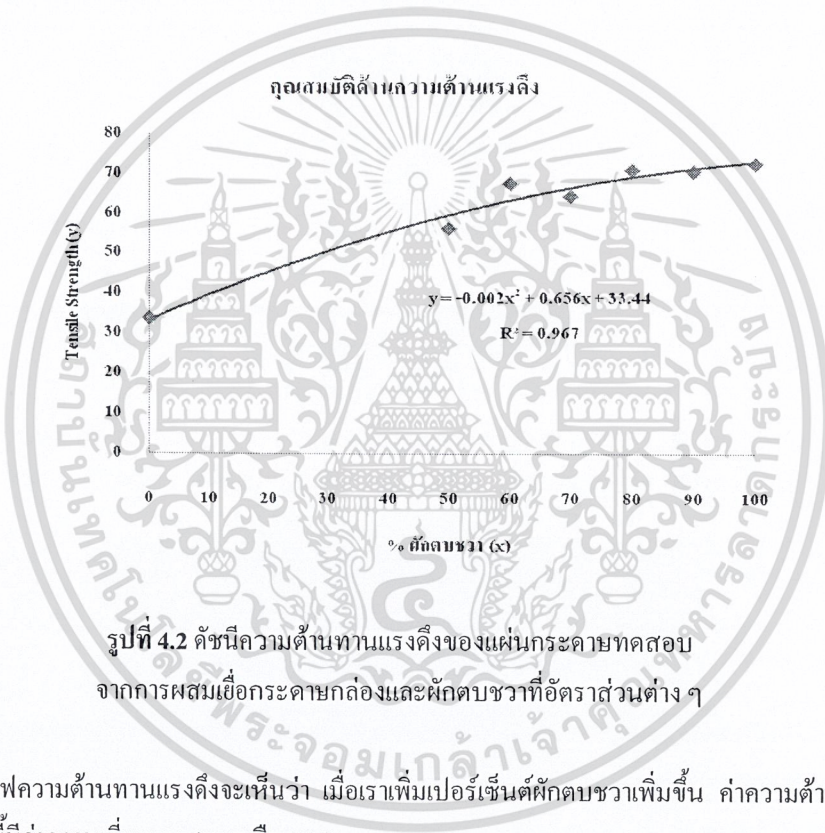
เยื่อกระดาษกล่องและฝักตบชวาที่อัตราส่วนต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวิเคราะห์พบว่าน้ำหนักมาตรฐานของตัวอย่างกระดาษไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในทางสถิติ มีน้ำหนักโดยเฉลี่ย 94.0 g/m^2 ซึ่งกำหนดน้ำหนักมาตรฐานไว้ที่ $90 \pm 5\%$ ดังนั้น ตัวอย่างกระดาษทั้งหมดนี้ สามารถที่จะนำมาเปรียบเทียบกันได้

4.1.2 ความต้านแรงดึง (Tensile Strength)

เป็นการนำแผ่นกระดาษทดสอบมาตรฐาน มาทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดึงขนาดด้วยเครื่องทดสอบความต้านแรงดึงขนาด (Tensile Tester) โดยค่าที่วัดได้จะเป็นค่าความต้านทานแรงดึง และนำมาคำนวณเป็นค่าดัชนีความต้านทานแรงดึงเฉลี่ยของแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตได้ โดยใช้มาตรฐานการทดสอบ ISO 1924-2:2008 ซึ่งจากการนำแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากการผสมเยื่อกระดาษกลองและฝัดคบชวาที่อัตราส่วนต่าง ๆ กันมาทดสอบหาความต้านแรงดึงเฉลี่ย ดังรูปที่ 4.2



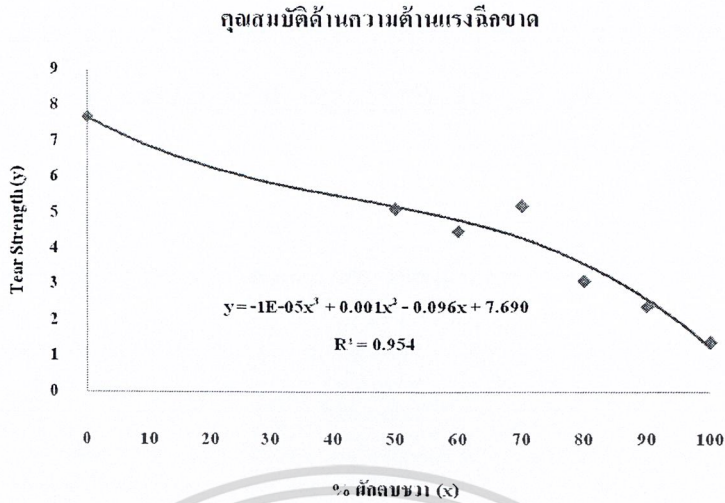
รูปที่ 4.2 ดัชนีความต้านทานแรงดึงของแผ่นกระดาษทดสอบจากการผสมเยื่อกระดาษกลองและฝัดคบชวาที่อัตราส่วนต่าง ๆ

จากกราฟความต้านทานแรงดึงจะเห็นว่า เมื่อเราเพิ่มเปอร์เซ็นต์ฝัดคบชวาเพิ่มขึ้น ค่าความต้านแรงดึงจะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งกราฟนี้มีค่าความเที่ยงตรงสูงมากคือ 0.967

4.1.3 ความต้านแรงฉีกขาด (Tearing Resistance)

เป็นการนำแผ่นกระดาษทดสอบมาตรฐานมาทดสอบหาค่าความต้านทานแรงฉีกขาดด้วยเครื่องทดสอบความต้านการฉีกขาด (Elmendorf Tear -Tester) โดยค่าที่วัดได้จะเป็นค่าความต้านแรงฉีกขาด และนำมาคำนวณเป็นค่าดัชนีต้านแรงฉีกขาดเฉลี่ยของแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตได้ โดยยึดมาตรฐานการทดสอบตาม ISO 1974:1990 ซึ่งจากการนำแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากการผสมเยื่อกระดาษกลองและฝัดคบชวาที่อัตราส่วนต่างๆกันมาทดสอบหาความต้านแรงฉีกขาดได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

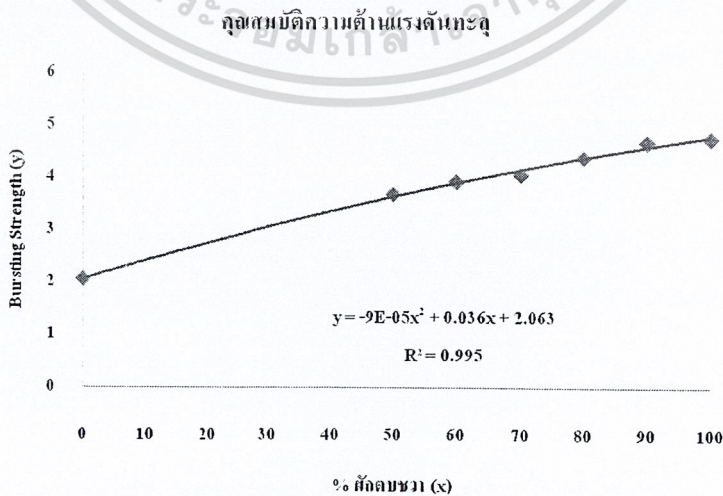


รูปที่ 4.3 คำนีความต้านทานแรงฉีกขาด (Tear Index) ของแผ่นกระดาษทดสอบ จากการผสมเยื่อกระดาษกึ่งและผักตบชวาที่อัตราส่วนต่าง ๆ

ค่าความต้านแรงฉีกขาดพบว่ากระดาษที่มีปริมาณผักตบชวามากจะมีความต้านทานแรงฉีกขาดน้อย โดยเฉพาะกระดาษที่มีแต่เยื่อผักตบชวาอย่างเดียวการผสมเยื่อกระดาษกึ่งลงไปจะช่วยเพิ่มความต้านทานแรงฉีกขาดของกระดาษให้สูงขึ้น

4.1.4 ความต้านแรงดันทะลุ (Burst Resistance)

เป็นการนำแผ่นกระดาษทดสอบมาตรฐาน มาทดสอบหาความต้านทานแรงดันทะลุ และนำมาคำนวณเป็นค่า คำนีความต้านทานแรงดันทะลุเฉลี่ยของแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตโดยยึดมาตรฐานการทดสอบตาม ISO 2758:2001 ซึ่งจากการนำแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากการผสมเยื่อกระดาษกึ่งและผักตบชวาที่อัตราส่วนต่างๆกันแล้ว ทดสอบหาความต้านแรงดันทะลุเฉลี่ยได้ผลดังรูปที่ 4.4

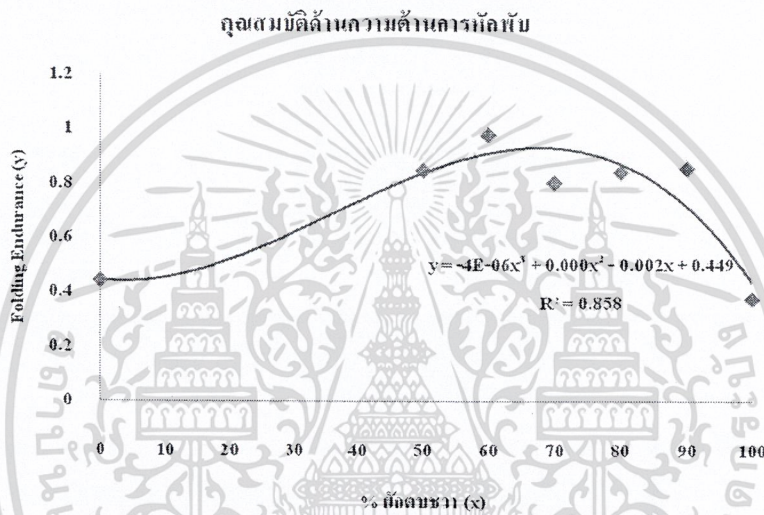


รูปที่ 4.4 คำนีความต้านแรงดันทะลุ (Burst Resistance) ของแผ่นกระดาษทดสอบ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งการผสมเยื่อกระดาษกึ่งและผักตบชวาที่อัตราส่วนต่าง ๆ

ค่าความต้านแรงดันทะลุพบว่ากระดาษที่มีปริมาณเยื่อฝักตบชวามากมีค่าความต้านแรงดันทะลุมากขึ้นด้วย ซึ่งถ้าค่าความต้านแรงดันทะลุมากยิ่งขึ้น

4.1.5 ความต้านการหักพับ (Folding Endurance)

เป็นการนำแผ่นกระดาษทดสอบมาตรฐาน มาทดสอบหาความต้านการหักพับ และนำมาคำนวณเป็นค่าดัชนีความการหักพับเฉลี่ยของแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตได้ โดยยึดมาตรฐานการทดสอบตาม ISO 5626:1993 ซึ่งจากการนำแผ่นกระดาษทดสอบที่ผลิตจากการผสมเยื่อกระดาษกล่องและฝักตบชวาที่อัตราส่วนต่าง ๆ กันแล้วทดสอบหาความต้านการหักพับได้ผลดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ดัชนีความต้านการหักพับ (Folding Endurance) ของแผ่นกระดาษทดสอบจากการผสมเยื่อกระดาษกล่องและฝักตบชวาที่อัตราส่วนต่าง ๆ

จากกราฟเห็นได้ว่าดัชนีความต้านการหักพับที่กระดาษถึง 100% และฝักตบชวา 100% ค่าความต้านการหักพับจะมีค่าต่ำมาก แต่เมื่อนำกระดาษกล่องและฝักตบชวามาผสมกันจะช่วยเสริมในเรื่องความต้านการหักพับให้สูงขึ้น ตารางที่ 4.1 ผลข้อมูลเชิงตัวเลขที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติ

คุณสมบัติ	อัตราส่วนของกระดาษกล่องและฝักตบชวา						
	100:0	50:50	40:60	30:70	20:80	10:90	0:100
1.น้ำหนักมาตรฐาน (Basic Weight)	84	98.1	92.2	88.7	100.3	87.4	107.3
2. ค่าความต้านแรงดึง (Tensile Strength)	33.7	56.5	67.7	64.5	71.1	70.6	72.7
3.ค่าความต้านแรงฉีกขาด (Tear Strength)	7.7	5.12	4.5	5.2	3.1	2.4	1.4
4.ค่าความต้านแรงดันทะลุ (Bursting Strength)	2.06	3.68	3.93	4.05	4.39	4.68	4.75
5.ค่าความต้านทานการหักพับ (Folding Endurance)	0.4472	0.85	0.9823	0.8062	0.8451	0.8573	0.3802

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วิเคราะห์หาอัตราส่วนที่เหมาะสม

การวิเคราะห์หาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ภายใน (Inner Packaging) โดยใช้วิธี Scoring Models โดยที่น้ำหนักคิดจากแบบสอบถาม ตามที่แนบไว้ในภาคผนวก ง.

ตารางที่ 4.2 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์

คุณสมบัติ	weight	อัตราส่วน				
		50:50	40:60	30:70	20:80	10:90
น้ำหนักมาตรฐาน	0.1*	98.10	92.20	88.70	100.30	87.40
ความต้านแรงดึง	1	56.50	67.70	64.50	71.10	70.60
ความต้านแรงฉีกขาด	4	5.12	4.50	5.20	3.10	2.40
ความต้านแรงดันทะลุ	5	3.68	3.93	4.05	4.39	4.68
ความต้านการหักพับ	3	0.8500	0.9823	0.8062	0.8451	0.8573
คะแนนรวม**		107.74	117.51	116.85	118.03	114.92

หมายเหตุ : ** คะแนนรวมได้มาจากการนำ weight คูณกับค่าผลการทดสอบคุณสมบัติต่างๆที่ได้ในแต่ละอัตราส่วนแล้วนำมาบวกกัน

* กำหนดให้ weight ของน้ำหนักมาตรฐานให้มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับตัวอื่นๆ เนื่องจากน้ำหนักมาตรฐานมีผลต่อความแข็งแรงน้อยมาก (ข้อมูลจากแบบสอบถาม)

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษกล่องและฝักตบชวาในอัตราส่วนต่างๆเมื่อพิจารณาในปัจจัยที่สำคัญของกระดาษซึ่งประกอบด้วยน้ำหนักมาตรฐาน ความต้านทานแรงฉีกขาด ความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงดันทะลุและความต้านทานแรงหักพับ เมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้พบว่ากระดาษที่มีส่วนผสมของเยื่อกล่องต่อเยื่อฝักตบชวาในอัตราส่วน 20:80 จะมีคุณสมบัติที่ดีกว่าอัตราส่วนอื่นๆ

4.3 บรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากกระดาษ

4.3.1 การพัฒนากระดาษเป็นบรรจุภัณฑ์กันกระแทก

จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบกระดาษสำหรับบรรจุภัณฑ์ทำให้ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเยื่อกระดาษกล่องและฝักตบชวาคืออัตราส่วน 20:80 และนำมาขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์กันกระแทกภายในที่ช่วยปกป้องสินค้าจากการเคลื่อนย้ายขนส่งช่วยลดการเคลื่อนตัวของผลิตภัณฑ์ภายในระหว่างการเคลื่อนย้ายซึ่งอาจเกิดแรงกระแทกจากการเคลื่อนตัวจนทำความเสียหายกับผลิตภัณฑ์ได้โดยการออกแบบที่มีขนาดพอดีกับขนาดของผลิตภัณฑ์ ดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 บรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากกระดาด

4.3.2 การทดสอบความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์

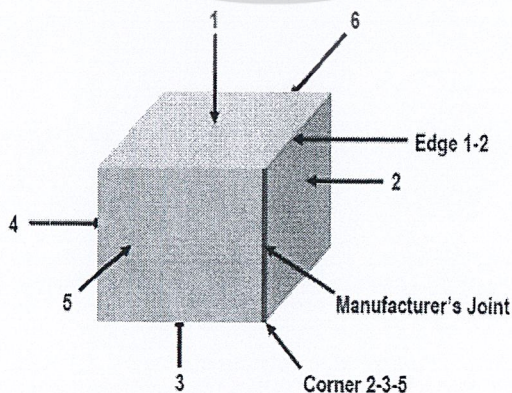
เรื่อง การต้านแรงกระแทกเมื่อตก อ้างอิงตามวิธีการทดสอบและวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ISTA 1A

ตารางที่ 4.3 แสดงระดับความสูงที่ใช้ทดสอบเทียบกับน้ำหนักของบรรจุภัณฑ์

น้ำหนัก		ระดับความสูงที่ใช้	
\geq	$<$	In.	mm
kg	kg		
0	10	30	760
10-19	19	24	610
19	28	18	460
28	45	12	310
45	68	8	200

ที่มา : มาตรฐานการทดสอบ Carton Drop Test 1A ของ ISTA (International Safe Transit Association)

จำนวนการทดสอบตาม มาตรฐานของ ISTA จะทำการทดสอบ 10 ครั้ง คือ 1 มุม + 3 ขอบร่วมกับมุมอื่นๆ + 6 ด้าน ดังรูป



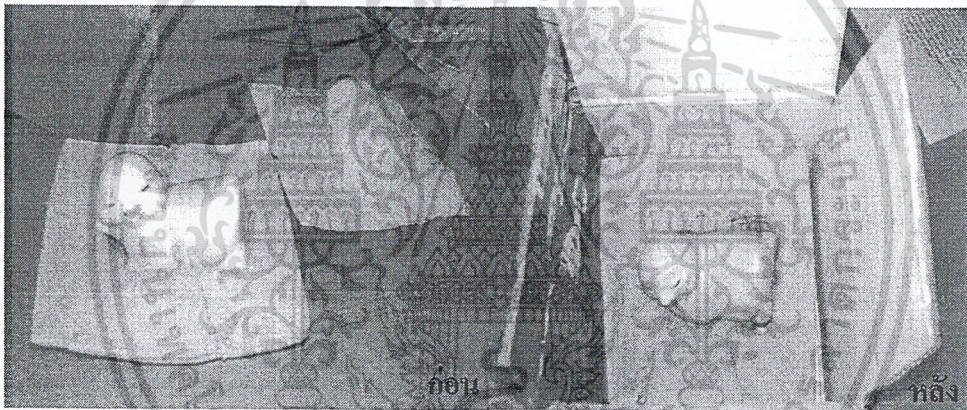
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.7 แสดงทิศทางของบรรจุภัณฑ์ที่นำมาทดสอบ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบจะทำการปล่อยบรรจุภัณฑ์ที่มีสินค้าอยู่ภายในจำนวน 10 ครั้ง ดังทิศทางตามที่กำหนดข้างต้น จากความสูงตามน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุกล่องแล้วตามตารางด้านบน หลังจากทดสอบเสร็จจะเปิดบรรจุภัณฑ์เพื่อตรวจสอบสินค้าข้างใน โดยไม่มีรอยบุบ ครูด ซีด แดง ร้าว ชิ้นส่วนหลุดและอื่นๆที่ผิดปกติ

4.2.2.1 ข้อมูลการทดสอบ

- มาตรฐาน : ISTA 1A
- ทดสอบที่ความสูง : 760 mm
- ลำดับการตกกระแทก : 1 มุม, 3 ขอบ, 6 ด้าน
- ลักษณะบรรจุภัณฑ์ : กล่องกระดาษที่บรรจุเซรามิกและบรรจุภัณฑ์กันกระแทก
- น้ำหนัก (บรรจุภัณฑ์ 1 set) : 132.2 กรัม
- ขนาด W x L x H (1 set) : 11x11x8 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- จำนวนชิ้นตัวอย่างทดสอบ : 3 ชิ้น
- วันที่ทดสอบ : 5 ม.ค. 2554

4.2.2.2 ผลการทดสอบ



รูปที่ 4.8 ผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการทดสอบความแข็งแรง

ตารางที่ 4.4 รายงานผลการทดสอบความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์

รายการทดสอบ	รายละเอียดเงื่อนไขการทดสอบ	การตรวจสอบลักษณะด้วยสายตา		รายงานผลทดสอบ	มาตรฐาน
		ก่อน	หลัง		
Drop Test	1 มุม, 3 ขอบ, 6 ด้าน	ไม่พบความเสียหาย	ไม่พบความเสียหาย	เซรามิกและบรรจุภัณฑ์กันกระแทก ไม่พบรอยแตก บิ่น ร้าว หรือความเสียหายใดๆ	อ้างอิงตามมาตรฐาน ISTA 1A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในที่นี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบด้านการตกกระแตก (Drop Test) ใช้ความสูงในการตกกระแตกที่ 760 มิลลิเมตร จำนวนชิ้นในการทดสอบ 3 กล่อง จำนวนครั้งในการตกกระแตกต่อกล่อง 10 ครั้ง ตำแหน่งในการตกกระแตก 1 มุม 3 ขอบ และ 6 ด้าน ผลจากการตรวจสอบด้วยสายตาภายหลังการทดสอบ พบว่า ผลิตภัณฑ์เซรามิกภายใน ไม่พบความเสียหาย เช่น รอยแตก หัก ร้าว ใดๆ และตัวบรรจุภัณฑ์กันกระแตกที่ผลิตจากกระดาษกล่องกับฝักคอบชวาที่อยู่ด้านใน ไม่พบรอยฉีกขาด รอยทะลุหรือความเสียหายใดๆ เนื่องจากมีตัวกันกระแตกมิติกายในทำให้ช่องว่างของมิติกายในน้อยลงจึงช่วยลดการกระทบกระเทือนของผลิตภัณฑ์ภายใน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินการ

จากการทำกระดาษที่มีส่วนผสมของกระดาษกล่องและผักตบชวาแล้วนำมาทดสอบคุณสมบัติสำหรับใช้ทำบรรจุภัณฑ์กันกระแทก โดยมีกระบวนการตั้งแต่การเก็บต้นผักตบชวามาริมคลองประเวศบุรีรมย์ ในเขตลาดกระบัง มาทำความสะอาด ตัดเป็นชิ้นเล็กแล้วนำไปตากแดด จากนั้นนำผักตบชวาที่เตรียมไว้ไปต้มในสารละลายประเภท่าง (โซดาไฟ) นำเยื่อที่ผลิตได้มาล้าง คัดแยกส่วนที่ไม่ต้องการหรือไม่ได้ขนาดออก นำไปขึ้นแผ่นทดสอบเป็นชุดการทดลองต่างๆ โดยกำหนดความแตกต่างของชุดการทดลอง ด้วยอัตราส่วนในการผสมเยื่อกระดาษกล่องและผักตบชวา จากนั้นนำกระดาษที่ผลิตได้ไปทำการวัดค่าตามวิธีการทดสอบที่ได้ออกแบบไว้ นำไปวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนระหว่างกระดาษกล่องและผักตบชวาที่เหมาะสมและสามารถนำมาขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์กันกระแทก คือ อัตราส่วน 20:80 โดยการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลมีดังนี้

น้ำหนักมาตรฐาน พบว่ากระดาษที่ผลิตได้อยู่ในมาตรฐานเดียวกันเกือบทั้งหมด เพราะสามารถผลิตกระดาษได้มีน้ำหนักใกล้เคียงกันคือ 90 แกรม

ค่าความต้านแรงดึง พบว่ากระดาษที่มีปริมาณของผักตบชวามากขึ้นส่งผลให้ค่าดัชนีความต้านทานแรงดึงเฉลี่ยมากขึ้น โดยเป็นผลมาจากมีการสานตัวและการยึดกันระหว่างพันธะของเส้นใยที่ตีซึ่งผลทั้งหมดเกิดจากความฟุ้ง (Bulk) ของเส้นใย โดยส่งผลในเรื่องของการสานตัวและพันธะของเส้นใยในตัวเยื่อที่นำมาผลิตกระดาษ

ค่าความต้านแรงฉีกขาด พบว่ากระดาษที่มีปริมาณผักตบชวามากจะมีความต้านทานแรงฉีกขาดที่น้อยกว่ากระดาษกล่องโดยเฉพาะกระดาษที่มีแต่เยื่อผักตบชวาอย่างเดียว การผสมเยื่อกล่องลงไปจะช่วยให้เพิ่มความต้านทานแรงฉีกขาดของกระดาษให้สูงขึ้นซึ่ง ปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ความต้านทานแรงฉีกขาดเพิ่มขึ้น คือ ความยาวและความแข็งแรงของเส้นใย

ค่าความต้านแรงดันทะลุ พบว่ากระดาษที่มีปริมาณเยื่อผักตบชวามากมีค่าดัชนีความต้านแรงดันทะลุเฉลี่ยมากขึ้นด้วย อันเป็นผลมาจากมีการสานตัวของเส้นใยของเยื่อผักตบชวาที่มีการสานตัวกันดี และคุณสมบัติเฉพาะตัวของเส้นใยผักตบชวาที่มีเส้นใยประเภทเฮมิเซลลูโลส (Hemicelluloses) มาก ซึ่งเส้นใยประเภทนี้เวลาแห้งตัวแล้วจะเกิดการหดตัวทำให้เกิดการสานตัวที่แน่นมากขึ้นอีกทั้งเวลาที่ตีแรงจะทำให้ยึดตัวเช่นการดันทะลุกระดาษที่ประกอบด้วยเส้นใยเหล่านี้ก็จะยึดตัว (Elongation) ออกมาได้มากกว่าเยื่อประเภทอื่น

ค่าความต้านแรงหักพับในแต่ละอัตราส่วนมีค่าไม่แตกต่างกันแต่ที่ผักตบชวา 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่ากระดาษกล่อง 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าเยื่อต้นที่ผสมกับเยื่อใยยาวจะช่วยให้การเกาะยึดกันระหว่างเส้นใยดีขึ้น

จากนั้นนำไปทดลองทำเป็นบรรจุภัณฑ์กันกระแทกภายในและนำมาทดสอบความแข็งแรงเรื่องการต้านแรงตกกระแทกตามมาตรฐาน ISTA 1A ซึ่งผลการทดสอบพบว่าไม่พบความเสียหายใดๆที่เกิดกับผลิตภัณฑ์เซรามิกและตัวบรรจุภัณฑ์กันกระแทก เนื่องจากความแข็งแรงและคงทนของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถคงรูปอยู่ได้นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การเลือกผักตบชวาที่ใช้ในการทำบรรจุภัณฑ์ควรเลือกใช้ในส่วนของลำต้นและก่อนนำไปเข้าสู่กระบวนการแยกเชื้อควรตากผักตบให้แห้ง โดยจะช่วยลดระยะเวลาในการต้มผักตบชวาและลดระยะเวลาในการคัดแยกเชื้อ

2. พัฒนาการออกแบบรูปทรงของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกให้มีความเหมาะสมมีความหลากหลายและสามารถรองรับปริมาณของผลิตภัณฑ์ได้ในปริมาณที่เยอะๆ เพื่อช่วยให้ประหยัดในเรื่องของการขนส่ง

3. ลักษณะของโครงสร้างบรรจุภัณฑ์กันกระแทกควรมีการออกแบบในส่วนของแม่พิมพ์ที่ใหญ่กว่าขนาดจริงเล็กน้อย เนื่องจากเมื่อวัสดุเกิดการแห้งตัวในส่วนของเส้นใยจะมีการหดตัวลง ทำให้ขนาดของบรรจุภัณฑ์ใกล้เคียงตามขนาดของผลิตภัณฑ์เซรามิกจริง

4. ขั้นตอนการทดสอบบรรจุภัณฑ์ ควรมีการทดสอบซ้ำหลายๆครั้ง และควรมีการเพิ่มเติมกล่องบรรจุภัณฑ์ภายนอกเท่ากับขนาดจริงในการขนส่งสินค้า อย่างเช่น การบรรจุให้ครบ 1 โหล ต่อ 1 กล่องใหญ่ เพื่อทดสอบว่าภายในเกิดความเสียหายระหว่างการทดสอบหรือไม่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

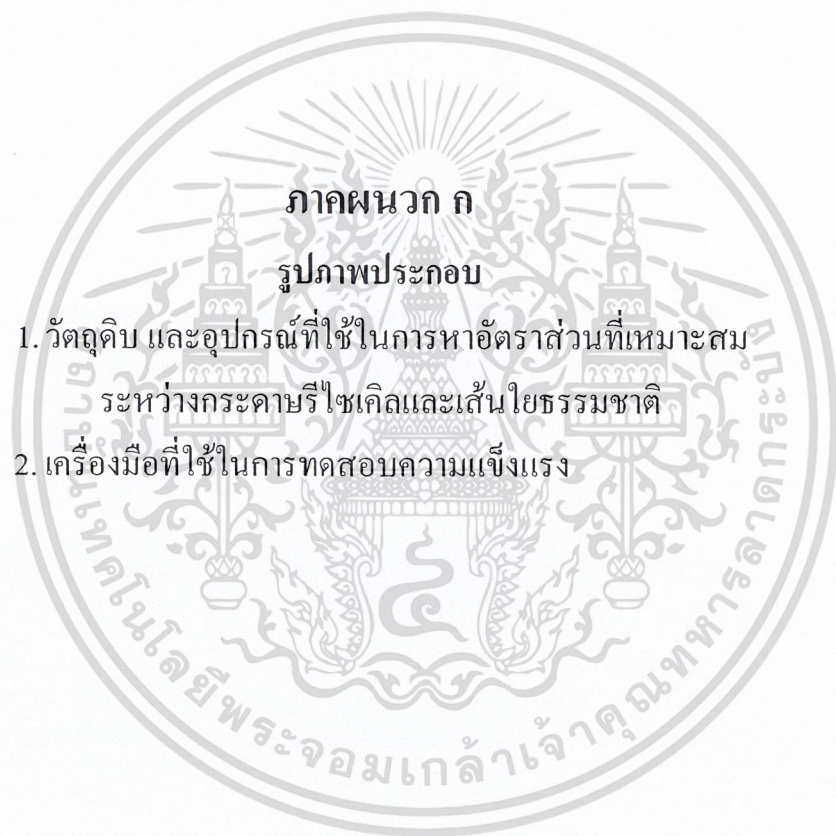
บรรณานุกรม

- [1] หทัยกาญจน์ ไบนานา, การศึกษาและพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกเครื่องแก้วจากกระดาษรีไซเคิลและเส้นใยธรรมชาติ, ครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2552:1-169.
- [2] เสกสิทธิ์ บุญเสริม, การศึกษาและพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม, ครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2547:1-167.
- [3] ปุ่น คงเจริญเกียรติ, สมพร คงเจริญเกียรติ, บรรจุภัณฑ์อาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ, 2541.
- [4] ธนรัช บรรจุกัณฑ์ (ประเทศไทย). อุปกรณ์/สำนักงานอุตสาหกรรม .1 หน้า, 2008
URL: <http://market.mthai.com/product/255628>.
- [5] บริษัท โพลีโฟมอุตสาหกรรม. รายการสินค้า. 1 หน้า, 2008
URL: <http://polyfoam.nalueng.com/products?action=index>.
- [6] บริษัท ดับบลิวเค รีไซเคิล แพ็ค จำกัด. หน้าหลัก 1. หน้า, 2010
URL: <http://www.wkrecyclepack.com/>.
- [7] บริษัท ดิจิตอล กราเวียร์ แพคเกจจิ้ง จำกัด. กระดาษลูกฟูก. 1 หน้า, 2010
URL: <http://108digitalbusiness.com.www.readyplanet5.com/index.php>.
- [8] ชนิดของวัสดุกันกระแทก. ภาพลักษณะฝอยกระดาษ. 1 หน้า, 2009
URL: http://www.g-pra.com/webboard/show.php?Category=general_talktalk%20&No=148772.
- [9] นิทัศน์ ทิพย์โสตนัยนา, การพัฒนาเยื่อกระดาษผสมจากวัชพืช สำหรับกระดาษทำลูกฟูก, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2549: 1-142
- [10] วิวัฒน์ วิภาวนิชย์. new/activities. 1 หน้า, 2552
URL: http://www.hawaiiithai.com/news2.php?news_id=40.
- [11] ภาณุมาศ สุยบางคำ และคณะ, การพัฒนากระดาษจากใบสับปะรดเพื่อใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์, การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 19, 2552:1-8.
- [12] จุลินันท์ คงทัด และคณะ, คุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษผักตบชวาผสมเยื่อสาที่ทำด้วยมือแบบไทยเพื่องานหัตถกรรม, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: 1-6.
- [13] กนิษฐ ตรีสุวรรณ, การผลิตกระดาษจากใบสับปะรด, คณะวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ: 1-97.
- [14] ธนธร ทองสัมฤทธิ์ และคณะ, การพัฒนาเยื่อกระดาษจากวัชพืชในประเทศเพื่อทางเลือกใหม่ของบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูก, 33rd Congress on Science and Technology of Thailand: 1-6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



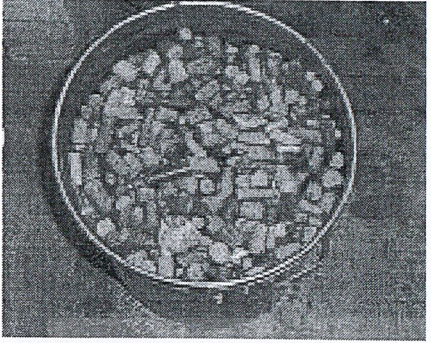
ภาคผนวก ก

รูปภาพประกอบ

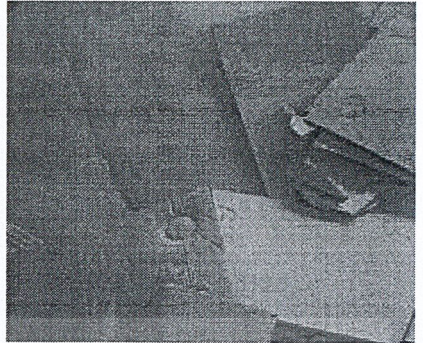
1. วัตถุคืบ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างกระดาษรีไซเคิลและเส้นใยธรรมชาติ
2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความแข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

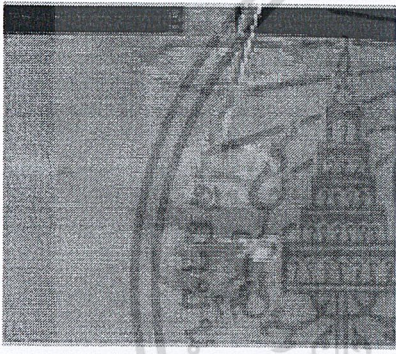
1. วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้



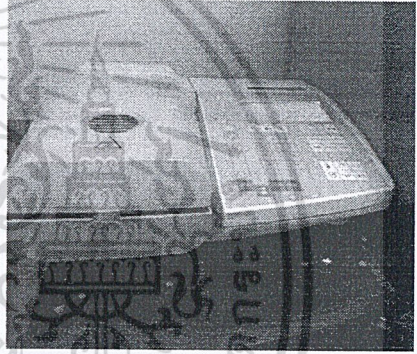
รูปที่ ก.1 ผักตบชวา



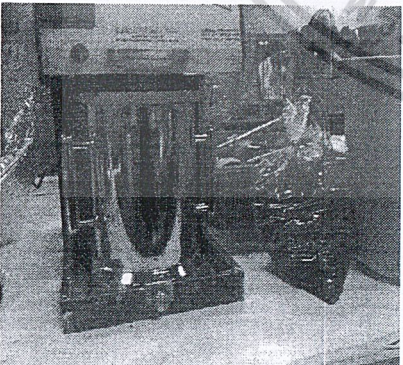
รูปที่ ก.2 เศษกระดาษลูกฟูกเก่า



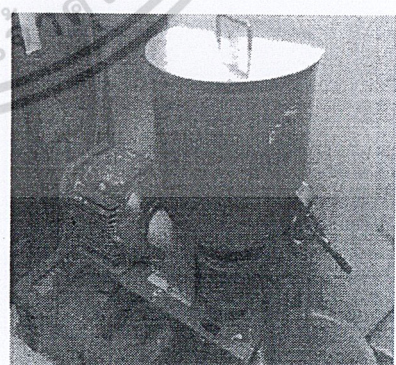
รูปที่ ก.3 บีกเกอร์และแท่งแก้ว



รูปที่ ก.4 เครื่องวัดปริมาณความชื้น (Moisture Balance)

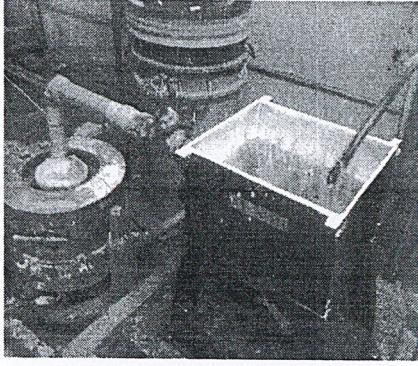


รูปที่ ก.5 เครื่องตีกระจายเชื้อ (Disintegrator)



รูปที่ ก.6 เครื่องปั่นกระจายตัวเชื้อชั้น (Hydra Pulp)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.7 เครื่องคัดแยกเยื่อ
(Flat Screen)



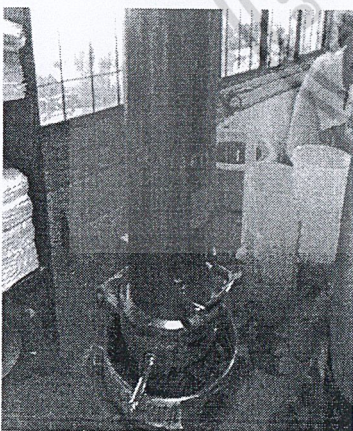
รูปที่ ก.8 เครื่องเซนตริฟิว
(Centrifuge)



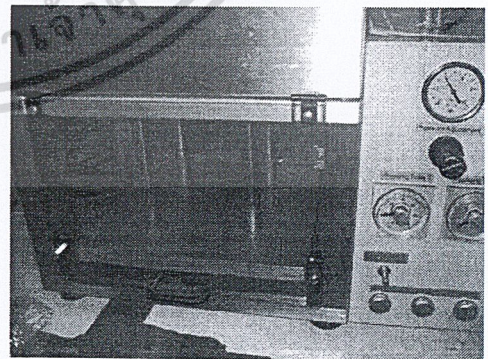
รูปที่ ก.9 เยื่อกระดาษกล่อ่งแห้งที่ผ่าน
การคัดแยกเยื่อแล้ว



รูปที่ ก.10 เยื่อผักตบชวาแห้งที่ผ่านการ
คัดแยกเยื่อแล้ว



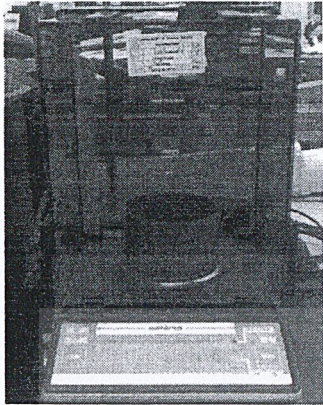
รูปที่ ก.11 เครื่องทำแผ่นทดสอบมาตรฐาน
(Handsheet Forming Machine)



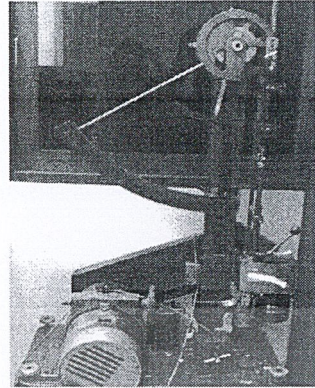
รูปที่ ก.12 เครื่องกดทับแรงดันสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

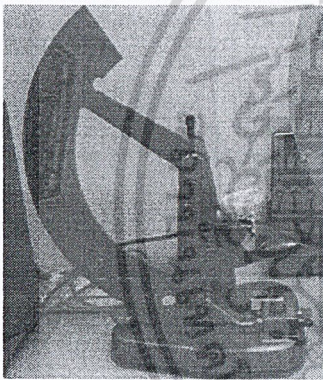
2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความแข็งแรง



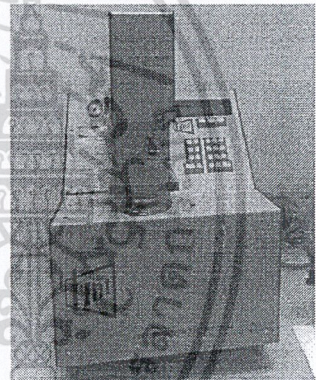
รูปที่ 13 เครื่องชั่งน้ำหนักมาตรฐาน



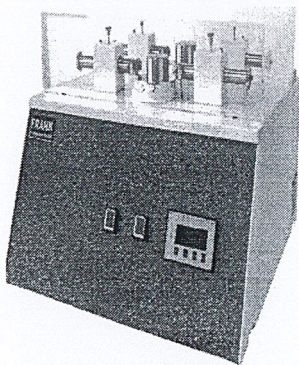
รูปที่ 14 เครื่องทดสอบแรงดึง



รูปที่ 15 เครื่องทดสอบแรงเฉือนขนาด



รูปที่ 16 เครื่องทดสอบแรงคั้นทะลุ



รูปที่ 17 เครื่องทดสอบการต้านหักพับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การคำนวณ

1. การคำนวณการเตรียมน้ำเชื่อมก่อนทำการขึ้นรูป
2. คำนวณน้ำหนักของเยื่อกระดาษรีไซเคิล
3. การคำนวณหาปริมาณความชื้นของเยื่อกระดาษรีไซเคิล
4. การคำนวณหาค่า Consistency ในการกระจายเยื่อเพื่อขึ้นแผ่นทดสอบ
5. ตัวอย่างการคำนวณหา เปอร์เซ็นต์เยื่อที่ได้ (% yield)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

1. คำนวณการเตรียมน้ำเยื่อก่อนทำการขึ้นรูป

ค่าความเข้มข้นเยื่อเริ่มต้น 1.5 ต้องการเยื่อ 30 กรัม

เยื่อ	1.5 กรัม	ใช้น้ำ	100 มิลลิลิตร
ถ้าต้องการเยื่อ	30 กรัม	ใช้น้ำ	$100 \times 30 / 1.5$
			= 2000 มิลลิลิตร

ต้องการความเข้มข้นเยื่อ 0.3

เยื่อ	0.3 กรัม	ใช้น้ำ	100 มิลลิลิตร
ถ้าต้องการเยื่อ	30 กรัม	ใช้น้ำ	$100 \times 30 / 0.3$
			= 10000 มิลลิลิตร

2. คำนวณน้ำหนักของเยื่อกระดาษรีไซเคิล

เพื่อทำแผ่นทดสอบ โดยกำหนดให้ขนาดแผ่นทดสอบ 10x20 เซนติเมตร พื้นที่แผ่นทดสอบ 0.02 ตารางเมตร

น้ำหนักแผ่นทดสอบ 60±5 กรัมต่อตารางเมตร

พื้นที่งาน	1 ตารางเมตร	มีน้ำหนัก	120 กรัม
พื้นที่งาน 1 แผ่นทดสอบ	0.02 ตารางเมตร	มีน้ำหนัก	$120 \times 0.02 / 1$
			= 2.4 กรัมต่อแผ่น

จำนวนแผ่นทดสอบต่อสูตรอย่างละ 10 แผ่น ต้องใช้วัสดุทั้งหมด $2.4 \times 10 = 24$ กรัม

3. การคำนวณหาปริมาณความชื้นของเยื่อกระดาษรีไซเคิล

โดยใช้เครื่อง Moisture Balance ครั้งที่ 2

ปริมาณน้ำหนักแห้งของเยื่อกระดาษรีไซเคิล อ่านค่าได้ $100 - 76.07 = 23.93$ กรัม

เยื่อแห้ง	23.93 กรัมแห้ง	จากเยื่อ	100 กรัม
ถ้าต้องการเยื่อ	30 กรัมแห้ง	ต้องชั่งเยื่อ	$100 \times 30 / 23.93$
			= 125.37 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การคำนวณหาค่า Consistency ในการกระจายเยื่อเพื่อขึ้นแผ่นทดสอบ

ทำแผ่นทดสอบ 10 แผ่น ต้องใช้น้ำหนัก 24 กรัม

ค่าความเข้มข้นของเยื่อ 0.15 ที่น้ำหนักมาตรฐานกระดาษ 120 กรัม

เยื่อ	0.15	กรัม	ใช้น้ำ	100 มิลลิลิตร
ถ้าต้องการเยื่อ	24	กรัม	ใช้น้ำ	$100 \times 24 / 0.15$ $= 16000$ มิลลิลิตร

การตรวจแผ่นทดสอบ

เยื่อ	24	กรัม	ใช้น้ำ	16000 มิลลิลิตร
เยื่อ 1 แผ่น	2.4	กรัม	ใช้น้ำ	$16000 \times 2.4 / 24$ $= 1600$ มิลลิลิตร

5. ตัวอย่างการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เยื่อที่ได้ (% yield)

ปริมาณน้ำหนักแห้งของเยื่อกระดาษรีไซเคิล 23.93 กรัม เยื่อกระดาษมีน้ำหนัก 3772 กรัม

น้ำหนัก	100	กรัม	มีเยื่อ	23.93 กรัม
ถ้าน้ำหนัก	3772	กรัม	มีเยื่อ	$3772 \times 23.93 / 100$ $= 902.64$ กรัม
กระดาษ	1000	กรัม	มีเยื่อ	902.64 กรัม
ถ้ากระดาษ	100	กรัม	มีเยื่อ	$902.64 \times 100 / 1000$ $= 90.26$ กรัม

ดังนั้นเปอร์เซ็นต์เยื่อที่ได้ (% yield) = 90.26 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.
ผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ วท 0307/ 21093

ถึง นางสาวลลิตา แก้วดี/KMITL

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่าง กระดาษล้าง-
ฝักตบชวา 50:50 หมายเลขปฏิบัติการ L53/09931.1 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้อง เลขรับ L53/09931 วันที่ 26
พฤศจิกายน 2553

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ



โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม

โทร. 0 2201 7130

โทรสาร 0 2201 7127

E-mail : physics@dss.go.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการทดสอบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง

กระดาษล้าง-ผักตบชวา 50:50

หมายเลขปฏิบัติการ

L53/09931.1

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ผลการทดสอบ

น้ำหนักมาตรฐาน, กรัม/ตารางเมตร	98.1
ดัชนีความต้านแรงดึง, กิโลนิวตัน.เมตร/กิโลกรัม	56.5
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด, นิวตัน.ตารางเมตร/กิโลกรัม	5.12
ดัชนีความต้านแรงฉีกทะลุ, กิโลพาสคัล.ตารางเมตร/กรัม	3.68

ชื่อผู้ให้บริการ

นางสาวลลิตา แก้วดี/KMITL

ที่อยู่ผู้ให้บริการ

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

ลักษณะตัวอย่าง

แผ่นทดสอบกระดาษสีน้ำตาล เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร จำนวน 10 แผ่น

วันที่ทดสอบ

30 พฤศจิกายน - 16 ธันวาคม 2553

วิธีทดสอบ

1. น้ำหนักมาตรฐาน ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T 220 sp-01
2. ความต้านแรงดึง ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1924-2:2008
3. ความต้านแรงฉีกขาด ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1974 : 1990
4. ความต้านแรงฉีกทะลุ ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2758 : 2001

ผู้รับรอง

(นายจรวัย ชงไชย)

นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ผู้รายงาน

(นายยุทธนาพงศ์ แดงเพ็ง)

นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

หน้า 2/2

ถนนพระรามที่ 6 ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 ประเทศไทย



ที่ วท 0307/ 21094

ถึง นางสาวลลิตา แก้วดี/KMITL

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่าง กระดาษล้าง-
ผักตบชวา 40:60 หมายเลขปฏิบัติการ L53/09931.2 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้อง เลขรับ L53/09931 วันที่ 26
พฤศจิกายน 2553

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ



โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม

โทร. 0 2201 7130

โทรสาร 0 2201 7127

E-mail : physics@dss.go.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง

เครื่องหมาย/ตรา

หมายเลขปฏิบัติการ

กระดาษลึง-ผักตบชวา 40:60

L53/09931.2

ผลการทดสอบ

น้ำหนักมาตรฐาน,กรัม/ตารางเมตร	92.2
ดัชนีความต้านแรงดึง,กิโลนิวตัน.เมตร/กิโลกรัม	67.7
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด,นิวตัน.ตารางเมตร/กิโลกรัม	4.52
ดัชนีความต้านแรงคั้นทะลุ,กิโลพาสคัล.ตารางเมตร/กรัม	3.93

ชื่อผู้ให้บริการ

นางสาวลลิตา แก้วดี/KMITL

ที่อยู่ผู้ให้บริการ

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ ๑10520

ลักษณะตัวอย่าง

แผ่นทดสอบกระดาษสีน้ำตาล เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร จำนวน 10 แผ่น

วันที่ทดสอบ

30 พฤศจิกายน - 16 ธันวาคม 2553

วิธีทดสอบ

1. น้ำหนักมาตรฐาน ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T 220 sp-01
2. ความต้านแรงดึง ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1924-2:2008
3. ความต้านแรงฉีกขาด ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1974 : 1990
4. ความต้านแรงคั้นทะลุ ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2758 : 2001

ผู้รับรอง

(นายจรวช ชงไชย)

นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ผู้รายงาน

(นายยุทธนาพงศ์ แดงเพ็ง)

นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง

ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

หน้า 2/2

ถนนพระรามที่ 6 ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 ประเทศไทย



ที่ วท 0307/ 21095

ถึง นางสาวลลิตา แก้วดี/KMITL

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่าง กระดาษล้าง-
ฝักตบชวา 30:70 หมายเลขปฏิบัติการ L53/09931.3 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้อง เลขรับ L53/09931 วันที่ 26
พฤศจิกายน 2553

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ



โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม

โทร. 0 2201 7130

โทรสาร 0 2201 7127

E-mail : physics@dss.go.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง

กระดาษล้าง-ผักตบชวา 30:70

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

หมายเลขปฏิบัติการ

L53/09931.3

ผลการทดสอบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

น้ำหนักมาตรฐาน,กรัม/ตารางเมตร	88.7
ดัชนีความต้านแรงดึง,กิโลนิวตัน.เมตร/กิโลกรัม	64.5
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด,นิวตัน.ตารางเมตร/กิโลกรัม	5.19
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด,กิโลพาสคัล.ตารางเมตร/กรัม	4.05

ชื่อผู้ให้บริการ

นางสาวลลิตา แก้วดี/KMITL

ที่อยู่ผู้ให้บริการ

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

ลักษณะตัวอย่าง

แผ่นทดสอบกระดาษสีน้ำตาล เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร จำนวน 10 แผ่น

วันที่ทดสอบ

30 พฤศจิกายน - 16 ธันวาคม 2553

วิธีทดสอบ

1. น้ำหนักมาตรฐาน ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T 220 sp-01
2. ความต้านแรงดึง ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1924-2:2008
3. ความต้านแรงฉีกขาด ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1974 : 1990
4. ความต้านแรงฉีกขาด ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2758 : 2001

ผู้รับรอง

(นายจรวัย ธงไชย)

นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ผู้รายงาน

(นายยุทธนาพงศ์ แดงเพ็ง)

นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายไปรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ถนนพระรามที่ 6 ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 ประเทศไทย

หน้า 2/2



ที่ วท 0307/ 21096

ถึง นางสาวลลิตา แก้วดี/KMITL

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่าง กระดาษล้าง-
ฝักตบชวา 20:80 หมายเลขปฏิบัติการ L53/09931.4 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้อง เลขรับ L53/09931 วันที่ 26
พฤศจิกายน 2553

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ



โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม

โทร. 0 2201 7130

โทรสาร 0 2201 7127

E-mail : physics@dss.go.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง

เครื่องหมาย / ตรา

หมายเลขปฏิบัติการ

กระดาษลึง-ผักตบชวา 20:80

L53/09931.4

ผลการทดสอบ

น้ำหนักมาตรฐาน, กรัม/ตารางเมตร	100
ดัชนีความต้านแรงดึง, กิโลนิวตัน.เมตร/กิโลกรัม	71.0
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด, นิวตัน.ตารางเมตร/กิโลกรัม	3.08
ดัชนีความต้านแรงคั้นทะลุ, กิโลพาสคัล.ตารางเมตร/กรัม	4.39

ชื่อผู้ให้บริการ

นางสาวลลิตา แก้วดี/ KMITL

ที่อยู่ผู้ให้บริการ

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

ลักษณะตัวอย่าง

แผ่นทดสอบกระดาษลึงน้ำตาดี เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร จำนวน 10 แผ่น

วันที่ทดสอบ

30 พฤศจิกายน - 16 ธันวาคม 2553

วิธีทดสอบ

1. น้ำหนักมาตรฐาน ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T 220 sp-01
2. ความต้านแรงดึง ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1924-2:2008
3. ความต้านแรงฉีกขาด ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1974 : 1990
4. ความต้านแรงคั้นทะลุ ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2758 : 2001

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ผู้รับรอง

(นายจรรยา ชงไชย)

นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ผู้รายงาน

(นายยุทธนา พงศ์แดงเพ็ง)

นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายไปรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

หน้า 2/2

ถนนพระรามที่ 6 ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 ประเทศไทย



ที่ วท 0307/ 21097

ถึง นางสาวลลิตา แก้วดี/KMITL

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่าง กระดาษล้าง-
ฝักตบชวา 10:90 หมายเลขปฏิบัติการ L53/09931.5 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้อง เลขรับ L53/09931 วันที่ 26
พฤศจิกายน 2553

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ



โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม

โทร. 0 2201 7130

โทรสาร 0 2201 7127

E-mail : physics@dss.go.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง

เครื่องหมาย/ตรา

หมายเลขปฏิบัติการ

กระดาษลึง-ผักตบชวา 10:90

L53/09931.5

ผลการทดสอบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

น้ำหนักมาตรฐาน,กรัม/ตารางเมตร	87.4
ดัชนีความต้านแรงดึง,กิโลนิวตัน.เมตร/กิโลกรัม	70.6
ดัชนีความต้านแรงฉีกขาด,นิวตัน.ตารางเมตร/กิโลกรัม	2.41
ดัชนีความต้านแรงฉีกทะลุ,กิโลพาสคัล.ตารางเมตร/กรัม	4.68

ชื่อผู้ให้บริการ

นางสาวลลิตา แก้วดี/KMITL

ที่อยู่ผู้ให้บริการ

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

ลักษณะตัวอย่าง

แผ่นทดสอบกระดาษสีน้ำตาล เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร จำนวน 10 แผ่น

วันที่ทดสอบ

30 พฤศจิกายน - 16 ธันวาคม 2553

วิธีทดสอบ

1. น้ำหนักมาตรฐาน ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T 220 sp-01
2. ความต้านแรงดึง ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1924-2:2008
3. ความต้านแรงฉีกขาด ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1974 : 1990
4. ความต้านแรงฉีกทะลุ ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2758 : 2001

ผู้รับรอง

(นายจรวัย ธงไชย)

นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ผู้รายงาน

(นายยุทธนาพงศ์ แดงเพ็ง)

นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ผู้ปกครองผู้ใด ทั้งสิ้น อีกหนึ่งท่านมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
 ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

หน้า 2/2

ถนนพระรามที่ 6 ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 ประเทศไทย



ภาคผนวก ง.

เครื่องมือที่ใช้ประกอบ

1. แบบประเมินคุณสมบัติของกระดาษที่เหมาะสมสำหรับบรรจุภัณฑ์
กั้นกระแทกสินค้าชั้นใน
2. การวิเคราะห์โดยใช้ Scoring Model
3. มาตรฐานการทดสอบความแข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบประเมินคุณสมบัติของกระดาษที่เหมาะสมสำหรับบรรจุภัณฑ์กันกระแทกสินค้าชั้นใน (Inner Packaging)

คำชี้แจง

แบบประเมินนี้มีจุดประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลประกอบการวิเคราะห์คุณสมบัติของกระดาษสำหรับทำเป็นบรรจุภัณฑ์กันกระแทกชั้นใน ในปฏิญานิพนธ์หัวข้อ การศึกษาและพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากกระดาษรีไซเคิลและฝักตบชาสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิก

- ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน
- ตอนที่ 2 แบบประเมินความสัมพันธ์ของคุณสมบัติกระดาษเพื่อการบรรจุภัณฑ์กันกระแทก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย ในช่องข้อความที่ตรงกับความเป็นจริง

1. ผู้ตอบแบบสอบถาม

- เพศชาย เพศหญิง

2. ระดับการศึกษา

- อนุปริญญา ปริญญาตรี ปริญญาโท ปริญญาเอก

3. ตำแหน่ง

- เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ นักวิชาการ หัวหน้าแผนก อื่นๆ.....

4. ประสบการณ์ทำงานด้านเชื้อและกระดาษ

- 1-5 ปี 6-10 ปี มากกว่า 10 ปี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 แบบประเมินความสัมพันธ์ของคุณสมบัติกระดาษเพื่อการบรรจุภัณฑ์กันกระแทก

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงโดยมีความหมายของระดับค่าความสำคัญต่อบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากกระดาษ ดังต่อไปนี้

- | | | |
|---|---------|-----------------------|
| 5 | หมายถึง | มีความสำคัญมากที่สุด |
| 4 | หมายถึง | มีความสำคัญมาก |
| 3 | หมายถึง | มีความสำคัญปานกลาง |
| 2 | หมายถึง | มีความสำคัญน้อย |
| 1 | หมายถึง | มีความสำคัญน้อยที่สุด |

ที่	รายการ	ระดับความสำคัญ				
		1	2	3	4	5
1	ความต้านแรงดึง - น้ำหนักมาตรฐาน					
2	ความต้านแรงฉีกขาด - น้ำหนักมาตรฐาน					
3	ความต้านแรงดันทะลุ - น้ำหนักมาตรฐาน					
4	ความต้านการหักพับ - น้ำหนักมาตรฐาน					
5	ความต้านแรงฉีกขาด - ความต้านแรงดึง					
6	ความต้านแรงดันทะลุ - ความต้านแรงดึง					
7	ความต้านการหักพับ - ความต้านแรงดึง					
8	ความต้านแรงดันทะลุ - ความต้านแรงฉีกขาด					
9	ความต้านการหักพับ - ความต้านแรงฉีกขาด					
10	ความต้านการหักพับ - ความต้านแรงดันทะลุ					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Scoring Model

คนที่ 1

	น้ำหนักมาตรฐาน	ความต้านแรงดึง	ความต้านแรงเฉียด	ความต้านแรงคั้นทะลุ	ความต้านการหักพับ	sum
น้ำหนักมาตรฐาน		1/4	1/5	1/5	1/3	0.98
ความต้านแรงดึง	4		1/2	1/4	1/2	5.25
ความต้านแรงเฉียด	5	2		1	1	9.00
ความต้านแรงคั้นทะลุ	5	4	1		1	11.00
ความต้านการหักพับ	3	2	1	1		7.00

คนที่ 2

	น้ำหนักมาตรฐาน	ความต้านแรงดึง	ความต้านแรงเฉียด	ความต้านแรงคั้นทะลุ	ความต้านการหักพับ	sum
น้ำหนักมาตรฐาน		1/4	1/4	1/5	1/3	1.03
ความต้านแรงดึง	4		1/3	1/4	1	5.58
ความต้านแรงเฉียด	4	3		1/3	1	8.33
ความต้านแรงคั้นทะลุ	5	4	3		1	13.00
ความต้านการหักพับ	3	1	1	1		6.00

คนที่ 3

	น้ำหนักมาตรฐาน	ความต้านแรงดึง	ความต้านแรงเฉียด	ความต้านแรงคั้นทะลุ	ความต้านการหักพับ	sum
น้ำหนักมาตรฐาน		1/4	1/5	1/5	1/2	1.15
ความต้านแรงดึง	4		1/2	1/4	1	5.75
ความต้านแรงเฉียด	5	2		1/3	1	8.33
ความต้านแรงคั้นทะลุ	5	4	3		1	13.00
ความต้านการหักพับ	2	1	1	1		5.00

Scoring Model

คนที่ 4

น้ำหนักมาตรฐาน
ความต้านแรงดึง
ความต้านแรงฉีกขาด
ความต้านแรงคั้นทะลุ
ความต้านการหักพับ

น้ำหนักมาตรฐาน	ความต้านแรงดึง	ความต้านแรงฉีกขาด	ความต้านแรงคั้นทะลุ	ความต้านการหักพับ	sum
น้ำหนักมาตรฐาน	1/5	1/4	1/4	1/2	1.20
ความต้านแรงดึง	5	1/3	1/4	1/2	6.08
ความต้านแรงฉีกขาด	4	3	1/2	1	8.50
ความต้านแรงคั้นทะลุ	4	4	2	1	11.00
ความต้านการหักพับ	2	2	1		6.00

คนที่ 5

น้ำหนักมาตรฐาน
ความต้านแรงดึง
ความต้านแรงฉีกขาด
ความต้านแรงคั้นทะลุ
ความต้านการหักพับ

น้ำหนักมาตรฐาน	ความต้านแรงดึง	ความต้านแรงฉีกขาด	ความต้านแรงคั้นทะลุ	ความต้านการหักพับ	sum
น้ำหนักมาตรฐาน	1/5	1/4	1/5	1/4	0.90
ความต้านแรงดึง	5	1/3	1/4	1/2	6.08
ความต้านแรงฉีกขาด	4	3	1/3	1	8.33
ความต้านแรงคั้นทะลุ	5	4	3	1	13.00
ความต้านการหักพับ	4	2	1		8.00

คนที่ 6

น้ำหนักมาตรฐาน
ความต้านแรงดึง
ความต้านแรงฉีกขาด
ความต้านแรงคั้นทะลุ
ความต้านการหักพับ

น้ำหนักมาตรฐาน	ความต้านแรงดึง	ความต้านแรงฉีกขาด	ความต้านแรงคั้นทะลุ	ความต้านการหักพับ	sum
น้ำหนักมาตรฐาน	1/5	1/5	1/5	1/2	1.10
ความต้านแรงดึง	5	1/4	1/5	1	6.45
ความต้านแรงฉีกขาด	5	4	1/2	1	10.50
ความต้านแรงคั้นทะลุ	5	5	2	1	13.00
ความต้านการหักพับ	2	1	1		5.00

ตารางที่ ง.7 สรุปข้อมูลโดยรวมจากผู้ประเมิน 6 ท่าน โดยพิจารณาน้ำหนักตามอายุการทำงาน

ผู้ประเมิน	น้ำหนักตามอายุการทำงาน	ผลรวมคะแนนคุณสมบัติต่างๆ				
		น้ำหนักมาตรฐาน	ความต้านแรงดึง	ความต้านแรงฉีกขาด	ความต้านแรงดันทะลุ	ความต้านการหักพับ
1	2.00	0.98	5.25	9.00	11.00	7.00
2	1.00	1.03	5.58	8.33	13.00	6.00
3	3.00	1.15	5.75	8.33	13.00	5.00
4	2.00	1.20	6.08	8.50	11.00	6.00
5	1.00	0.90	6.08	8.33	13.00	8.00
6	2.00	1.10	6.45	10.50	13.00	5.00
	average	1.09	5.88	8.86	12.34	6.15

หมายเหตุ : คะแนนรวมได้มาจากการนำน้ำหนักตามอายุการทำงานคูณกับค่าผลรวมคะแนนคุณสมบัติต่างๆที่ได้ในแต่ละคนแล้วนำมาบวกกันจากนั้นหารด้วยน้ำหนักตามอายุการทำงานของคน

จากคะแนนรวมตามตารางข้างต้นสามารถเรียงความสำคัญได้ดังนี้

1. ค่าความต้านแรงดันทะลุ กำหนดให้น้ำหนัก เป็น 5
2. ค่าความต้านแรงฉีกขาด กำหนดให้น้ำหนัก เป็น 4
3. ค่าความต้านการหักพับ กำหนดให้น้ำหนัก เป็น 3
4. ค่าความต้านแรงดึง กำหนดให้น้ำหนัก เป็น 2
5. ค่าน้ำหนักมาตรฐาน กำหนดให้น้ำหนัก เป็น 0.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานการทดสอบความแข็งแรง

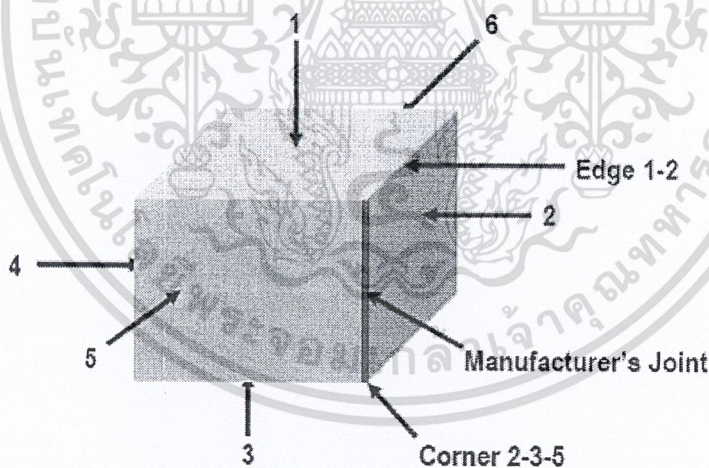
เรื่อง การต้านแรงกระแทกเมื่อตก อ้างอิงตามวิธีการทดสอบและวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ISTA

ตารางที่ ง.1 ระดับความสูงที่ใช้ทดสอบเทียบกับน้ำหนักของบรรจุภัณฑ์

น้ำหนัก		ระดับความสูงที่ใช้	
\geq	$<$	In.	mm
kg	kg	In.	mm
0	10	30	760
10-19	19	24	610
19	28	18	460
28	45	12	310
45	68	8	200

ที่มา : มาตรฐานการทดสอบ Carton Drop Test 1A ของ ISTA (International Safe Transit Association)

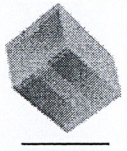
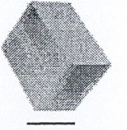
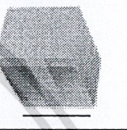

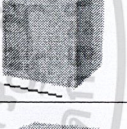

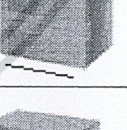
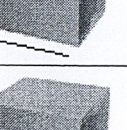
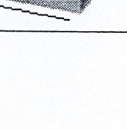
จำนวนการทดสอบตาม มาตรฐานของ ISTA จะทำการทดสอบ 10 ครั้ง คือ 1 มุม + 3 ขอบร่วมกับมุมอื่นๆ + 6 ด้าน ดังรูป



รูปที่ ง.1 แสดงทิศทางของบรรจุภัณฑ์ที่นำมาทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 ตำแหน่งตกกระทบของบรรจุภัณฑ์

ลำดับ	ตำแหน่งตกกระทบ	Orientation Specific face, edge or corner	ภาพแสดงลักษณะการตกกระทบ
1	มุม 2-3-5	มุมที่มีความเสี่ยงสินค้าแตกหักมากที่สุด หากไม่ทราบให้เลือกมุม 2-3-5 (มุมที่ติดกับขอบรอยต่อ)	
2	ขอบ 2-3	ขอบที่สั้นที่สุดที่ติดกับมุมทดสอบ	
3	ขอบ 2-5	ขอบที่ยาวปานกลางที่ติดกับมุมทดสอบ	
4	ขอบ 3-5	ขอบที่ยาวที่สุดที่ติดกับมุมทดสอบ	
5	ด้าน 2	ด้านที่เล็กที่สุดด้านหนึ่ง	
6	ด้าน 4	ด้านตรงข้ามด้านเล็กที่สุด	
7	ด้าน 1	ด้านที่ใหญ่ปานกลางด้านหนึ่ง	
8	ด้าน 3	ด้านตรงข้ามด้านที่ใหญ่ปานกลาง	
9	ด้าน 5	ด้านที่ใหญ่ที่สุดด้านหนึ่ง	
10	ด้าน 6	ด้านตรงข้ามด้านที่ใหญ่ที่สุด	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนากระดาษจากใบสับประรดเพื่อใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์

Development of Pineapple Leaf Paper for OTOP Packaging

ปานูมาศ สุยบังดุม¹ สุพัตรา เพ็งเกลียง¹ พณิตา คชกุล¹ อัมมรัตน์ ฤทธิเดช¹ ปรีชา ชัยกุล¹
ปิยวรรณ แก้วยอด¹ และ อัมรินทร์ สันตินิยมภักดี²

Panumas Suybangdum, Supattra Pengkleang, Panita Khochakool, Ammonrat Rittidast,

Preecha Chaigool, Piyawan Keawyod and Amarin Suntiniyompukdee

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของกระดาษทำมือที่ผลิตจากใบสับประรดผสมกับต้นกล้วย และใบสับประรดผสมกับใบรูปฤๅษี สำหรับใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ โดยมุ่งเน้นให้กระดาษที่ได้มีอัตราการดูดซึมน้ำน้อยเพื่อป้องกันการเปื่อยยุ่ยและมีการต้านแรงดึงสูงเพื่อป้องกันการฉีกขาดเมื่อได้รับแรงดึง งานวิจัยนี้เลือกใช้อัตราส่วนผสมระหว่างใบสับประรดกับต้นกล้วยและใบสับประรดกับใบรูปฤๅษีในอัตราส่วนที่เท่ากัน สามอัตราส่วนผสมคือ ร้อยละ 50:50 60:40 และ 70:30 ตามลำดับ จากนั้นนำกระดาษที่ได้ไปทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ ตามมาตรฐาน TAPPI 441 OM-90 และทดสอบการต้านแรงดึงตามมาตรฐาน TAPPI T 494-88 จากผลการทดสอบพบว่ากระดาษที่ผลิตจากใบสับประรดผสมกับต้นกล้วยในอัตราส่วนผสมร้อยละ 70:30 มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุดคือ มีค่าเท่ากับ 2.4642 กรัมต่อ 100 ตารางเซนติเมตร และกระดาษที่สามารถต้านแรงดึงขาดได้มากที่สุดคือ กระดาษที่ผลิตจากใบสับประรดผสมกับต้นกล้วยในอัตราส่วนผสมร้อยละ 60:40 ซึ่งสามารถต้านแรงดึงขาดได้เท่ากับ 2407.32 นิวตันต่อเมตร แต่เมื่อนำผลการทดสอบทั้งการดูดซึมน้ำและการต้านแรงดึงของกระดาษทั้งสองอัตราส่วนผสมมาเปรียบเทียบ พบว่ากระดาษที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 60:40 มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 2.6269 กรัมต่อ 100 ตารางเซนติเมตร ซึ่งมีค่าสูงกว่ากระดาษที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 70:30 เพียง 0.1654 กรัมต่อ 100 ตารางเซนติเมตร ขณะที่ผลของการต้านแรงดึงของกระดาษที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 60:40 มีค่าสูงกว่ากระดาษที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 70:30 ถึง 561.65 นิวตันต่อเมตร จึงสรุปได้ว่ากระดาษที่ผลิตจากใบสับประรดผสมกับต้นกล้วยที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 60:40 มีความเหมาะสมที่จะนำไปผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์มากที่สุดเมื่อพิจารณาจากทั้งสองปัจจัย

คำสำคัญ : กระดาษ, ใบสับประรด, บรรจุภัณฑ์

¹อาจารย์วิทยาลัยรัตนภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

²อาจารย์คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

*Corresponding author: โทรศัพท์/โทรสาร 074-584240-4 Email-panumas.suybangdum@gmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษผักตบชวาผสมเยื่อสาที่ทำด้วยมือแบบไทยเพื่องานหัตถกรรม
Mechanical properties of Thai hand made paper from water hyacinth and saa mixed pulp for handicrafts.

วุฒินันท์ คงทัต¹, ชัยพร สามพุ่มพวง¹ และสาริมา สุนทรารจุน¹

Wuttinant Kongtud¹, Chaiyaporn Sampoompuang¹ and Sarima Sundhrarajun¹

บทคัดย่อ

จากการศึกษาคุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษผักตบชวาผสมเยื่อปอสาที่ทำด้วยมือแบบไทย ในอัตราส่วน 100:0, 90:10, 80:20, 70:30 และ 0:100 โดยเตรียมตัวอย่างและทดสอบคุณสมบัติของกระดาษตามวิธีมาตรฐานของ TAPPI ผลการศึกษากระดาษที่ผสมเยื่อผักตบชวาต่อเยื่อปอสาในอัตราส่วน 70:30 มีคุณสมบัติทางเชิงกลที่ดีที่สุดสามารถใช้งานหัตถกรรมแทนกระดาษสาได้ คุณสมบัติทางเชิงกล ประกอบด้วย น้ำหนักมาตรฐาน 65 ± 5 g/m² ความขาวสว่างร้อยละ 64.35 ความเรียบ 5.75 วินาที ความต้านทานแรงฉีกขาด 32.83 mN.m²/g ความต้านทานแรงดึง 23.91 N.m/g ความต้านทานแรงดันทะลุ 2.46 kPa.m²/g และความต้านทานแรงหักพับ 118.44 ครั้ง

Abstract

Mechanical properties of Thai hand made paper from water hyacinth and saa mixed pulp for handicraft were studied. Hand sheet was made from water hyacinth pulp mixed with saa pulp of Thai papermaking style. The mixed ratio of water hyacinth and saa pulp were 100:0, 90:10, 80:20, 70:30 and 0:100. TAPPI standard methods were used in the analysis and the result of experiment showed that ratio of water hyacinth pulp mixed saa pulp at 70:30 giving the best result. It can be used in replace of a 100% saa paper for handicrafts. Mechanical properties of sample analysis of basis weight of 65 ± 5 g/m², brightness of 64.35%, smooth index of 5.75 sec, tear index of 32.83 mN. m²/g, tensile index 23.91 N.m/g, burst index of 2.46 kPa.m²/g and folding endurance of 118.44 times were used in this experiment.

Key Word: hand make paper, papermaking, saa, water hyacinth

W Kongtud: aapwnk@ku.ac.th

ชื่อ : นายกนิษฐ์ ตรีสุวรรณ
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การผลิตเยื่อกระดาษจากใบสับปะรด
สาขาวิชา : วิศวกรรมเคมี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อาจารย์ ดร.พนิตนาฎ จันทรานูภาพ
อาจารย์ประวีตร จันทรานูภาพ
ปีการศึกษา : 2548

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงสภาวะต่างๆ ที่มีผลต่อค่าการขจัดลิกนิน ในกระบวนการผลิตกระดาษจากใบสับปะรด [*Ananas comosus* (L.) Merr.] โดยวิธีโซดา (Soda Process) ในหม้อต้มระบบปิด ซึ่งเป็นการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาประยุกต์ใช้ให้เกิดคุณค่าขึ้น ตัวแปรสำคัญในการขจัดลิกนินที่ศึกษาได้แก่ ปริมาณสารเคมีที่เติมลงไปและอุณหภูมิในหม้อต้ม อยู่ในช่วง 15-21 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเยื่อแห้ง และ 100-130 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และกำหนดตัวแปรอื่นๆ คงที่อันได้แก่อัตราส่วนของของเหลวต่อเนื้อไม้ อยู่ที่ 10:1 ใช้ใบสับปะรดในลักษณะใบแห้ง ความชื้นประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการต้ม 2 ชั่วโมง พบว่าผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเคมีที่เติมลงไปมีผลกระทบต่อกระบวนการขจัดลิกนินมากกว่าผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดในกระบวนการต้ม คุณสมบัติของเยื่อที่ได้มีค่าแคปปา (Kappa Number) อยู่ในช่วงระหว่าง 29.3-43.0 ค่าความขาวสว่าง (Brightness) อยู่ในช่วงระหว่าง 8.66-12.24 เปอร์เซ็นต์ ISO ค่าคุณสมบัติการให้น้ำไหลผ่านของเยื่อ (Freeness) อยู่ในช่วงระหว่าง 180.66-226.50 mL.CSF ค่าดัชนีแรงดึงขาด (Tensile Index) อยู่ในช่วงระหว่าง 22.70-27.93 N.m/g ค่าดัชนีแรงดันทะลุ (Bursting Index) อยู่ในช่วงระหว่าง 1.24-1.80 kPa.m²/g ค่าดัชนีแรงฉีกขาด (Tearing Index) อยู่ในช่วงระหว่าง 3.35-4.58 N.m²/g ปริมาณผลผลิตเยื่อรวม (Total Yield) อยู่ในช่วงระหว่าง 31.53-38.60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเยื่อแห้ง ปริมาณเยื่อที่ผ่านการคัดขนาด (Screened Yield) อยู่ในช่วงระหว่าง 20.66-25.92 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเยื่อแห้ง

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 97 หน้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่มีการมีใดๆ ทั้งสิ้น หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
พ.ศ. ๒๕๔๘

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาเยื่อกระดาษผสมจากวัชพืช สำหรับกระดาษทำลูกฟูก
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นายนิทัศน์ ทิพย์โสตนัยนา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.สุชปา เนตรประดิษฐ์ อ.ชนธร ทองสัมฤทธิ์
หลักสูตร	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการพิมพ์
ภาควิชา	เทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์
คณะ	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
พ.ศ.	2549

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษากระบวนการผลิตเยื่อกระดาษจากวัชพืชสามชนิดคือ ต้นหญ้าแฝก ต้นรูปฤาษี และผักตบชวา ทดสอบคุณสมบัติของแผ่นกระดาษและกระดาษทำลูกฟูกที่ผลิตจากเยื่อวัชพืชเดี่ยวและผสมกันด้วยอัตราส่วนต่างๆ ในการทำวิจัยเชิงทดลอง เยื่อกระดาษผลิตด้วยวิธีทางเคมี โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 สำหรับรูปฤาษี และร้อยละ 16 ของน้ำหนักเยื่อแห้ง สำหรับหญ้าแฝกและผักตบชวา จากนั้น นำเยื่อวัชพืชที่ไม่มีการฟอกสีมาทำแผ่นกระดาษน้ำหนัก 120 แกรม ด้วยเครื่องทำแผ่นกระดาษทดสอบ โดยผสมวัชพืชที่อัตราส่วนร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 75 โดยน้ำหนัก ซึ่งใช้สารเติมแต่งในปริมาณคงที่คือ แคลเซียมคาร์บอเนต แป้งตัดแปลงประจุบวก และสารแอลคิลลิตินไคเมอร์ ร้อยละ 2, 1.2 และ 2 ของน้ำหนักเยื่อแห้ง ตามลำดับ หลังจากทดสอบสมบัติของกระดาษแล้วจึงทดลองขึ้นเป็นแผ่นกระดาษลูกฟูกด้วยเครื่องทำลอนทดสอบ จากการทดสอบคุณสมบัติพบว่า กระดาษจากเยื่อรูปฤาษีมีความหนา ปริมาณความชื้น และความต้านแรงฉีกขาดสูงสุด กระดาษจากเยื่อหญ้าแฝกมีความขาวสว่างสูงสุด ความต้านแรงดึงสูงสุด และการดูดซึมน้ำต่ำสุด กระดาษจากเยื่อผักตบชวามีความต้านแรงดันทะลุสูงสุด ส่วนกระดาษลูกฟูกที่ผลิตเยื่อหญ้าแฝกหรือเยื่อผักตบชวามีความต้านทานแรงกดวงแหวน และความต้านแรงกดลอนสูงสุด จากการผสมเยื่อวัชพืชพบว่ากระดาษลูกฟูกมีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์ดี เมื่อเทียบกับกระดาษจากเยื่อรีไซเคิล และการผสมระหว่างเยื่อหญ้าแฝกร้อยละ 25 เยื่อรูปฤาษีร้อยละ 25 และเยื่อผักตบชวาร้อยละ 50 ในการผลิตเป็นกระดาษทำลูกฟูกมีสมบัติด้านต่างๆ ดีที่สุด เพราะมีค่าความต้านทานแรงกดวงแหวนเฉลี่ยสูงถึง 260 นิวตัน และค่าความต้านแรงกดลอนลูกฟูกเฉลี่ยสูงถึง 223 นิวตัน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องกระดาษทำลูกฟูก หรือ มอก. 321-2530

เอกสารนี้ถูกสงวนลิขสิทธิ์ไว้และจะได้รับการคุ้มครองทางปัญญาต่อไปในอนาคตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสำคัญ : หญ้าแฝก / รูปฤาษี / ผักตบชวา / กระดาษจากวัชพืช / กระดาษทำลูกฟูก

การพัฒนาเยื่อกระดาษจากวัชพืชในประเทศ เพื่อทางเลือกใหม่ของบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูก

Development of Paper Pulp from Local Weed for Alternative Corrugated Packaging

ธนธร ทองสัมฤทธิ์¹ สุชปา เนตรประดิษฐ์¹ และ นิตุสน์ ทิพย์โสตนัยนา¹

Tanatorn Tongsumrit¹, Suchapa Netpradit¹ and Nitus Tipsotnaiyana¹

¹ Department of Printing and Packaging Technology, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140, Thailand.
E-mail: nitus.tip@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ: เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเยื่อในวัชพืชสามชนิดคือ ต้นหญ้าแฝก ต้นรูปฤาษี และ ผักตบชวา แล้วนำเยื่อไปผลิตแผ่นกระดาษและกระดาษทำลูกฟูก ตรวจสอบคุณภาพงานพิมพ์ และขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษลูกฟูก เยื่อกระดาษได้จากการต้มด้วยระบบปิดของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 10 สำหรับรูปฤาษี และร้อยละ 16 สำหรับหญ้าแฝกและผักตบชวาของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง แล้วนำมาทำแผ่นกระดาษทดสอบมาตรฐาน 120 แกรม โดยผสมวัชพืชที่อัตราส่วนต่างๆ และผสมสารเติมแต่งในปริมาณคงที่คือ แคลเซียมคาร์บอเนต แป้งคัดแปลงประจุบวก และสารแอลคิลทีนไคเมอร์ ร้อยละ 2, 1.2 และ 2 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้งตามลำดับ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัชพืชพบว่าผักตบชวามีเส้นใยเซลลูโลส ไค เบต้าเซลลูโลส แกมมาเซลลูโลส และลิกนินมาก มีความสามารถในการละลายได้ดี ต้นหญ้าแฝกมีปริมาณเพนโทซานมาก เมื่อนำไปฟอกจะมีความขาวมากกว่าวัชพืชประเภทอื่น ต้นรูปฤาษีมีปริมาณอัลฟาเซลลูโลสมากที่สุด ซึ่งให้ผลผลิตเยื่อมากที่สุด จากการทดสอบสมบัติของกระดาษ พบว่า กระดาษจากเยื่อรูปฤาษีมีความหนา ปริมาณความชื้น และความต้านแรงดึงสูงสุด กระดาษจากเยื่อหญ้าแฝกมีความขาวสว่างและความต้านแรงดึงสูงสุด แต่การดูดซึมน้ำต่ำสุด กระดาษจากเยื่อผักตบชวามีความต้านแรงดึงสูงสุดจากการผสมเยื่อวัชพืช 3 ชนิด พบว่ากระดาษลูกฟูกทั้งหมดมีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์ดี เมื่อเทียบกับกระดาษเยื่อรีไซเคิล และกระดาษที่ผสมระหว่างเยื่อหญ้าแฝกร้อยละ 25 เยื่อรูปฤาษีร้อยละ 25 และเยื่อผักตบชวาร้อยละ 50 มีคุณสมบัติดีที่สุด เพราะมีค่าความต้านทานแรงกดวงแหวนเฉลี่ย 260 นิวตัน และค่าความต้านแรงกดลอนลูกฟูกเฉลี่ย 223 นิวตัน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรื่องกระดาษทำลูกฟูก (มอก.321-2530) นอกจากนี้ สามารถใช้พิมพ์ด้วยระบบออฟเซตได้ โดยมีขอบเขตการผลิตสีกว้างกว่ากระดาษเยื่อรีไซเคิล และเมื่อนำไปผลิตกล่องลูกฟูกพบว่า กล่องกระดาษลูกฟูกจากเยื่อวัชพืชมีค่าความต้านทานต่อแรงกดสูงกว่ากล่องกระดาษลูกฟูกจากเยื่อรีไซเคิล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 47.3 และ 43.3 กิโลกรัมแรงตามลำดับ เห็นได้ว่าเยื่อวัชพืชผสมสามารถนำไปผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อทางเลือกใหม่ของบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูกได้

คำสำคัญ: หญ้าแฝก / รูปฤาษี / ผักตบชวา / กระดาษจากวัชพืช / บรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูก

Abstract: To study the chemical properties of fiber in 3 kinds of weeds; Vetiver grass, Cattail and Water hyacinth, to test the properties of paper and corrugating medium made from weed pulp, to test the printability, and to test the properties of corrugated packaging. The weed pulp