

การทดลองผลิตัวสตุกันกระแทกประเภทชั้นจากก้านใบจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์

ปริญญานิพนธ์
ของ
อดุลย์ คล้ายหนู

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2546
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

158.7884

0133 n

๕๓

การทดลองผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์

158.7884
0133 n
๕๓

บทคัดย่อ
ของ
อดุลย์ คล้ายหนู

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

พฤษภาคม 2546

h ๘๘๙๖๘

อดุลย์ คล้ายหนู. (2545). การทดลองผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบเพื่อการบรรจุภัณฑ์.

ปริญญาโท กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทร
วิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : อาจารย์ ดร. อุวิทย์ สุวคันทรกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน.

การวิจัยครั้งนี้ มีความมุ่งหมายเพื่อผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจากเพื่อการบรรจุ
ภัณฑ์ โดยทำการทดสอบและเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานระหว่างวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจาก
ก้านใบจาก และวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้วในภาชนะบรรจุภัณฑ์ โดยทดสอบ
คุณสมบัติการใช้งานด้านการต้านแรงกด การต้านแรงกระแทกเมื่อตก และการต้านแรงสั่นสะเทือนของภาชนะ
บรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง ตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM คือ มาตรฐาน ASTM D - 642, ASTM D - 5276
และ ASTM D - 999 ตามลำดับ

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย วัสดุกันกระแทกจากก้านใบจากรูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 20 x 45 x
20 มิลลิเมตร จำนวน 2125 ชิ้น วัสดุกันกระแทกจากก้านใบจากรูปทรงตัวอักษรเอส ขนาด 20 x 45 x 20
มิลลิเมตร จำนวน 2125 ชิ้น วัสดุกันกระแทกจากก้านใบจากรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 x 45
มิลลิเมตร จำนวน 2125 ชิ้น และวัสดุกันกระแทกจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว ขนาด 20 x 45 x 20
มิลลิเมตร จำนวน 2125 ชิ้น

ผลการวิจัยพบว่า วัสดุกันกระแทกจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว มีค่าการต้านแรงกด 144 กิโลกรัม
แรง วัสดุกันกระแทกจากก้านใบจากรูปทรงสี่เหลี่ยม รูปทรงตัวอักษรเอส และรูปทรงกระบอก มีค่าการต้าน
แรงกดเท่ากับ 138, 136 และ 120 กิโลกรัมแรง ตามลำดับ เมื่อเทียบเกณฑ์มาตรฐานพบว่า วัสดุกันกระแทก
จากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานอยู่ 55 กิโลกรัมแรง วัสดุกันกระแทกจากก้านใบ
จากรูปทรงสี่เหลี่ยม รูปทรงตัวอักษรเอส และรูปทรงกระบอก มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานอยู่ 49, 47 และ 31
กิโลกรัมแรง ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้วกับก้านใบจาก พบว่า โพลิสไตรีนที่
ขยายตัวแล้วมีค่าสูงกว่าก้านใบจากรูปทรงสี่เหลี่ยม รูปทรงตัวอักษรเอส และรูปทรงกระบอก เท่ากับ 6, 8 และ
24 กิโลกรัมแรง ตามลำดับ และการต้านแรงกระแทกเมื่อตก วัสดุกันกระแทกจากก้านใบจากทั้ง 3 รูปทรง มี
ค่าการต้านแรงกระแทกเมื่อตกอยู่ในระดับดีเมื่อเทียบเกณฑ์มาตรฐาน และเมื่อเทียบกับวัสดุกันกระแทกจาก
โพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว พบว่า มีค่าการต้านแรงกระแทกเมื่อตกดีเหมือนกัน ไม่แตกต่างกัน ส่วนการต้าน
แรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง พบว่า วัสดุกันกระแทกจากก้านใบจากทั้ง 3 รูปทรง มีค่า
การต้านแรงสั่นสะเทือนอยู่ในระดับดีเมื่อเทียบเกณฑ์มาตรฐาน และเมื่อเทียบกับวัสดุกันกระแทกจากโพลิสไ
ตรีนที่ขยายตัวแล้ว พบว่า มีค่าการต้านแรงสั่นสะเทือนดีเหมือนกัน ไม่แตกต่างกัน

THE PRODUCTION EXPERIMENT OF CHIP CUSHIONING MATERIALS
FROM NIPA LEAVES FOR PACKAGING

AN ABSTRACT
BY
ADUN KLAINOO

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University
May 2003

Adun klainoo. (2002). *The production experiment of chip cushioning materials from Nipa leaves For packaging*. Master thesis, (Industrial Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Dr. Upawit Suwacantakul, Mr. Ophat Sukwan.

The objective of this thesis was to experiment of chip cushioning materials from Nipa leaves for packaging. This experimental for testing and comparing the characteristics between cushioning materials from Nipa leaves and cushioning materials from expanded polystyrene for packaging. The three characteristics of this study are compression strength, dropping resistance and vibration testing of shipping containers by using ASTM standards (ASTM D – 642, ASTM D – 5276 and ASTM D – 999).

The materials of this experimental will be used the Nipa leaves built for shaped and sizing as follows : S - shape 20 x 45 x 20 the amount of 2125 pcs, cylinder shaped Ø 20 x 45 the amount of 2125pcs, Cubed shaped 20 x 45 x 20 the amount of 2125 pcs, and S - shape from expanded polystyrene 20 x 45 x 20 the amount of 2125 pcs.

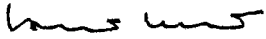
This experiment found that the compression strengt of polystyrene is 144 kgf. The Nipa leaves built for shaped as S – shape, cylinder shaped, Cubed shaped have strengt of 138, 136, and 120 kgf. When compare polystyrene with ASTM standard the compression strength was 55 kgf. The Nipa leaves built for shaped as S – shape, cylinder shaped, Cubed shaped have compression strength higher than the standard 49, 47, and 31 kgf. When compare Nipa leaves with polystyrene found that polystyrene have higher compression strengt than the Nipa leave in the size of S – shape, cylinder shaped, Cubed shaped amount of 6, 8, and 24 kgf. For the drop resistance the cushioning materials from expanded polystyrene and cushioning materials from Nipa leaves in 3 shapes when compare with standard found that the Nipa have vibration testing of shipping containers better than the standard, and when compare with cushioning materials from expanded polystyrene and cushioning materials from Nipa leaves in 3 shapes have no vibration testing of shipping containers difference.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การทดลองผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์

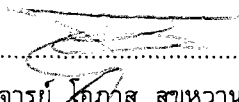
ของ
นายอดุลย์ คล้ายหนู

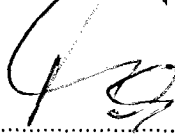
ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

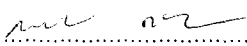

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. นภาพร หะวานนท์)
วันที่ ๑๙ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๔๖

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์


..... ประธาน
(อาจารย์ ดร. อูปวิทย์ สุคันธกุล)


..... กรรมการ
(อาจารย์ โอภาส สุขหวาน)


..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)


..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถนอมสิน ดิสถาพร)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของ ดร. อุปวิทย์ สุวคันทกุล ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ท่านกรุณาให้คำปรึกษา แนะนำช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่อง อีกทั้งให้กำลังใจขณะดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงตลอดไป

ขอขอบพระคุณ ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธไกร, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ถนอมสิน ดิสถาพร และ อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ ที่ช่วยตรวจแก้ไขปริญญานิพนธ์ และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณสุชน พิทักษ์ หัวหน้าแผนกงานซ่อมบำรุงและคณะ บริษัท อีพีอี แพคเกจจิ้ง (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทดลองอบชิ้นงานด้วยไอน้ำในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณวิจิตร รัตนถาวรกิติ นักวิชาการ 6 จากศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการทดสอบวัสดุกันกระแทก

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา - มารดา ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนทุนทรัพย์ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณ คุณกิตติมา รัตนมงคลศักดิ์ ที่ให้กำลังใจ และช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดเวลา

อดุลย์ คล้ายหนู

สารบัญ

บทที่

หน้า

1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง.....	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
	ความสำคัญของการวิจัย.....	3
	ขอบเขตของการวิจัย.....	3
	ตัวแปรที่ศึกษา.....	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
	สมมุติฐานการวิจัย.....	6
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
	ภาชนะบรรจุภัณฑ์และวัสดุกันกระแทก.....	7
	ผลกระทบของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปทำจากพลาสติกต่อสิ่งแวดล้อม.....	10
	วัสดุกันกระแทกที่ใช้และวัสดุกันกระแทกที่ง่ายต่อการย่อยสลาย.....	16
	หลักการทำก้านพองโดยใช้น้ำและไอน้ำ.....	21
	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับต้นจาก.....	23
	การกำหนดความหนาและรูปทรงของวัสดุกันกระแทก.....	27
	คุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกในภาชนะบรรจุภัณฑ์.....	28
	มาตรฐานการทดสอบวัสดุกันกระแทกในภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง.....	29
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	30
	งานวิจัยต่างประเทศ.....	30
	งานวิจัยในประเทศ.....	31
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	34
	วัสดุที่ใช้ในการวิจัย.....	34
	เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า.....	37
	สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง.....	38
	การทดลองผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์.....	38

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
3 (ต่อ) การทดสอบและเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทก	
ประเภทชิ้นในภาชนะบรรจุภัณฑ์.....	41
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	43
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	45
การวิเคราะห์คุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกทั้ง 2 ประเภท.....	45
การเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกทั้ง 2 ประเภท.....	48
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	51
ความมุ่งหมายของการวิจัย	51
ความสำคัญของการวิจัย	51
สมมุติฐานการวิจัย	51
การดำเนินการวิจัย.....	51
วัสดุในการทดลอง.....	52
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	53
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	53
สรุปผลการวิจัย.....	53
อภิปรายผล.....	54
ข้อเสนอแนะ	55
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก.....	60
ประวัติย่อผู้วิจัย	80

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ผลกระทบของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปทำจากพลาสติกต่อสิ่งแวดล้อม	15
2 คุณสมบัติของโพนี่ขึ้นรูป	19
3 แสดงขนาดและรูปทรงต่าง ๆ ของวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากกันไบก้า ในการ ทดสอบการใช้งานในภาชนะบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ด้าน.....	35
4 แสดงขนาดและรูปทรงของวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากโพลีไทรีนที่ขยายตัวแล้ว ในการทดสอบการใช้งานในภาชนะบรรจุภัณฑ์ ทั้ง 3 ด้าน	36
5 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้น ตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D.....	44
6 ผลการทดสอบการต้านแรงกดของวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นในกล่อง กระดาษลูกฟูก.....	46
7 ผลการทดสอบการต้านแรงกระแทกเมื่อตกของวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้น ในกล่องกระดาษลูกฟูก.....	47
8 ผลการทดสอบการต้านแรงสั่นสะเทือนของกล่องกระดาษลูกฟูกเพื่อการขนส่ง.....	48
9 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้น เทียบเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D.....	49

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
2	แสดงเครื่องผลิตวัสดุกันกระแทก.....	37
3	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	39

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ภาชนะบรรจุช่วยส่งเสริมธุรกิจด้านการค้ามากขึ้น เพราะสินค้าด้านอุปโภคและด้านบริโภคมากกว่าร้อยละ 70 ต้องการภาชนะบรรจุเพื่อคุ้มครองสินค้า ส่งเสริมการขาย โดยเฉพาะยุคของการขายสินค้าที่ต้องบริการช่วยตนเอง นอกจากนั้นภาชนะบรรจุภัณฑ์ยังช่วยให้การขนส่งสินค้าเป็นไปอย่างสะดวก รวดเร็ว ป้องกันสินค้าจากการถูกกระแทก ช่วยรักษาคุณภาพสินค้า โดยเฉพาะสินค้าประเภทอาหาร ภาชนะบรรจุจะช่วยให้อายุการเก็บรักษา (อมรรัตน์ สวัสดิ์ทัด. 2534 : 1) ภาชนะเพื่อการขนส่งจะต้องสามารถคุ้มครองสินค้าจากอันตรายต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการขนส่ง ซึ่งส่วนมากเป็นแรงกระทำจากภายนอก บางครั้งแรงกระทำนี้มีค่าสูงมากเกินวิสัยที่ภาชนะบรรจุอย่างเดียวยังจะป้องกันได้ จึงต้องมีการใช้วัสดุกันกระแทกเข้ามาช่วย เพื่อดูดซับแรงกระทำหรือแพร่กระจายแรงกระทำที่เกิดขึ้นกับสินค้าให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสินค้า

วัสดุกันกระแทก (Cushion หรือ Cushioning Material) ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายในด้านแรงกระแทกเมื่อตก และแรงสั่นสะเทือนให้กับสินค้าที่สามารถแตกหักหรือบอบสลายได้ง่าย เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ และผักสดผลไม้ เป็นต้น วัสดุกันกระแทกซึ่งประกอบอยู่ภายในของภาชนะบรรจุภัณฑ์ เพื่อป้องกันการกระแทกกระหว่างสินค้ากับตัวสินค้าเอง และระหว่างตัวสินค้ากับภาชนะบรรจุภัณฑ์ วัสดุกันกระแทกมักทำจากโพลีสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว (EPS) โพลียูรีเทน (PU) และ โพลีเอทิลีนที่ขยายตัวแล้ว (EPE) ซึ่งมีการผลิตภายใต้ชื่อการค้าต่างๆ เช่น POLYSTYROL, STYROFILL, PELASPAN, FLO-PAX, EPE, ETHAFOAM และ NEOPOLEN เป็นต้น (มยุรี ภาคล้ำเจียก และอมรรัตน์ สวัสดิ์ทัด. 2533 : 129) แต่การใช้วัสดุกันกระแทกประเภทพลาสติกหรือโฟมได้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลายด้านด้วยกัน (อมรรัตน์ สวัสดิ์ทัด. 2534 : 129) วัสดุกันกระแทกประเภทพลาสติกนั้น มีอายุการสลายตัวโดยธรรมชาติประมาณ 80 - 100 ปี ส่วนโฟมไม่สลายตัวตามธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่ปนเปื้อนของเสียประเภทอื่นที่เป็นอันตรายมีเชื้อโรค จะทวีความรุนแรงต่อสภาพสิ่งแวดล้อมยิ่งขึ้น (ธเนศ ศรีสถิตย์. 2533 : 8) รังสรรค์ ปิ่นทอง (2534 : 1 - 5) กล่าวไว้ว่า สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอนที่ใช้ในการผลิตโฟม มีผลกระทบต่อบรรยากาศของโลก คือ เป็นสารที่มีความสามารถดูดซับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้ดี ทำให้ความร้อนไม่สะท้อนออกไปนอกโลก จึงทำให้บรรยากาศของโลกร้อนขึ้น ภาวะการณ์ดังกล่าว คือ สภาวะเรือนกระจก ข้อสรุปที่ดีที่สุดในการแก้ไขปัญหา คือ การลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่จะถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศให้อยู่ในสัดส่วนและปริมาณที่น้อยที่สุดเท่าที่จะกระทำได้ การรักษาระดับความหนาแน่นของแก๊สเรือนกระจกในบรรยากาศที่ทั่วโลกกำลังปฏิบัติ (กิตติภูมิ มีประดิษฐ์. 2540 : 51) ในกระบวนการผลิตขึ้นรูปพลาสติกมีอันตรายจากสารเสริมสภาพพลาสติก โดยเฉพาะผู้ใช้แรงงานในโรงงานอุตสาหกรรมพลาสติก และผู้ที่อาศัยในบริเวณโรงงานดังกล่าว จะมีอัตราการเสี่ยงต่อการได้รับสารพิษสูง โดยจะพบได้ทั้งการเกิดพิษอย่างเฉียบพลันและการเกิดพิษอย่างช้าๆ จากการ

สำรวจผู้ใช้แรงงาน จำนวน 73 คน ที่ทำงานเกี่ยวกับพลาสติกชนิดต่าง ๆ พบว่ามีอาการโรคตัวอย่างรุนแรง คือ ตับโต ตับแข็ง อาการดีซ่าน การแตกของหลอดเลือดในหลอดเลือดอาหาร ม้ามโต กระดูกผุ และโรคผิวหนัง จำนวนร้อยละ 15 (ธีรยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2534 : 153)

อมรรตน์ สวัสดิ์ทิต (2534 : 20) ได้เสนอแนวทางแก้ปัญหาภาวะต่อสิ่งแวดล้อม อันมีสาเหตุมาจากการใช้ภาชนะพลาสติกไว้ดังนี้ ประการแรก ควรนำขยะมูลฝอยพลาสติกเข้าสู่กระบวนการผลิตซ้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ประการที่สอง สร้างพฤติกรรมการทำงานขยะมูลฝอยให้ถูกต้องซึ่งเป็นระบบการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และประการสุดท้าย คือ การนำวัสดุธรรมชาติเป็นภาชนะบรรจุทดแทนภาชนะบรรจุพลาสติก กิตติภูมิ มีประดิษฐ์ (2540 : 124 - 125) ได้สรุปว่า โฟมพลาสติกเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม การแก้ปัญหาอย่างง่ายที่สุด คือ หลีกเลี่ยงการใช้โพลิสไตรีนโฟมและจะต้องพยายามสร้างค่านิยมเพื่อการเลิกใช้สารประเภทนี้ ส่วนการทำลายโฟมที่ใช้แล้วต้องสร้างเตาเผาพิเศษ ซึ่งสามารถทำลายโฟมและมูลฝอยบางชนิดได้หมดและสามารถควบคุมไม่ให้สาร CFC_s หรือแก๊สพิษอื่นๆ ที่จะเกิดขึ้นจากการเผาไหม้หลุดลอยสู่บรรยากาศ

วัสดุกันกระแทกที่ใช้ในการบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุธรรมชาติ ซึ่งสามารถย่อยสลายได้ง่ายและไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมมีอยู่หลายชนิด ตัวอย่างเช่น ฟางข้าว เยื่อและกระดาษ แกลบ และก้านใบจาก แต่สิ่งที่น่าสนใจคือ ก้านใบจาก ซึ่งสามารถหาได้ง่ายบริเวณป่าพรุและป่าชายเลน เนื่องจากก้านใบจากมีลักษณะบวมพอง เป็นแหล่งเก็บอาหารจากรากและลำต้น โครงสร้างภายในมีรูพรุน หลอดอาหารมีลักษณะหุ้นเมื่อแห้งน้ำหนักเบา ความหนาแน่นต่ำ ลอยน้ำได้ คุณสมบัติเบื้องต้นเหมือนโฟม (เทียมใจ คมกฤส. 2536 : 26) และจากการศึกษาการใช้ประโยชน์จากต้นจากของประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง คือการใช้ประโยชน์จากส่วนใบเท่านั้น โดยการทำใบจากมาเย็บทำหลังคาบ้าน การนำใบจากมาฉนวนกันความร้อน และทำภาชนะใช้ในครัวเรือน (นพรัตน์ บำรุงรักษ์ และนริศ แก้วสินวล. 2538 : 8)

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาโดยการนำก้านใบจากมาผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้น ซึ่งเป็นวัสดุที่เลือกใช้จากเกษตรกรรมทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด เป็นการเพิ่มพูนรายได้ให้แก่เกษตรกร และยังเป็นส่งเสริมให้มีการปลูกป่าชายเลนเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาสมดุลย์ทางธรรมชาติ ตลอดจนเป็นการช่วยลดปริมาณการใช้วัสดุกันกระแทกในการบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากพลาสติกและโฟม ซึ่งเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยอีกทาง

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์
2. เพื่อทดสอบ และเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานระหว่างวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้น

จากก้านใบจาก และวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้วในภาชนะบรรจุภัณฑ์ ทั้ง 3 ด้านโดยใช้เกณฑ์มาตรฐาน ASTM ดังนี้

- 2.1 การต้านแรงกด มาตรฐาน ASTM D - 642
- 2.2 การต้านแรงกระแทกเมื่อตก มาตรฐาน ASTM D - 5276
- 2.3 การต้านแรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง มาตรฐาน ASTM D - 999

ความสำคัญของการวิจัย

ได้วัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์ ที่มีคุณลักษณะด้านการใช้งาน เหมือนวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว ตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D - 642, ASTM D - 5276 และ ASTM D - 999

ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุตามความมุ่งหวังที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยจึงกำหนดขอบเขตไว้ดังนี้

วัสดุในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้วัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจาก ซึ่งผ่านกระบวนการทำให้แห้งและอบด้วยไอน้ำ และวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว โดยมีรูปทรงและขนาด ดังต่อไปนี้

1. รูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 20 X 45 X 20 มิลลิเมตร จำนวน 2125 ชิ้น
2. รูปทรงตัวอักษรเอส ขนาด 20 X 45 X 20 มิลลิเมตร จำนวน 2125 ชิ้น
3. รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 X 45 มิลลิเมตร จำนวน 2125 ชิ้น

วัสดุกันกระแทกที่ผู้วิจัยจะทดลองผลิตขึ้นนั้น จะทำการทดสอบและเปรียบเทียบกับโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว ขนาด 20 X 45 X 20 มิลลิเมตร ในด้านคุณลักษณะการใช้งานในภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง

ตัวแปรที่ศึกษา

ได้แก่ วัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจาก และวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว โดยมีรูปทรงและขนาด ดังต่อไปนี้

1. ตัวแปรต้น ได้แก่รูปทรงของก้านใบจากอบแห้ง
 - 1.1 รูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 20 X 45 X 20 มิลลิเมตร
 - 1.2 รูปทรงตัวอักษรเอส ขนาด 20 X 45 X 20 มิลลิเมตร
 - 1.3 รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 X 45 มิลลิเมตร
 - 1.4 โพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว ขนาด 20 X 45 X 20 มิลลิเมตร

2. ตัวแปรตาม ได้แก่ คุณลักษณะด้านการใช้งานในภาชนะบรรจุภัณฑ์ ทั้ง 3 ด้าน ดังนี้

- 2.1 การต้านแรงกด (Compression Strength) มาตรฐาน ASTM - D 642
- 2.2 การต้านแรงกระแทกเมื่อตก (Drop Resistance) มาตรฐาน ASTM - D 5276
- 2.3 การต้านแรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง (Vibration Testing of Shipping Containers) มาตรฐาน ASTM - D 999

โดยนำมาทดสอบและเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานในภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง ทั้ง 3 ด้าน ที่ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

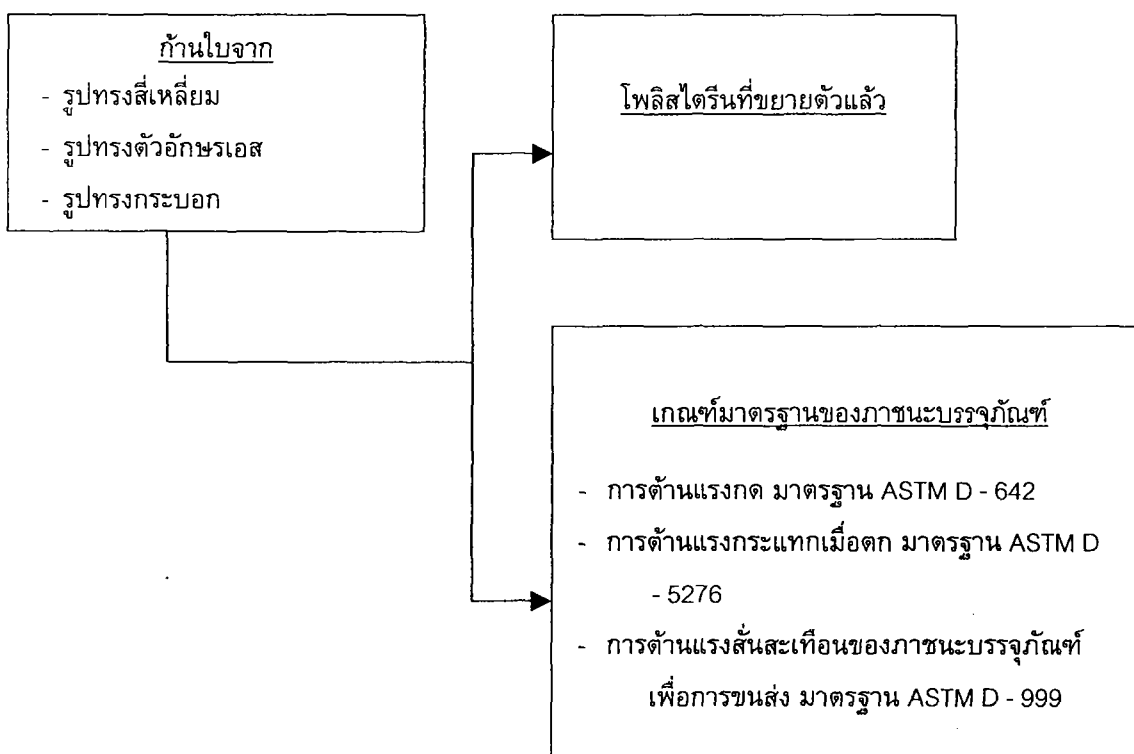
นิยามศัพท์เฉพาะ

1. วัสดุกันกระแทก หมายถึง วัสดุที่ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายในด้านแรงกด แรงกระแทกเมื่อตก และแรงสั่นสะเทือนที่เกิดในระหว่างการขนส่งให้กับสินค้าที่แตกหัก หรือบอบสลายง่าย
2. ก้านใบจาก หมายถึง ส่วนประกอบของใบ ซึ่งแตกออกจากลำต้น ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 20 มิลลิเมตรขึ้นไป โดยการทำให้แห้งด้วยการตากแดดแล้วจึงนำมาตัดให้ได้รูปทรง และขนาดตามที่ต้องการแล้วจึงนำมาอบด้วยไอน้ำอีกครั้ง เพื่อทำวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้น
3. โพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว (Expanded Polystyrene, EPS) หมายถึง พลาสติกหรือโฟมประเภทขึ้น มีโครงสร้างแบบเซลล์ปิด มีน้ำหนักเบา ใช้ป้องกันการกระแทก โดยการบรรจุในช่องว่างของภาชนะบรรจุภัณฑ์และสินค้า เพื่อนำมาทดสอบและเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานกับวัสดุกันกระแทกจากก้านใบจาก
4. ภาชนะบรรจุภัณฑ์ (Package) หมายถึง กล่องกระดาษลูกฟูก ขนาด 230 X 350 X 140 มิลลิเมตร หรือ (ขนาด ง) ของการสื่อสารแห่งประเทศไทย จำนวน 20 กล่อง ใช้เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทก
5. สินค้า (Goods) หมายถึง ขวดแก้วซึ่งบรรจุลงในภาชนะบรรจุภัณฑ์ จำนวน 34 ใบ เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกในภาชนะบรรจุภัณฑ์
6. คุณสมบัติด้านการใช้งานในกล่องกระดาษลูกฟูก หมายถึง ความสามารถของวัสดุกันกระแทกที่บรรจุอยู่ภายในกล่องกระดาษลูกฟูก ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสินค้า สามารถต้านต่อแรงกด ต้านต่อแรงกระแทกเมื่อตก และต้านต่อแรงสั่นสะเทือน ตามเกณฑ์มาตรฐานของกล่องกระดาษลูกฟูก ASTM - D โดยมีรายละเอียดดังนี้
 - 6.1 การต้านแรงกด หมายถึง ความสามารถของวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจากที่บรรจุอยู่ภายในกล่องกระดาษลูกฟูก ในการต้านแรงกดที่ทำให้ความเสียหายให้แก่สินค้าได้เหมือนกับวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว ตามเกณฑ์ที่กำหนดของการกดกล่องกระดาษลูกฟูก ค่าการรับน้ำหนักได้สูงสุดคือ 873 นิวตัน หรือ 89 กิโลกรัมแรง (มาตรฐาน ASTM D - 642)

6.2 การต้านแรงกระแทกเมื่อตก หมายถึง ความสามารถของวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจากที่บรรจุอยู่ภายในกล่องกระดาษลูกฟูก ในการต้านแรงกระแทกกับพื้นเมื่อปล่อยให้ตกจากที่สูง ซึ่งมีคุณลักษณะด้านการใช้งานเหมือนวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากโพลีสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว ตามเกณฑ์ที่กำหนด ไม่น้อยกว่า 10 ครั้งที่ความสูง 762 มิลลิเมตร โดยสินค้าไม่เสียหาย (มาตรฐาน ASTM D - 5276)

6.3 การต้านแรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง หมายถึง ความสามารถของวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจากที่บรรจุอยู่ภายในกล่องกระดาษลูกฟูก ในการต้านแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในระหว่างการขนส่ง ซึ่งมีคุณลักษณะด้านการใช้งานเหมือนวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากโพลีสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว ตามเกณฑ์ที่กำหนด ที่ความถี่ 4 เฮทซ์ (Hertz) ใช้เวลา 1 ชั่วโมง โดยสินค้าไม่เสียหาย (มาตรฐาน ASTM D - 999)

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมุติฐานการวิจัย

การทดลองผลิตัวสดก้นกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์ มีคุณลักษณะด้านการใช้งานเหมือนวัสดุก้นกระแทกประเภทขึ้นจากโพลีไทรีนที่ขยายตัวแล้ว ตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D - 642, ASTM D - 5276 และ ASTM D - 999

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ จากตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นประโยชน์ทำให้งานวิจัยครั้งนี้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ โดยแยกเป็นหัวข้อดังนี้

1. ภาวะบรรจุกัมภ์และวัสดุกันกระแทก
2. ผลกระทบของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปทำจากพลาสติกต่อสิ่งแวดล้อม
3. วัสดุกันกระแทกที่ใช้และวัสดุกันกระแทกที่ง่ายต่อการย่อยสลาย
4. หลักการทำก้นพองโดยใช้น้ำและไอน้ำ
5. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับต้นจาก
6. การกำหนดความหนาและรูปทรงของวัสดุกันกระแทก
7. คุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกประเภทชั้นในภาชนะบรรจุกัมภ์
8. มาตรฐานการทดสอบวัสดุกันกระแทกประเภทชั้นในภาชนะบรรจุกัมภ์เพื่อการขนส่ง
9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ภาวะบรรจุกัมภ์และวัสดุกันกระแทก

1.1 ภาวะบรรจุกัมภ์

ภาวะบรรจุกัมภ์เป็นสื่อกลางที่นำพาผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตไปถึงผู้บริโภคบริโภค ในการเป็นสื่อนี้ บรรจุกัมภ์ทำหน้าที่ป้องกันสินค้าจากอันตรายทางกายภาพ เคมี และชีวภาพระหว่างการขนส่ง นอกจากนี้เป็นจุดขายแล้ว บรรจุกัมภ์จะมีบทบาทสำคัญ ในการส่งเสริมการขาย โดยการป้อนข่าวสารข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นให้แก่ผู้ซื้อ และผู้บริโภค

ดำรงศักดิ์ ชัยสนธิ และก่อเกียรติ วิริยะกิจพัฒนา (2537 : 89) ได้สรุปว่าบรรจุกัมภ์ที่ดีควรจะมีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ป้องกันสินค้าจากอันตรายต่าง ๆ
2. รักษาคุณภาพของสินค้า
3. ปรับให้ผลิตภัณฑ์เหมาะสมต่อระบบการขนส่ง การจัดจำหน่าย
4. มีส่วนสร้างภาพพจน์ และเพิ่มคุณค่าให้แก่สินค้า โดยการชี้แจง รายละเอียดของสินค้า และให้ความสะดวกในการนำออกใช้

ในทุกสภาวะการขนส่ง ผลิตภัณฑ์จะเผชิญกับการตกกระแทกและการสั่นสะเทือนในรูปแบบต่างกัน บรรจุภัณฑ์ที่มีผลิตภัณฑ์อยู่ภายใน อาจจะมีการตกลงในระหว่างการเคลื่อนย้ายไม่ว่าใช้แรงงานคนหรือเครื่องมือในการขนย้าย

โอกาสที่บรรจุภัณฑ์จะตกลงระหว่างการเคลื่อนย้าย โดยใช้แรงงานคน จะเกิดขึ้นกับบรรจุภัณฑ์ที่มีน้ำหนักเบามากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่มีน้ำหนักมาก สำหรับบรรจุภัณฑ์ที่มีน้ำหนักมากกว่า 30 กิโลกรัม โอกาสที่ผลิตภัณฑ์ที่เคลื่อนย้ายโดยใช้แรงกระแทกจะตกที่ความสูงเท่าไร สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$h = 60 - \sqrt{m \times H}$$

เมื่อ h = ความสูงในการตก (หน่วยเป็น เซนติเมตร)

m = น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

H = มิติที่ยาวที่สุดของบรรจุภัณฑ์ (หน่วยเป็นเซนติเมตร)

จากตัวอย่าง เมื่อกำหนดให้บรรจุภัณฑ์ที่มีน้ำหนัก 30 กิโลกรัม และมีมิติที่ยาวที่สุด 30 เซนติเมตร จะมีโอกาสตกอย่างน้อยครั้งหนึ่ง ณ ความสูง 30 เซนติเมตร สำหรับการเคลื่อนย้ายโดยใช้เครื่องมือ เช่น รถยก โอกาสในการตกกระแทกจะมีน้อย แต่เมื่อบรรจุภัณฑ์นั้นเกิดตกลง ความสูงในการตกอาจจะสูงถึง 1.5 เมตร

สรุปว่าภาชนะบรรจุภัณฑ์เพียงอย่างเดียวไม่สามารถป้องกันความเสียหายให้กับสินค้าได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อ สินค้าที่บรรจุอยู่ภายใน มีความเปราะบาง แตกหักได้ง่าย และมีโอกาสที่จะตกกระแทกได้ง่าย ซึ่งจะทำให้สินค้าเสียหายได้ จึงจำเป็นต้องมีวัสดุกันกระแทกเข้ามาช่วย (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ร่วมกับบริษัท แพคแมทส์ จำกัด. 2541: 43)

1.2 วัสดุกันกระแทก (Cushion , Cushioning Materials)

คุณสมบัติของวัสดุกันกระแทก (Dynamic Compression Property Of Cushioning Materials) ที่มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่แตกหักเสียหายได้ง่าย เช่น เครื่องแก้ว เซรามิค เครื่องไฟฟ้า ชิ้นส่วนทางไฟฟ้า ต่างๆ เป็นต้น จำเป็นต้องอาศัยวัสดุกันกระแทก (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2529 : 20)

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ร่วมกับบริษัทแพคแมทส์ จำกัด (2541 : 43) สรุปวัตถุประสงค์ของการใช้วัสดุกันกระแทก คือ การป้องกันสินค้าหรือผลิตภัณฑ์จากความเสียหาย อันมีสาเหตุมาจากการตกกระแทกและหรือการสั่นสะเทือน ระหว่างการขนส่ง และการเคลื่อนย้าย ซึ่งวัสดุกันกระแทกที่จะทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายนั้นจะต้องทำหน้าที่ขึ้นพื้นฐาน ดังนี้

- วัสดุกันกระแทกต้องสามารถรับแรงกระแทก และป้องกันการส่งผ่านแรงกระแทกไปยังสินค้าหรือผลิตภัณฑ์

- ปกป้องสินค้าหรือผลิตภัณฑ์จากการเคลื่อนไหวภายในตัวภาชนะบรรจุภัณฑ์

มีวัสดุและวิธีการต่างๆ หลายประเภทที่สามารถนำมาเป็นวัสดุกันกระแทก งานของผู้บรรจุหีบห่อคือ

การเลือกวัสดุกันกระแทก ที่สามารถป้องกันสินค้าจากความเสียหายได้อย่างเพียงพอ ด้วยต้นทุนที่เหมาะสม เพื่อที่จะเลือกวัสดุกันกระแทกได้ถูกต้อง ปัจจัยในการพัฒนา มีดังนี้

- รูปทรง ขนาด และน้ำหนักของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์
- ความเปราะของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ในแง่ของการตกกระแทก และการสั่นสะเทือน ตัวอย่างเช่น ประเภทของการตกกระแทก และอัตราการทำลาย (Magnitude) ของการตกกระแทกซึ่งจะมีผลทำให้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์เสียหาย
- การตกกระแทก และการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในวงจรของกระบวนการขนส่ง และจัดจำหน่าย ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์ที่มีการเคลื่อนย้ายจากโกดังเก็บสินค้า ท่าเรือ และอื่นๆ และผลกระทบของสภาวะการขนส่งในรูปแบบต่างๆ
- คุณสมบัติ ต้นทุน และความสามารถในการจัดหาวัสดุกันกระแทกที่เลือกไว้
- ความต้องการของตลาดเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายของวัสดุกันกระแทกที่ใช้แล้ว ตัวอย่างเช่น ในประเทศเยอรมัน วัสดุบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดต้องสามารถหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งแน่นอนทำให้ต้นทุนเพิ่มขึ้น ดังนั้น การเลือกวัสดุกันกระแทกที่สามารถหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ได้ จะทำให้ผู้ส่งออกสามารถแข่งขันในตลาดได้มากกว่าที่จะเลือกวัสดุกันกระแทกที่ยากหรือลำบากต้องการหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่

1.2.1 หลักการทำงานของวัสดุกันกระแทก

วัตถุที่เคลื่อนที่ หรือตกจากที่สูงจะมีความเร็ว และความเร่ง เมื่อต้องการให้วัตถุนั้นหยุดเคลื่อนที่จะต้องใช้แรงมาต้านอัตราการสูญเสียความเร็วของวัตถุเรียกว่า ช็อก (Shock) วัตถุที่หยุดกะทันหันจะเกิดช็อกมากกว่าวัตถุที่ค่อย ๆ หยุด ช็อกที่เกิดขึ้นนี้จะแปรผันโดยตรงกับแรงที่มากระทำ ถ้าแรงกระทำนั้นมีมากเกินระดับที่วัตถุจะทนทานได้ ก็จะทำให้เกิดความเสียหายกับวัตถุนั้นๆ และวัสดุกันกระแทกจะต้องสามารถลดช็อกให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับวัตถุ โดยที่เมื่อภาชนะบรรจุสินค้าตกลงพื้นและหยุดนิ่ง ผลิตภัณฑ์ภายในยังเคลื่อนที่ได้อีกโดยแทรกเข้าไปในวัสดุกันกระแทก ทำให้ช็อกที่เกิดขึ้นลดลง

ในการหาค่าช็อก ที่วัตถุทนทานได้สูงสุด จะวัดเป็นค่าความหน่วง (Deceleration) โดยจะคำนวณเป็นจำนวนเท่าของค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ($g = 32.2$ ฟุตต่อวินาที² หรือ 980 เซนติเมตรต่อวินาที²) และเรียกว่า G – Factor สินค้าที่มีความเปราะบางสูงจะมีค่า G ต่ำ ดังเช่น

	G	Factor
เครื่องอิเล็กทรอนิกส์ที่บอบบางมาก ๆ	<	25
อุปกรณ์ไฟฟ้าพื้นฐาน เช่น โวลต์มิเตอร์	26	– 50
วิทยุ โทรทัศน์	51	– 75

1.2.2 การเลือกวัสดุกันกระแทก

การเลือกวัสดุกันกระแทกจะต้องพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกันทั้งตัวผลิตภัณฑ์เองและตัววัสดุกันกระแทกโดยอาศัยหลักการดังนี้

- ความเปราะ (Fragility) ของผลิตภัณฑ์ อาจจะกล่าวได้ว่า เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการเลือกใช้วัสดุกันกระแทก ผลิตภัณฑ์ที่มีความเปราะสูงหรือค่า G ต่ำ ต้องการวัสดุกันกระแทกที่ดูดซับช็อกได้สูง
- น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ เมื่อวัตถุตกลงถึงพื้น น้ำหนักของวัตถุจะกดลงบนวัสดุกันกระแทก หากน้ำหนักมีค่ามาก ๆ แรงอัดที่เกิดกับวัสดุกันกระแทกจะสูงจนอาจถึงระดับที่ความสามารถในการดูดซับแรงหรือช็อกหมดไป ดังนั้นเมื่อผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักมาก ความแข็งแรงและความหนาของวัสดุกันกระแทกจะต้องเพิ่มขึ้น
- ความยืดหยุ่น (Resiliency) ของวัสดุกันกระแทก วัสดุที่สามารถคืนกลับรูปร่างเดิมหลังจากเอาแรงกดออกไปแล้ว เรียกว่ามีความยืดหยุ่น วัสดุกันกระแทกที่ดีมีความยืดหยุ่นสูง
- ความคงตัวหลังการอัด (Compression Set) เมื่อให้แรงกดบนวัสดุกันกระแทก ความหนาจะลดลงเมื่อเอาแรงนี้ออกไปแล้ว ความแตกต่างของความหนาเดิมกับความหนาหลังการอัด เรียกว่าความคงตัวหลังการอัด

ในการกำหนดค่าความคงตัวหลังการอัด จะต้องพิจารณาถึงแรงกระทำ ชนิดของวัสดุกันกระแทกอุณหภูมิที่ให้แรงกด และเวลา

- ความหนาแน่น (Density) วัสดุที่มีความหนาแน่นสูง ความยืดหยุ่นจะต่ำ การเลือกค่าความหนาแน่นของวัสดุกันกระแทกจะขึ้นกับ น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ วัสดุที่มีความหนาแน่นสูงจะมีความต้านทานต่อแรงกระทำมาก
- คุณสมบัติอื่น ๆ ที่อาจต้องนำมาพิจารณาในบางกรณี เช่น ความทนไฟ ความเป็นกรด - เบส ความสามารถดูดซับน้ำ การเกิดสนิม การถูกทำลายด้วยจุลินทรีย์ เป็นต้น (มยุรี ภาคกล้าเจียก และอมรรัตน์ สวัสดิ์ทัด. 2533: 137)

สรุปคุณสมบัติเบื้องต้น ในการเลือกหรือเป็นข้อกำหนดเพื่อการพิจารณาเลือก วัสดุกันกระแทก คือ ความยืดหยุ่น ความคงตัวหลังการอัด ความหนาแน่น การต้านแรงตกกระแทก แรงสั่นสะเทือน และยังต้องพิจารณาถึงความเปราะบางของสินค้าด้วย

2. ผลกระทบของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ทำจากพลาสติกต่อสิ่งแวดล้อม

เมื่อพิจารณาลอตวัฏจักรของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ทำจากพลาสติก สามารถแบ่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้เป็น 5 ระยะ คือช่วงก่อนการผลิต ในระหว่างการผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการทิ้งหลังจากใช้งาน ในที่นี้รายงานเฉพาะผลกระทบในระหว่างการผลิต การใช้งาน และหลังจากทิ้งผลิตภัณฑ์แล้วเท่านั้น (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2539 : 15 - 19)

2.1 ผลกระทบในระหว่างการผลิต

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก เริ่มจากการใช้ความร้อนหลอมเหลวก่อนแล้วจึงนำมาเข้าแม่พิมพ์ และใช้น้ำหล่อเย็นเพื่อจะให้ชิ้นงานคงรูปก่อนแกะออกจากแม่พิมพ์ ขั้นตอนการตกแต่งชิ้นงานจะมีเศษพลาสติกออกมาด้วย ในขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ เหล่านี้อาจสามารถทำให้เกิดมลภาวะทางน้ำ อากาศและด้านขยะมูลฝอย ได้ดังนี้

- การฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองต่าง ๆ จากขั้นตอนของกระบวนการผลิต ในการนำวัตถุดิบคือเม็ดพลาสติกเข้าสู่กระบวนการผลิตนั้นอาจทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นจากเม็ดพลาสติก โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบที่อยู่ในรูปของผง เช่น ผงเมลามีน การแก้ไขสามารถบำบัดโดยใช้วิธีเครื่องกรองฝุ่น

- กลิ่นรบกวน ก่อนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติก ไม่ว่าจะเป็นวิธีเป่าหรือฉีดนั้น จะต้องนำพลาสติกมาให้ความร้อน เพื่อให้หลอมละลายเป็นของเหลวก่อนนำไปขึ้นรูป ในขั้นตอนนี้จะเกิดกลิ่นรบกวน ซึ่งเป็นสารจำพวกเมทิลเมทาคริเลต (Methyl Metacrylate) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิต ผลิตภัณฑ์เมทิลเมทาคริเลตเป็นสารที่มีอันตรายถ้าร่างกายได้รับสารนี้จำนวนมากในช่วงระยะเวลาสั้น จะมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ ผิวหนังและตา ทำให้เกิดความซึมเซา และถ้าได้รับในปริมาณมาก ๆ จะทำให้หมดสติได้ ในกรณีที่ได้รับสารนี้จำนวนมากในช่วงระยะเวลานาน จะมีอาการเป็นผื่นขึ้นที่ผิวหนังด้วย

- เสียงดังรบกวน เกิดจากการทำงานของเครื่องจักรในการผลิต จะมีเสียงรบกวนเกิดขึ้น อาจก่อให้เกิดความรำคาญแก่ประชาชนข้างเคียงได้

- ความร้อนจากเครื่องจักรและน้ำหล่อเย็น ในกระบวนการผลิต ขั้นตอนที่ใช้ความร้อนคือ การหลอมเม็ดพลาสติกจากของแข็งให้เป็นของเหลวซึ่งใช้อุณหภูมิสูง ดังนั้นทำให้เกิดความร้อนภายในโรงงานได้ เวลาฉีดพลาสติกที่หลอมเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์แล้ว เมื่อต้องการให้ชิ้นงานเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วเพื่อให้เกิดการคงรูปจะต้องใช้น้ำหล่อเย็นแบบพิมพ์นั้น โรงงานพลาสติกส่วนใหญ่มักใช้ระบบที่หมุนเวียนน้ำเข้ามาใช้ในเครื่องทำความเย็น จึงทำให้การปล่อยน้ำร้อนทั้งออกสู่ภายนอกระบบมีค่อนข้างน้อย

- น้ำเสีย โรงงานพลาสติกเป็นโรงงานที่ใช้น้ำในกระบวนการผลิตน้อยมาก น้ำเสียจากกระบวนการผลิตจากการล้างเครื่องจักรโรงงาน ชิ้นงาน ซึ่งน้ำทิ้งเหล่านี้ อาจมีเศษพลาสติก สี เม็ดพลาสติก ปนมากับน้ำได้

- ขยะจากเศษพลาสติก เศษพลาสติกเกิดขึ้นจากการตัดแต่งชิ้นงานบางส่วนสามารถนำกลับไปใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตได้ แต่ส่วนที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ จะกลายเป็นขยะที่ต้องกำจัดต่อไป ข้อจำกัดของการนำของเสียประเภทนี้กลับมาใช้ใหม่คือคุณภาพของพลาสติก การนำของเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตกลับมาใช้ใหม่ได้รับการพัฒนามากกว่าการนำพลาสติกที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่

- สารเคมีตกค้าง ปกติพลาสติกโดยลำพังจะมีสมบัติไม่ติดไฟที่จะนำไปใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นในการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกจึงจำเป็นต้องใส่สารเติมแต่งเพื่อปรับสมบัติของพลาสติกให้ได้ตรงตามความต้องการ สารเติมแต่งนี้ส่วนใหญ่เป็นสารเคมีโมเลกุลเล็ก ฉะนั้นจึงอาจเป็นอันตรายได้ ได้แก่

- สารคงสภาพ (Stabilizer) ใช้เพื่อป้องกันหรือลดการสลายตัวของพลาสติก เช่น สารพวกฟีนอล หรือเอมีน สารประกอบของตะกั่ว แคดเมียม ดีบุก สารประกอบอ็อกไซด์

- พลาสติไซเซอร์ ใช้เพื่อทำให้พลาสติกอ่อนตัวลง หรือช่วยให้พลาสติกไหลขึ้นรูปได้ง่ายขึ้น เช่น

สารพวกฟอสฟอริก เอสเตอร์ ทาลิกเอสเทอร์ หรือ โพลีเอสเตอร์ พลาสติกที่ใช้พลาสติกไซเซอร้มาก คือ โพลีไวนิลคลอไรด์

- ตัวเติม ใช้เพื่อช่วยให้สมบัติเชิงกลดีขึ้น เช่น ความแข็ง ความแข็งแรง หรือช่วยเพิ่มเนื้อเพื่อลดต้นทุนการผลิต เช่น ไบแก๊ว ผงโลหะ แป้ง แคลเซียมคาร์บอเนต
- สี มีทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ สีหลายชนิดเป็นพิษต่อร่างกาย เช่น สารประกอบของแคดเมียม (สีเหลือง) สารประกอบของโครเมียม (สีเขียว)
- สารหล่อลื่น และ สารลดการติดแม่พิมพ์ ใช้เพื่อช่วยในการแปรรูปพลาสติก เช่น ซิลิโคน

ซิงก์สเตียเรต

อย่างไรก็ตามแม้สารเติมแต่งเหล่านี้บางตัวเป็นสารมีพิษ แต่ไม่ได้หมายความว่า ผลิตภัณฑ์พลาสติกจะกลายเป็นวัตถุมีพิษเสมอไป ทั้งนี้เนื่องจาก ปริมาณสารเติมแต่งที่ใช้อยู่ในเกณฑ์ต่ำมากคือ เพียงร้อยละ 0.1 - 1 โดยน้ำหนักเท่านั้น และพิษของสารเติมแต่งต่อร่างกายจะเกิดขึ้นได้ เมื่อสามารถเข้าสู่ร่างกาย นั่นคือสารเหล่านี้ต้องหลุดออกมาที่ผิวผลิตภัณฑ์พลาสติก หรือไม่ก็ต้องละลายได้ในของเหลวที่สัมผัสผลิตภัณฑ์พลาสติกอยู่

2.2 ผลกระทบในระหว่างการใช้งาน

ในขั้นตอนการผลิตพลาสติกมีการใช้เคมีวัตถุ เช่น สารเร่งปฏิกิริยา มอนอเมอร์ โลหะหนัก และสี ที่มักจะเป็นสารที่มีความเป็นพิษหลงเหลืออยู่และอาจหลุดหรือเคลื่อนย้ายจากพลาสติกลงสู่สิ่งที่บรรจุอยู่ โดยเฉพาะการปนเปื้อนในอาหาร ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ที่บริโภคอาหารนั้นได้ อีกประการหนึ่งคือ อันตรายที่เกิดจากการสัมผัสกับภาชนะพลาสติก ตลอดจนของเด็กเล่น หรือเครื่องใช้สำหรับเด็กที่ทำจากพลาสติก เป็นต้น จากการตรวจวิเคราะห์ภาชนะที่ทำจากโพลิโพรพิลีน โพลิเอทิลีน โพลิสไตรีน เมลามีน และโพลิคาร์บอเนต ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ พบว่ามี พลาสติกไซเซอร์ สารคงสภาพ สารหล่อลื่น และสีซึ่งเป็นสารเจือปนที่เติมในกระบวนการผลิตละลายออกมา นอกจากสารเจือปนที่เติมลงในพลาสติกแล้ว พลาสติกบางชนิดจะสลายตัวเมื่อถูกความร้อน ซึ่งอาจก่อให้เกิดพิษต่อร่างกาย

2.3 ผลกระทบจากการทิ้งหลังใช้งาน

ขยะพลาสติกที่ใช้แล้วมีแหล่งกำเนิดจากหลายๆ แหล่งดังนี้

- ขยะชุมชน ส่วนใหญ่ของปริมาณขยะพลาสติกทั้งหมด มาจากขยะชุมชนซึ่งรวมถึงขยะจากบ้านเรือนและขยะจากธุรกิจขนาดเล็ก
- ขยะจากโรงงานอุตสาหกรรมและการจัดจำหน่าย รวมถึง ถัง ถัง สำหรับอุตสาหกรรมอาหารและสารเคมี ลัง อุปกรณ์ในโรงงานที่ไม่ใช้แล้ว เป็นต้น พลาสติกที่ใช้ส่วนใหญ่คือ พลาสติก PE, PP, PS และ PVC
- ขยะจากรถยนต์ ส่วนประกอบของรถยนต์ ร้อยละ 15 - 20 มีส่วนประกอบของวัสดุที่ไม่ใช่เหล็ก ได้แก่ แก้ว พลาสติก ยาง เป็นต้น พลาสติกบางชนิดสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้
- ขยะจากการก่อสร้าง
- ขยะจากการกสิกรรม พลาสติกที่ใช้ในการกสิกรรม ได้แก่ พลาสติก PE, PP, PS และ PVC แบ่งเป็นพลาสติกที่มีช่วงระยะเวลาในการย่อยสลายสั้นจนถึงปานกลาง ยกตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ที่มีช่วงอายุการใช้

งานสั้น ได้แก่ ฟิล์มพลาสติกสำหรับคลุมโรงเรือนและกองปุ๋ย ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีช่วงอายุการใช้งานปานกลาง ได้แก่ ท่อ วาล์ว แทงก์ ถัง เป็นต้น

- ของเสียจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ เช่น สถานพยาบาล ซึ่งขยะประเภทนี้ จัดว่าเป็นขยะอันตราย ต้องการวิธีการกำจัดเป็นพิเศษ การนำขยะประเภทนี้กลับมาใช้ใหม่ต้องมีกระบวนการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโรคที่เหมาะสม

2.4 ผลกระทบของพลาสติกที่เกิดขึ้นหลังจากใช้งานแล้ว มีดังต่อไปนี้

- ปัญหาการตกค้างของมูลฝอยจากพลาสติกในสิ่งแวดล้อม และก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา เช่น

- เกิดภาวะมลพิษทางสายตา
- การอุดตันของท่อระบายน้ำ
- พลาสติกที่ตกค้างตามผิวหน้า และในทางเดินน้ำ เช่น แม่น้ำลำคลอง อาจทำให้การจราจรทางน้ำติดขัดได้

- พลาสติกที่ปนกับขยะตามบ้านทำให้เกิดปัญหา เมื่อนำขยะเหล่านั้นไปทำปุ๋ยอินทรีย์แล้ว ไม่สลายตัวเหมือนขยะอื่นๆ

- พลาสติกที่ฝังทับถมกัน在地 จะทำให้เกิดปัญหาในเรื่องการเพาะปลูก กล่าวคือรากไม้สามารถงอกเข้าไปในดินได้สะดวก ทำให้ต้นไม้ตายได้ ซึ่งจะส่งผลผลิตทางการเกษตรเสียหาย

- เมื่อตกค้างอยู่ในทะเล ก็จะอยู่ในทะเลเป็นเวลานาน และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล ในอ่าวไทยนอกเหนือจากปลาและสัตว์ทะเลที่ได้จากการลากอวนหน้าดินแล้ว ก็ยังมีเศษพลาสติกปนมาด้วย และมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น

- ปัญหาการไม่ย่อยสลายของมูลฝอยพลาสติก เนื่องจากพลาสติกเป็นสารที่สลายตัวได้ยาก ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการทางเคมี (เช่น การละลายน้ำ อิทธิพลของความร้อน แสงหรือสารเคมี) หรือกระบวนการทางกายภาพ (เช่น การสึกกร่อนโดยลม) หรือกระบวนการทางชีวภาพ (เช่น การย่อยสลายของแบคทีเรียหรือเชื้อรา) หากไม่มีการจัดเก็บขยะพลาสติกอย่างเหมาะสม จะก่อให้เกิดปัญหาการตกค้างของมูลฝอยจากพลาสติกในสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้พลาสติกมีความหนาแน่นต่ำ ฉะนั้น อัตราส่วนของปริมาตรต่อน้ำหนักจึงมีค่าสูง แต่ด้วยเหตุผลที่พลาสติกมีน้ำหนักเบา มูลฝอยจากพลาสติกจึงมีปริมาณมากและกินเนื้อที่มากเมื่อเทียบกับมูลฝอยจากวัสดุอื่นที่มีน้ำหนักเท่ากัน ทำให้เป็นปัญหาต่อการกำจัดมูลฝอยจากพลาสติกด้วยอีกสาเหตุหนึ่ง

- ปัญหาต่อระบบการจัดขยะพลาสติก โดยทั่วไปในการกำจัดมูลฝอย มีวิธีการกำจัดที่ถูกต้องตามหลักวิชาการอยู่ 3 วิธี คือการหมักทำปุ๋ย การเผาในเตาเผา และการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล พลาสติกเป็นสารที่ย่อยสลายได้ยาก ไม่สามารถกำจัดโดยวิธีการหมักทำปุ๋ยได้ จึงถูกกำจัดโดยวิธีการฝังกลบหรือการเผา วิธีการฝังกลบเริ่มมีปัญหาเนื่องจากความต้องการใช้ที่ดินเป็นจำนวนมากในการฝังกลบมูลฝอยที่มีพลาสติกปนอยู่ ทั้งนี้เพราะพลาสติกเป็นสารที่ย่อยสลายได้ยาก เมื่อฝังกลบลงใต้ดินแล้ว จะทำให้สถานที่กำจัดหมดอายุการใช้งานเร็วขึ้น ต้องหาที่กำจัดแห่งใหม่อยู่บ่อยครั้ง นอกจากนี้การย่อยสลายพลาสติกในหลุม

ฝัองลบจะเห็นไปอย่างช้าๆ ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาการชะล้างของสารเคมีหรือโลหะหนักที่เดิมเข้าไปในเนื้อพลาสติกสู่น้ำใต้ดินได้ สำหรับการกำจัดขยะโดยวิธีการเผาในเตาเผา นั้น สามารถใช้กำจัดมูลฝอยที่มีพลาสติกปนอยู่ได้ แต่ต้องออกแบบเตาเผาพิเศษมีการควบคุมก๊าซพิษที่เกิดจากการเผาอย่างดี หากไม่มีการควบคุมที่ดี อาจก่อให้เกิดปัญหาถ้าที่เกิดจากการเผา และปัญหามลพิษทางอากาศได้ เช่น

- การปนเปื้อนของโลหะหนัก เช่น แคดเมียม ตะกั่ว ดีบุก สังกะสี
- ไฮโดรเจนคลอไรด์ และไฮโดรเจนฟลูออไรด์ ซึ่งมีสมบัติเป็นกรดแก่
- ไดออกซิน ฟุน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ปัญหามลพิษที่เกิดขึ้น หากมีการใช้อุปกรณ์ดักจับสารมลพิษ (Scrubber) จะช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้

ตาราง 1 ผลกระทบของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปทำจากพลาสติกต่อสิ่งแวดล้อม

	วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปทำจากพลาสติก					
	ก่อนผลิต		ขณะผลิต	ขณะขนส่ง	ขณะใช้	ทิ้งหลังใช้
	พลาสติกใหม่	พลาสติกใช้แล้ว				
การใช้ทรัพยากร (resource use)						
- วัตถุดิบ	○ 1	● 2	● 1	○ 1	X	X
- พลังงาน						
- น้ำ						
การเกิดวัตถุมีพิษ (hazardous substance)	○ 3	○ 3	● 3	-	X	○ 7
การปล่อยของเสียไปสู่ (emission/release of pollutant into)						
- อากาศ	X	○	● 4*	○	X	X
- น้ำ	● 5*	● 5*	X	-	X	X
- ดิน	X	●	X	-	X	X
ขยะมูลฝอย/ของเสีย (waste)	X	● *	● *	-	X	● *
มลภาวะอื่นๆ (other impact)						
- เสียง	● 6*	● 6*	● 6*	-	X	X
- กลิ่น	○	○	○	-	X	X
- แสง/ความร้อน	● *	● *	● *	-	X	X
ความเหมาะสมสำหรับการใช้ (fitness for use)	-	-	-	-	● **	-
ความปลอดภัย (safety)	● *	● *	● *	-	● **	-

ที่มา : สำนักงานเลขานุการโครงการฉลากเขียว. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์

อุตสาหกรรม. (2539).

หมายเหตุ ดัดแปลงจาก Sample Impact Matrix ของ Marbek Resource Consultan, แคนาดา และ
Environmental Label Test Chart ของโครงการ Blue Angel, เยอรมัน

- มีผลกระทบ ต้องพิจารณาในการออกข้อกำหนด
- มีผลกระทบ แต่ไม่รวมอยู่ในข้อกำหนด
- X ไม่เกี่ยวข้อง
- 1 มีการใช้พลังงาน
- 2 มีการใช้วัตถุดิบ น้ำมันดิบ พลังงาน
- 3 สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต
- 4 การระเหยของสารคงสภาพ
- 5 น้ำล้างจากกระบวนการผลิต
- 6 เสียงจากเครื่องจักรในกระบวนการผลิต
- 7 หากไม่มีการกำจัดที่ถูกต้อง อาจเกิดมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม เช่น ไดออกซินจากการเผาพลาสติก
- * มีข้อบังคับตามพระราชบัญญัติโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม และ/หรือ ประกาศกระทรวงมหาดไทย
- ** มีข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

สรุปผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติก ทำให้เกิดมลพิษหรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นทางตรงหรือทางอ้อม เช่น การทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก ความร้อนไม่สามารถสะท้อนออกไปนอกโลกได้ การได้รับพิษอย่างเฉียบพลันและการเกิดพิษอย่างช้าๆ จากการสัมผัสขยะจากพลาสติก หรือผู้ใช้แรงงานในโรงงานผลิตพลาสติก ทำให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคตับอย่างเฉียบพลัน

3. วัสดุกันกระแทกที่ใช้และวัสดุกันกระแทกที่ง่ายต่อการย่อยสลาย

3.1 วัสดุกันกระแทกที่ใช้

สามารถผลิตจากวัสดุภัณฑ์ต่างๆ มากมาย ตัวอย่างวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้ ได้แก่

3.1.1 พลาสติกฟองอากาศ (Air Bubble Film)

ทำจากฟิล์มโพลีเอทิลีน (Polyethylene) 2 ชั้น และนำมาประกบกันเพื่อให้เกิดฟองอากาศเล็กๆ ระหว่างชั้น จะส่งมาเป็นมันๆ เพื่อไว้ห่อสิ่งของ เช่น เซรามิก และหัตถกรรม พลาสติกฟองอากาศสามารถใช้ห่อชั้นของผลิตภัณฑ์ภายในบ้าน เช่น ตู้เย็น ซึ่งต้องขนส่งบนแท่นรองรับสินค้า พลาสติกฟองอากาศมีคุณสมบัติเหนียวสะอาดและไม่เกิดสนิม ไม่ดูดซับความชื้น จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุกันกระแทกสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการป้องกันจากการตกกระแทกมากกว่าที่จะป้องกันจากการฉีกฉีกฉีก เนื่องจากเป็นมันทำให้สามารถใช้งานง่ายกับผลิตภัณฑ์รูปทรงและขนาดต่าง ๆ และ ง่ายต่อการนำกลับไปใช้ใหม่

3.1.2 โฟม โพลียูรีเทน (Polyurethane Foam)

โฟม โพลียูรีเทน (Polyurethane) หรือเรียกกันว่า “foam-in-plate” มีโครงสร้างแบบเซลล์ปิด ยอมให้อากาศผ่านเข้าออกได้ดีจึงทำให้เป็นวัสดุกันกระแทกที่ดี และไม่ดูดซึมความชื้น วิธีการใช้ “foam-in-plate” คือ ขั้นแรกนำผลิตภัณฑ์ใส่ในถุงพลาสติก เช่นถุง Polyurethane เพื่อป้องกันโฟมติดกับผลิตภัณฑ์ ขั้นต่อมา นำผลิตภัณฑ์ที่ห่อแล้ววางลงในกล่องที่จะมีการขนส่ง และขั้นตอนสุดท้ายคือบรรจุช่วงล่างภายในกล่องตัวโฟม โพลียูรีเทน

ดังนั้นผลิตภัณฑ์และกล่องจะทำหน้าที่เหมือนเป็นแม่พิมพ์ การดำเนินงานง่ายและสามารถกระทำได้ด้วยเครื่องผลิตโฟมแบบใช้มือถือ การนำกลับไปใช้ใหม่ของโฟมโพลียูรีเทน (Polyurethane) จะนิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีราคาแพงและรูปทรงต่างกัน ทำให้ไม่สามารถใช้วัสดุกันกระแทกแบบสำเร็จรูป โฟม โพลียูรีเทน (Polyurethane) มีโครงสร้างแบบเซลล์ปิดมีความสามารถในการคืนตัวจึงทำให้เป็นวัสดุกันกระแทกที่ดี มีน้ำหนักเบามาก มีความทนต่อสารเคมี โฟมโพลียูรีเทน (Polyurethane) ขยายในรูปก้อนขนาดใหญ่สามารถตัดให้เป็นขนาดเล็กได้ตามต้องการ

โฟมโพลียูรีเทน (Polyurethane) สามารถประยุกต์ใช้ได้หลายวิธี เช่น ใส่ตามมุมในบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง เป็นแผ่นห่อผลิตภัณฑ์ของเครื่องใช้ไฟฟ้า หัตถกรรม เป็นต้น

3.1.3 โพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว (Expanded polystyrene, EPS)

เป็นโฟมที่มีโครงสร้างแบบเซลล์ปิด น้ำหนักเบา และราคาถูกกว่าโฟมชนิดอื่นจึงได้รับความนิยมสูงสุดลักษณะการใช้งานมีทั้งที่เป็นแผ่นบาง (ความหนา 1 - 5 มม.)และ แผ่นหนา ซึ่งสามารถขึ้นรูปเป็นรูปทรงเฉพาะตามความต้องการ และเป็นชิ้นเล็กที่มีรูปร่างต่าง ๆ กัน โพลิสไตรีนที่ยังไม่ได้ผ่านการผสมสารอื่นลงไปมีสมบัติแข็ง ไม่ยืดหยุ่นและเปราะ สามารถละลายในตัวทำละลายนานาชนิด (ซีวีแอล เจน วาณิชย์. 2526 : 155) คุณสมบัติเด่นของ EPS คือ เป็นฉนวนความร้อนที่ดีมาก สามารถรับน้ำหนักสูง ๆ ได้ดี และมีน้ำหนักเบาที่สุดในบรรดาโพลิเมอร์ชนิดแข็ง มีความถ่วงจำเพาะ 0.89 - 1.1 มีความหดตัวน้อยมาก (สุรศักดิ์ มีวงศ์. 2542 : 10 - 19) แต่มีข้อเสียคือ มีความต้านทานต่อตัวทำละลายต่ำ EPS เหมาะกับการดูดซับช็อกเมื่อมีการตกกระแทกเพียงครั้งเดียวและเมื่อน้ำหนักมีค่าสูง ๆ อย่างไรก็ดีในการออกแบบขนาดและรูปร่างของแผ่นโฟม EPS ที่จะใช้สำหรับสินค้าชนิดหนึ่ง ๆ จำเป็นต้องศึกษาสภาวะการขนส่งและความเปราะบางของสินค้า เพื่อหาขอบเขตความเสียหายของสินค้านั้นเสียก่อน หากใช้ EPS ชนิดเป็นชิ้นเล็ก ๆ มักจะต้องใช้ในปริมาณที่มากกว่าค่าที่คำนวณได้ร้อยละ 12 - 14

โพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว มีคุณสมบัติเป็นวัสดุกันกระแทกได้พอใช้ แต่เมื่อเทียบกับราคาที่ถูกกว่าวัสดุกันกระแทกประเภทอื่นๆ ทำให้เป็นที่นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น เครื่องแก้วและเซรามิก ตู้โทรศัพท์และเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยการนำมาบรรจุในช่องว่างระหว่างบรรจุภัณฑ์และตัวผลิตภัณฑ์เพื่อการขนส่งซึ่งสามารถต้านแรงกด ด้านแรงตกกระแทกเมื่อตก และด้านแรงสั่นสะเทือนอยู่ในระดับดี (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ร่วมกับบริษัทแพคแมทส์ จำกัด. 2541 : 45 - 46)

3.1.4 โพลีเอทิลีนที่ขยายตัวแล้ว (Expanded polyethylene, EPE)

เป็นโฟมชนิดเซลล์ปิดเช่นกัน ลักษณะการใช้งานมีเป็นแผ่นบาง แผ่นหนา และที่ขึ้นรูปด้วย

ความร้อน คุณสมบัติเด่นของ EPE คือ รับแรงกระแทกได้สูง มีความต้านทานต่อสารเคมีและตัวทำละลาย มีความทนทานต่อสภาวะอากาศที่เปียกชื้นได้ดี แต่มีข้อเสียคือ จะเกิดออกซิเดชันได้ง่ายเมื่ออุณหภูมิของสภาวะสูง EPE เหมาะกับการดูดซับช็อกเมื่อมีการตกกระแทกหลายครั้ง นอกจากนี้ยังใช้ได้ดีเมื่อผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องเก็บรักษาหรือขนส่งเป็นระยะเวลานาน

3.1.5 โพลียูรีเทน (Polyurethane, PU)

โฟมโพลียูรีเทน มีความสามารถที่จะทนต่อกรดและด่างอ่อน น้ำมันและสารละลายทั่วๆ ไป แต่ไม่ทนต่อกรด ด่างแก่ และสารละลายพวกมีขี้ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2533 : 16) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- ชนิดเอสเทอร์ มีความอ่อนนุ่ม สลายตัวได้ง่ายภายใต้อุณหภูมิและความชื้นสูง
- ชนิดอีเทอร์ มีทั้งแบบอ่อนนุ่ม กึ่งแข็ง และแข็ง

สิ่งที่ทำให้ PU มีความแตกต่างกันในด้านความอ่อนนุ่ม หรือความแข็งคือ โครงสร้างของเซลล์ในเนื้อโฟมนั้น กล่าวคือ ถ้าเป็น PU ที่อ่อนนุ่มจะมีเซลล์ปิด แต่ถ้าเป็นลักษณะกึ่งแข็ง ก็จะมีเซลล์ปิดอยู่บางส่วน และถ้าเป็นโฟมแข็งก็จะมีเซลล์ปิดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 โดยทั่วไป PU ที่อ่อนนุ่มมักมีชื่อเรียกว่า "ฟองน้ำ" ข้อดีของ PU คือ มีหลายคุณลักษณะให้เลือกใช้ เหมาะกับการดูดซับช็อกเมื่อน้ำหนักต่ำ ๆ แต่มีข้อเสียคือ ดูดซึมน้ำได้ (ประมาณร้อยละ 5) ไม่มีคุณสมบัติในการป้องกันการสึกกร่อนให้กับสินค้า จึงไม่เหมาะกับการใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องเก็บรักษา และขนส่งเป็นระยะเวลานาน

พลาสติกที่ใช้ทำโฟมที่สำคัญได้แก่ Polyurethane แม่แบบหรือทำให้ฟูอิสระ ชั่นงานโฟมจะมีความเครียดภายในน้อยมาก และ Polystyrene เทคนิคการทำโฟมนั้น เริ่มต้นมาตั้งแต่ราว ๆ ปีคริสต์ศักราช 1950 ซึ่งในครั้งแรกผลิตได้เฉพาะโฟมที่มีความหนาแน่นสม่ำเสมอเท่านั้น โฟมทั้งสองชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้ทำเป็นฉนวนความร้อน วัสดุหีบห่อ (บรรเลง ศรีนิล. 2540 : 190) ในการนำแผ่นโฟมมาแปรรูปเป็นรูปทรงต่างๆ กรรมวิธีที่นิยมใช้ที่สุดได้แก่ การขึ้นรูปร้อน เพราะเป็นวิธีไม่ยุ่งยาก อีกทั้งการลงทุนไม่สูงมาก หลักการง่าย ๆ คือ ให้ความร้อนแก่แผ่นโฟมเพื่อให้อ่อนตัวแล้วขึ้นรูปตามแม่พิมพ์ที่สร้างไว้โดยใช้สูญญากาศและความดัน จากนั้นทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว มีผลให้โฟมกลับแข็งตัวดังเดิม ขั้นตอนสุดท้ายคือการตกแต่งชิ้นงาน ตัดส่วนที่เกินออกไป การออกแบบสร้างแม่พิมพ์นั้นนับว่ามีความสำคัญต่อความสวยงามและการใช้งานของบรรจุภัณฑ์โฟม ดังนั้นจึงควรให้ความรู้พิถีพิถันในเรื่องนี้เป็นพิเศษ วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์อาจเป็นไม้ พลาสติก หรือโลหะก็ได้ แต่ถูลมเนียมจัดได้ว่าเป็นวัสดุที่ดีที่สุด (มยุรี ภาคลำเจียก และอมรรัตน์ สวัสดิ์ทิต. 2533 : 127)

คุณสมบัติเด่นของโฟมที่เหนือวัสดุประเภทอื่นคือ มีความหนาแน่นต่ำ น้ำหนักเบา และมีความยืดหยุ่น ส่วนคุณสมบัติอื่น ๆ ขึ้นกับลักษณะการใช้งานที่ต้องการ กล่าวคือถ้านำมาขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารก็ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการสัมผัสกับอาหาร ความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ การดูดซึมน้ำและน้ำมัน ลักษณะของผิว เป็นต้น แต่หากนำไปใช้เป็นวัสดุกันกระแทกก็มักคำนึงถึงการดูดซับช็อก (Shock) อันเนื่องมาจากแรงกระแทกอย่างรุนแรงและแรงในการกดทับเป็นหลัก สรุปคุณสมบัติของโฟมที่ใช้กันมาก ได้แสดงในตาราง 2

ตาราง 2 คุณสมบัติของโพนี่ขึ้นรูป

คุณสมบัติ	EPE	EPS	PU
การดูดซับแรงกระแทก (Shock Load)	ดีมาก	ไม่ดี	ดีเยี่ยม
- น้ำหนักกดทับต่ำกว่า 5.5 กิโลปาสคาล	พอใช้	ดีเยี่ยม	ไม่ดี
- น้ำหนักกดทับมากกว่า 5.5 กิโลปาสคาล	ดีเยี่ยม	ไม่ดี	ดี
คุณสมบัติในการตกกระแทกหลายครั้ง	ดีเยี่ยม	ไม่ดี	ดี
ความสามารถในการขึ้นรูปให้เข้ากับรูปร่างสินค้า	ดี	ดี	ดี
ความเรียบของผิวหน้า	ดี	ดีเยี่ยม	ดี
การต้านแรงดึง	ดี	ไม่ดี	ดี
ความเหนียว	ดี	ไม่ดี	ดี
ความไวต่อความร้อน	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
การดูดซึมน้ำ	ต่ำ	ต่ำ	สูง
ความต้านทานต่อแรงกดแบบคงที่ (Statics)	ต่ำ	ต่ำ	สูง
ความต้านทานต่อการคืบ (creep)	พอใช้	ดีเยี่ยม	ไม่ดี
การต้านแรงกด	ปานกลาง	สูง	ต่ำ
ความหนาแน่น กก./ลบ.ซม.	30	19	
น้ำหนักที่เหมาะสม กิโลปาสคาล (ความหนา 51 มม. ความสูงในการตก 762 มม.)	0.41	8.28	

ที่มา : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย. (2533).

สรุปจากคุณสมบัติ ของวัสดุกันกระแทกที่ทำจากโพลีสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว (EPS) สามารถดูดซับแรงกระแทกได้ดี รับแรงกดได้ดี สามารถรับแรงสั่นสะเทือนได้ดีเช่นกัน มีน้ำหนักเบาและมีราคาต่ำเมื่อเทียบกับวัสดุกันกระแทกชนิดอื่นๆ

3.2 วัสดุกันกระแทกที่ง่ายต่อการย่อยสลาย

วัสดุกันกระแทกที่ง่ายต่อการย่อยสลายได้มีการใช้นานมาแล้ว และมีหลากหลายชนิด ซึ่งขอยกตัวอย่างพอสังเขปดังนี้

3.2.1 ฟางข้าว

มีการใช้กันมานานแล้ว ปัจจุบันพบน้อยที่ใช้กันอยู่ เช่น ใช้กับเครื่องแก้ว กระเบื้อง เช่น

ถ้วย ชามที่ราคาไม่สูง นอกจากนี้ยังใช้กันระหว่างแผ่นกระจก ใช้ในการขนส่งไข่สด (ใส่ลังไม้) ผลไม้สด สาเหตุที่การใช้ฟางข้าวมีน้อยลงเนื่องจาก ฟางข้าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นที่ดีกว่า เช่น ทำเยื่อกระดาษ ฟางข้าวถูกทำลายด้วยจุลินทรีย์ได้ง่าย และมีเป็นฤดูกาลไม่แน่นอน ทำให้ไม่สะดวกในการใช้งาน

3.2.2 เยื่อและกระดาษ

เยื่อที่นำมาใช้ส่วนใหญ่เป็นเยื่อกระดาษเก่าหรือเยื่อที่ไม่ค่อยแข็งแรง นิยมนำมาขึ้นรูปเป็น แผ่น หรือถาด หรือกล่อง เช่น กล่องไข่ ถาดรองผลไม้ ส่วนกระดาษมีการใช้งานหลากหลาย เช่น

- ใช้ห่อกันการขูดขีดและการกระแทก
- เศษกระดาษตัดฝอย ใช้กับเครื่องแก้ว กระเบื้อง ผลไม้ ฯลฯ
- กระดาษลูกฟูก ใช้กระดาษลอนลูกฟูกหรือกระดาษลูกฟูกชนิดหน้าเดียว
- ใช้ทำกระดาษกันช่องในกล่อง (Partition) หรือภาชนะชั้นใน (Inner Pack)

3.2.3 กระดาษลูกฟูก

สำหรับกระดาษลูกฟูกแบบ 3 ชั้น นิยมใช้เป็นแผ่นรองหรือแผ่นแยกและแผ่นกันหรือใส่กล่อง เพื่อที่จะเก็บหรือยึดผลิตภัณฑ์ให้อยู่กับที่ในบรรจุภัณฑ์ สำหรับกระดาษลูกฟูกแบบ 2 ชั้น นิยมใช้เป็นกระดาษห่อ แต่กระดาษมีความสามารถในการรับแรงกระแทกจำกัด เนื่องจากไม่สามารถคืนตัวกลับสู่สภาพเดิมหลังจากมีการกระแทก นอกจากนี้กระดาษลูกฟูกจะดูดซึมความชื้นแล้วเปื่อย อย่างไรก็ตามกระดาษลูกฟูกง่ายต่อการหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่และมีราคาถูกจึงทำให้เป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย

ตัวอย่างการใช้กระดาษลูกฟูก ได้แก่ การใช้กระดาษลูกฟูกเป็นแผ่นกันเพื่อป้องกันบรรจุภัณฑ์แก้วกระเบื้องหรือกระแทกกัน และใช้ป้องกันผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงแปลก ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจากการเคลื่อนไหวตัวภายในกล่อง สำหรับกระดาษลูกฟูกแบบ 2 ชั้นยังนิยมใช้ในการห่อเฟอร์นิเจอร์ หรือชิ้นส่วนเครื่องจักร

3.2.4 กระดาษคราฟท์ (Kraft Paper)

ส่วนมากจะใช้กระดาษเก่าที่นำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) มาเป็นกระดาษห่อ กระดาษคราฟท์ จะมีความสามารถในการดูดซับแรงกระแทกจำกัด แต่มีข้อดีคือไม่ไวต่อความชื้นเหมือนกระดาษลูกฟูก วัสดุกันกระแทกที่ทำจากกระดาษง่ายต่อการนำกลับมาใช้ใหม่และได้รับการพัฒนาให้เป็นคู่แข่งกับพลาสติกฟองอากาศ (Air Bubble Film) และโฟมชนิดต่าง ๆ เพื่อทำให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้น

วัสดุกันกระแทกที่ทำจากกระดาษสามารถใช้กับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องคิดเลขพกพา เครื่องแก้ว ผลิตภัณฑ์หัตถกรรม เพราะว่าความยาวกระดาษสามารถปรับได้ตามความต้องการและมีความเหมาะสมในการใช้งานสำหรับรูปทรงและขนาดต่าง ๆ

3.2.5 เยื่อกระดาษขึ้นรูป

คุณสมบัติของเยื่อกระดาษขึ้นรูป คือ มีน้ำหนักเบาและไม่คืนตัวแต่สามารถขึ้นรูปตามต้องการได้ ความสามารถในการดูดซับแรงกระแทกมีจำกัด และมีความไวพอสมควรต่อความชื้นถ้าไม่ได้ผ่านกรรมวิธีการผลิตเพิ่มเติม เยื่อกระดาษขึ้นรูปจะป้องกันผลิตภัณฑ์ไม่ให้เคลื่อนไหวตัวภายในบรรจุภัณฑ์ และสามารถทำ

สามารถทำจากกระดาษที่ผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ แต่มีข้อจำกัดที่ห้ามบรรจุอาหาร เนื่องจากทำจากกระดาษที่ผ่านกระบวนการ Recycle ยกเว้นจะมีการเคลือบ

3.2.6 กระดาษที่ย่อยเป็นพิเศษ (Shredded Paper)

มีราคาถูกและหาง่าย มีข้อด้อย คือ มีคุณสมบัติในการเป็นวัสดุกันกระแทกที่เลว เพราะกระดาษพวกนี้จะดูดซับความชื้นและไม่ถูกออกแบบ ในประเทศอุตสาหกรรม กระดาษที่บดย่อยเป็นพิเศษโดยเฉพาะที่เป็นพวกกระดาษหนังสือพิมพ์ไม่ได้รับการยอมรับ

นอกจากนี้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่กล่าวข้างต้น ยังมีวัสดุบรรจุภัณฑ์อื่นๆ เช่น เศษไม้ (Wood Wool) ดังนั้น ก่อนที่จะทำการเลือกวัสดุบรรจุภัณฑ์ใดเป็นวัสดุกันกระแทก เราต้องตรวจสอบการยอมรับและความต้องการของจุดหมายปลายทาง

ในปัจจุบัน ประเทศอุตสาหกรรมนิยมใช้วัสดุกันกระแทกประเภทพลาสติก แต่ก็กำลังเผชิญกับการแข่งขันของวัสดุกันกระแทกประเภทกระดาษ เนื่องจากกระแสรักษ์สิ่งแวดล้อมทวีความรุนแรงขึ้น

3.2.7 ก้านใบจาก

คือส่วนประกอบของใบซึ่งแตกออกจากลำต้น เนื่องจากก้านใบจากมีลักษณะบวมพอง เป็นแหล่งเก็บอาหารจากรากและลำต้น และอาจจะเป็นที่เก็บน้ำหวานบางส่วนจากใบได้ด้วย ส่วนใบจากที่แก่จะร่วงจากลำต้น โดยใบจากยังคงทั้งโคนก้านใบไว้ที่กอเดิมในขั้นแรก ต่อมาเป็นการร่วงของก้านใบซึ่งอยู่ใต้ดิน ในส่วนโครงสร้างของก้านใบภายในมีรูพรุนซึ่งเป็นหลอดอาหาร มีลักษณะหย่นเมื่อแห้งน้ำหนักเบา ความหนาแน่นต่ำลง ลอยน้ำได้ คุณสมบัติเบื้องต้นเหมือนโฟม การใช้ประโยชน์สามารถนำมาทำวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นเช่น มีการนำมาใช้รองสิ่งของ หรือสินค้าต่างๆ ใช้ทำจุกค็อก และทำหุ่นลอยน้ำในการประมงจากคุณสมบัติเบื้องต้นของก้านใบจากที่มีลักษณะหย่นเหมือนโฟม สามารถหาได้ง่ายบริเวณป่าพรุ และป่าชายเลน การใช้ประโยชน์ของเกษตรกรจะใช้เฉพาะใบเสียส่วนใหญ่

สรุปได้ว่า วัสดุกันกระแทกที่ใช้ มีอยู่หลายชนิด เช่น กระดาษ ฟางข้าว เยื่อกระดาษขึ้นรูป ก้านใบจาก ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการใช้งานแต่ละประเภท และราคา แต่การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการประหยัดพลังงาน เป็นปัจจัยที่จะต้องพิจารณาเป็นอันดับแรก ดังนั้นก้านใบที่เหลือทิ้งในปริมาณมาก ซึ่งเพียงพอที่จะนำมาผลิตวัสดุกันกระแทกในเชิงอุตสาหกรรมได้

4. หลักการทำก้านพองโดยใช้น้ำและไอน้ำ

การทำก้านพองด้วยน้ำและไอน้ำ อาศัยหลักการที่ว่า ก้านใบยาสูบจะมีโครงสร้างเป็นรูพรุน ซึ่งรูเหล่านี้คือส่วนของหลอดอาหารของพืช การนำเอาใบยาสูบผ่านกรรมวิธีการบ่ม อบแห้งและเก็บให้ได้อายุก่อนนำมาบ่มเป็นบุหรี่ จะทำให้ก้านและใบสูญเสียน้ำที่อยู่ในหลอดอาหาร และทำให้หลอดอาหารเหล่านี้หดตัวลง การทำให้พอง คือ การนำเอาน้ำใส่ดินเข้าไปในหลอดอาหารที่หดตัวแล้ว และทำให้เกิดการเบ่งตัว หากสภาพเดิมก่อนที่ใบยาสูบจะถูกนำมาผ่านกรรมวิธีข้างต้น หลักการก็คือ เมื่อน้ำเข้าไปบรรจุในหลอดอาหารของก้านแล้ว จะให้ความร้อนจนน้ำในหลอดอาหารเหล่านี้เดือดกลายเป็นไอน้ำ ซึ่งจะมีแรงดันดันหลอดอาหารที่แห้งและหดตัวนี้ให้ยืดและพองออกรอบด้าน ซึ่งในระยะแรกของการนำเอาหลักการนี้มาใช้ ผู้ผลิตเครื่องจักรจะใช้วิธีการให้ความร้อนแก่ก้านอย่างน้อย 2 ครั้งคือ ครั้งแรก เพื่อให้ก้านอ่อนตัว แล้วนำมาบีบและ

หันให้เป็นเส้นขนาดเล็ก ครั้งที่สอง นำก้านที่หันแล้วมาให้ความร้อนอีกครั้งหนึ่ง แล้วนำไปให้ความร้อนอย่างเต็มที่ในหม้อคั่ว ความร้อนที่ให้กับก้านที่มีความชื้นแล้วนี้ จะทำให้น้ำในก้านเกิดการเดือด และดันให้ก้านพองตัวออก วิธีนี้เรียกว่า วิธีการให้ความร้อนสองครั้ง (Double Wetting)

ต่อมาได้มีการวิเคราะห์ระบบการทำงานแบบ Double Wetting พบว่ายังไม่สมบูรณ์เพียงพอ กล่าวคือ มีความสิ้นเปลืองพลังงานค่อนข้างสูงและให้ความร้อนที่สูงมากในหม้อคั่ว มีส่วนทำให้ก้านที่ทำให้พองแล้วแห้งอย่างรวดเร็ว และเกิดการแตกป่น เสียหายมาก ต่อมาผู้ผลิตเครื่องจักรหลายรายจึงได้พยายามศึกษาหาเครื่องจักรที่สามารถทำให้เกิดการพองตัวอย่างสมบูรณ์ในตัวเองโดยใช้พลังงานต่ำและไม่เกิดการแตกป่นในหม้อคั่ว อันเนื่องจากการให้ความร้อนที่สูงไป

4.1 เครื่องจักรผลิตก้านพองสำหรับโรงงานยาสูบ

โรงงานยาสูบได้ซื้อเครื่องจักรผลิตก้านพอง ระบบ การให้และควบคุมความร้อน (Heat Treatment Process, HT Process) จากบริษัท KORBER AG ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน ซึ่งเป็นผู้ศึกษาและออกแบบสร้างเครื่องทำก้านพองด้วยระบบ น้ำกับไอน้ำ

ลักษณะของเครื่อง เป็นสายพานเขย่าที่มีความสูงจำกัด (ประมาณ 4 นิ้ว) ที่พื้นทำเป็น 2 ชั้น ขึ้นรูปเป็นรูปคลื่นประกบกัน เพื่อใช้เป็นทางเดินของไอน้ำ (Steam) บนพื้นของเครื่องจะใช้แผ่นเหล็กเจาะรู (Perforated) เพื่อให้ไอน้ำที่อยู่ภายในฉีดออกมาด้านบน ส่วนด้านล่างติดอุปกรณ์ควบคุมการฉีดน้ำ เพื่อทำความสะอาด ทางเข้าและทางออกมีกรวยครอบพร้อมพัดลมดูดไอน้ำที่เหลือทิ้ง

หลักการทำงานของเครื่องทำก้านพอง ใช้แรงดันของไอน้ำ ความดันสูง 7 - 10 บาร์ อุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของน้ำประมาณ 2 - 4 องศาเซลเซียส ฉีดขึ้นด้านบนผ่านทางรูที่พื้นเมื่อก้านที่ให้ความชื้น บีบและตัด แล้วถูกส่งเข้ามา จะถูกแรงดันของไอน้ำผลักให้ลอยเหนือพื้นและเคลื่อนที่ไปเหนือพื้นของเครื่อง ในลักษณะของการไหลกึ่งลอย (Fluidized bed) ไอน้ำที่ฉีดขึ้นมาจากพื้น เมื่อกระทบกับก้านจะเกิดการกลั่นตัว (Condense) กลายเป็นน้ำ โดยการคายความร้อนแฝงให้แก่ก้านอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งน้ำที่อยู่ในหลอดอาหารของก้านเกิดการเดือดอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเดือดดังกล่าวเกิดในพื้นที่จำกัด ไอน้ำที่เกิดขึ้นภายในหลอดอาหารของก้านจึงมีความดันสูง เกิดการขยายตัวจนสามารถดันผนังหลอดอาหาร ของก้านให้ขยายออก เกิดการพองตัว ทำให้ได้ก้านพองอยู่ในสภาพความชื้นสูงอยู่ การนำไปใช้ต้องมีการคั่วให้แห้งเท่านั้น (ไกรสร ลีถาวร. 2538 : 4 - 5 ; อ้างอิงจาก สุฐาน สุธรรมสมัย และคณะ ม.ป.ป.)

4.2 กระบวนการผลิตก้านพอง

กระบวนการผลิตโดยย่อมีดังต่อไปนี้

4.2.1 การป้อนก้านดิบเข้าสู่ตู้ในกระบวนการผลิต

โดยมีเครื่องควบคุมปริมาณการป้อนให้มีปริมาณสม่ำเสมอ ผ่านสายพานลำเลียงเคลื่อนตัวไปตามแนวนอนและแนวลาดชัน ปริมาณก้านจะถูกควบคุมโดยการเกลี่ยส่วนเกินออก เพื่วนกกลับเข้าสู่กระบวนการใหม่อีกครั้ง

4.2.2 การให้ความชื้น

เป็นการเพิ่มความชื้นให้ก้านดิบ ซึ่งมีความชื้นประมาณ 10 - 11 % อุณหภูมิประมาณ 25

องศาเซลเซียส ให้เพิ่มเป็น 26 % และอุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส ที่ความดันไอน้ำ 3 – 4 บาร์ โดยการฉีดขึ้นจากพื้นกะบะ มีหัวฉีดน้ำซึ่งผสมกับน้ำยาตามปริมาณที่ควบคุม ฉีดพ่นลงบนก้านที่เคลื่อนที่ผ่าน โดยใช้ลมอัดเป็นตัวทำให้เป็นละอองผ่านหัวฉีด ก้านที่เคลื่อนที่ผ่านจะดูดซึมเอาความชื้นพร้อมน้ำยาและรับความร้อนจากไอน้ำ จนมีสภาพเหมาะสมที่จะผ่านกรรมวิธีต่อไป

4.2.3 การหมักความชื้น

เป็นการหมักก้านที่ให้ความชื้นแล้ว ใช้ระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที เพื่อให้ความชื้นและน้ำยาที่ฉีดซึมเข้าไปในก้านโดยสม่ำเสมอ

4.2.4 การทำก้านพอง

ก้านใบยาสูบจะถูกส่งเข้าสู่เครื่องทำก้านพอง ที่มีความดันของไอน้ำ 7 – 10 บาร์ ซึ่งที่ความดันดังกล่าว ไอน้ำจะมีความร้อนสูง เมื่อถ่ายเทความร้อนให้กับก้านใบ จะทำให้ก้านใบมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของน้ำประมาณ 3 – 4 องศาเซลเซียส ทำให้น้ำที่อยู่ในหลอดอาหารของก้าน เดือดกลายเป็นไอและดันผนังของก้านให้พองออก (ไกรสร ลีถาวร. 2538)

จากหลักการทำก้านพอง คือการนำเอาไอน้ำใส่คั้นหลอดอาหารของก้านใบยาสูบในกระบวนการหมักความชื้น ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที แล้วจึงนำมาผ่านกระบวนการใช้ไอน้ำที่มีความดัน 7 – 10 บาร์เพื่อทำให้เกิดการพองตัวของผนังหลอดอาหารของก้านใบยา ทำให้มีการคงรูปเดิม ความหนาแน่นลดลง น้ำหนักลดลง มีความอ่อนนุ่มเพิ่มขึ้นไม่แตกหักง่าย จึงอาศัยหลักการนี้เพื่อผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจาก ก้านใบจากต่อไป

5. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับต้นจาก

จาก (Nypa Fruticans Wumb) เป็นพืชชายเลนที่มีอายุเก่าแก่ที่สุด เมื่อตรวจสอบตามหลักฐานของอายุของเรณูที่กลายเป็นฟอสซิล คือประมาณตอนปลายยุคครีเทเชียส (Cretaceous) หรือ 69 ล้านปี ก่อนยุคปัจจุบัน ตามมาด้วย Pelliciera และพืชตระกูลโกกงาง (Rhizophora) ซึ่งเกิดในยุคอีโอซีน (Eocene) หรือ 30 ล้านปี ก่อนยุคปัจจุบัน ส่วนพืชชายเลนตระกูลอื่นเกิดตามมาภายหลัง การกระจายพันธุ์ของจากในปัจจุบันได้เปลี่ยนไปจากยุคก่อนเพราะพบหลักฐานจากเรณูและเมล็ด แสดงการกระจายของจากได้อย่างกว้างขวางกว่าที่เป็นอยู่ในยุคปัจจุบัน และเรณูของจากที่เก่าแก่ที่สุดพบที่ประเทศบราซิล จากเป็นพรรณพืชหลัก ในสังคมพืชในหนองบึง จนกระทั่งปลายยุคอีโอซีน (Eocene) เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิอากาศ เกิดภาวะแห้งแล้งในบางฤดูทำให้จากหายไปจากบริเวณนั้นในยุคเริ่มคือสมัยไมโอซีน (Miocene 24 ล้านปี ก่อนยุคปัจจุบัน) และในยุคเดียวกันเรณูจากได้หายไปจากประเทศเวเนซุเอลาด้วย การหายไปของจากเกิดขึ้นในยุคที่ปรากฏโกกงาง (Rhizophora) อย่างกะทันหันและมีการกระจายพันธุ์อย่างกว้างขวางในสมัย 35,000 ปีก่อนยุคปัจจุบันพบเรณูโกกงางมากที่สุด และพบมากอีกครั้งเมื่อ 5,500 ปีก่อนยุคปัจจุบัน การลดปริมาณป่าชายเลนจากยุคอดีตถึงยุคปัจจุบันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลและภูมิอากาศอย่างรุนแรง ซึ่งเป็นผลทำให้พรรณพืชจากป่าชายเลนบางชนิดสูญพันธุ์ไปจากบางพื้นที่ได้ทั้งที่เคยพบหลักฐานว่าเคยมีมากในพื้นที่นั้น เช่น ในทวีปแอฟริกา พบหลักฐานว่า มีจากมากมายในระยะหลังยุคอีโอซีน (Eocene) ถึงระยะต้นของ

ไมโอซีน (Miocene) และมีพืชชายเลนหลายชนิดอยู่ด้วย แต่หลักฐานปัจจุบันการกระจายพันธุ์ของพรรณพืชชายเลนของทวีปแอฟริกาไปจนถึงทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ไม่พบจากอีก จนเมื่อมีการนำจากไปปลูกที่เมืองคาลาบาร์ (Calabar) ประเทศไนจีเรีย ในปี พ.ศ. 2449 และในเมืองโอโรน (Oron) ในปี พ.ศ. 2455 ซึ่งเป็นต้นจากที่ได้นำมาจากสวนพฤกษศาสตร์ในประเทศสิงคโปร์ และเจริญเติบโตงอกงามดีและปกคลุมบริเวณแม่น้ำไนเจอร์ (Niger) อีโม (Imo) บอนนี (Bonny) และครอส (Cross) การขยายตัวของจากเริ่มต้นเป็นไปอย่างช้าๆ แต่ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะไม่กี่ปีที่ผ่านมาจนถึงเขตวูรี (Wouri Estuary) ประเทศคาเมอรูน (Cameroon) ที่ซึ่งชาวพื้นเมืองได้ช่วยในการกระจายพันธุ์ของจาก เนื่องจากเห็นคุณค่าของใบจากในการใช้มุงหลังคา แต่การกระจายพันธุ์ของจากในป่าชายเลนปัจจุบันเริ่มมีปัญหา เนื่องจากต้นจากที่นำไปปลูกทำให้พรรณไม้ชายเลนพื้นเมืองถดถอยไปจากการรุกรานของป่าจาก ในประเทศปานามา ก็ได้นำจากไปปลูกและทางด้านฝั่งมหาสมุทรแอตแลนติกของประเทศปานามา ก็อาจมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วดังเช่น ในทวีปแอฟริกา

สำหรับประเทศไทยพบต้นจากได้ตามชายฝั่งทะเลที่มีน้ำกร่อย ปากแม่น้ำ ปากอ่าวหรือที่ลุ่มที่มีน้ำกร่อยทั่วไป เช่น พบมากในจังหวัดสมุทรสาคร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช ระนอง กระบี่ ตรัง และสตูล เป็นต้น อนึ่งการพบละอองเรณูของจากที่เป็นฟอสซิล ในเขตอบอุ่นของโลกรวมทั้งที่กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ และกรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส ทำให้เชื่อว่าแกนของโลกมีการเปลี่ยนแปลงแนวตลอดเวลาทำให้ผิวโลกที่ครั้งหนึ่งเคยเป็นเขตร้อน อาจกลายเป็นเขตร้อน อาจกลายเป็นเขตหนาว หรือสลับกันได้เรื่อยๆ (นพรัตน์ บำรุงรักษ์. 2544 : 2 - 4 ; อ้างอิงจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2544)

5.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของจาก

จากเป็นพืชตระกูลปาล์ม ที่มีอยู่เพียงไม่กี่ชนิดของป่าชายเลน มีลำต้นเป็นหัวอยู่ใต้ดิน (Rhizome) ชาวบ้านเรียกว่า “หินจาก” บางคนจัดต้นจากเป็นพืชร่วมป่าชายเลน (Mangrove Associate) ไม่ใช่ไม้ป่าชายเลนจริง (True Mangrove) เพราะอาจพบจากได้ในบริเวณอื่นนอกพื้นที่น้ำขึ้น-น้ำลงของป่าชายเลน จากมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nypa fruticans* Wurmb อาจมีชื่อสามัญว่า Nipa Palm หรือ Nypah palm ในประเทศมาเลเซีย และอินโดนีเซีย เรียกว่า “อาปอง” (Apong) ในประเทศเวียดนามเรียกว่า “ดาวนุก” (Dua Nuac) ในประเทศฟิลิปปินส์ เรียกชื่อว่า “นิพีรา” (Nipeira) ซึ่งมาจากภาษาโปรตุเกสและเรียกชื่อน้ำเมาที่ทำจากน้ำตาลจากว่า “นิปา” (Nipa) เช่นกัน การทำน้ำเมาหรือเหล้าจากต้นจากนี้มีบันทึกไว้ตั้งแต่ พ.ศ. 2154 โดยเรียกเหล้าชนิดนี้ว่า “นิป” (Nip) จึงเป็นไปได้ว่าชื่อวิทยาศาสตร์ของจากอาจมาจากชื่อเหล้านิป (Nip) ก็ได้

ต้นจากมีจำนวนโครโมโซม $2N = 16$ จัดอยู่ในวงศ์ (Family) Palmae หรือ Arecaceae บางคนจัดไว้ในวงศ์ Nypaceae และวงศ์ย่อย (Subfamily) Nypoidae เป็น Genus ที่มีเพียง 1 Species เท่านั้น จากมีลำต้นอ้วนสั้น อาจเลื้อยตามผิวดินหากถูกน้ำเซาะ หรืออยู่ใต้ผิวดินและสามารถแตกเป็น 2 ง่าม (Dichotomous Branching) เพื่อการขยายพันธุ์ และมีรากแตกออกมาจากลำต้นด้านล่าง ลำต้นใต้ดินหรือเหง้านี้มีลักษณะอวบอ้วน แบนและแข็ง เป็นสี่เหลี่ยมซ้อนเหลื่อมกันเหมือนมุลโค และอาจมีขนาดใหญ่ มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 50 ซม. ระบบรากเป็นระบบรากฝอย มีลักษณะอวบอ้วนอยู่ใต้เหง้าและกระจุกใบ (Rosette) รากมีขนาดค่อนข้างยาว และมีจำนวนมากซึ่งเอื้อต่อการยึดดิน เมื่อน้ำลงจะเห็นกระจุกราก ต้นแก่ที่ตายแล้วบริเวณดิ่งอาจมีกระจุกใหญ่ได้ถึง 1 เมตร X 1 เมตร

สนธิ อักษรแก้ว และคณะ (2535 : 89) จากมีดอกสีเหลืองแสด เป็นพืชที่มีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมียในต้นเดียวกัน (Monocious Plant) และบนก้านช่อเดียวกัน โดยที่ก้านดอกหรือที่เรียกว่า "นกจาก" แทะออกมาจากลำต้นใต้ผิวดินบริเวณโคนใบ และมีดอกตัวเมียอัดเป็นก้อนที่ปลายก้าน ส่วนดอกตัวผู้มีขนาดเล็กอัดเป็นช่อแตกแขนงออกมาจากก้านร่วมกับดอกตัวเมีย ทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมียมีกลีบดอก (Tepal) 6 กลีบ มีเกสรตัวผู้ (Stamen) 3 อัน ละอองเรณูลักษณะเป็นหนาม การที่จากออกดอกเป็นช่อ (Inflorescence) จึงสามารถมองเห็นเด่นชัด มักมีลักษณะตั้งตรง ใบจากส่วนใหญ่มีความสามารถรองรับช่อดอกได้ แต่ไม่ทุกช่อที่สามารถพัฒนาไปเป็นผลได้อย่างสมบูรณ์ ก้านช่อดอกอาจยาวถึง 100 ซม. หรือนานั้น ช่อดอกมีกาบหุ้ม (Perianth) สีส้ม ดอกตัวผู้มีสีครีมอยู่บนก้านและมีการหุ้มเช่นเดียวกันดอกตัวเมียมีลักษณะเป็นหัวกลมอยู่ปลายก้านอันกลางที่อวบ ซึ่งส่วนที่เป็นคาร์เพล (Carpel) มีลักษณะแข็งคล้ายเนื้อไม้ลักษณะเป็นเหลี่ยมหรือพูผลของจากมีสีน้ำตาลเข้มอยู่รวมเป็นกระจุกแน่น เรียกว่า "โหม่งจาก" ที่ปลายผลลักษณะเป็นหนามแหลมสั้นและแข็งซึ่งเป็นยอดเกสรตัวเมีย (Stigma) ที่ค้างอยู่ ผลเป็นรูปสามเหลี่ยม ภายในมีเมล็ดเดี่ยว ความยาวของผลประมาณ 12 ซม. กว้าง 7 - 8 ซม. เนื้อเยื่อของผลเป็นเส้นใยคล้ายมะพร้าวมีช่องอากาศมาก ทำให้ลอยน้ำได้ ใน 1 ทะลายของจากมีผลจำนวน 50 - 100 ผล และมีน้ำหนัก 10 - 20 ผลต่อกิโลกรัม เมล็ดในของจากคล้ายมะพร้าว มีเนื้อ (Endosperm) คล้ายมะพร้าวเช่นกัน และกลวง การเจริญเติบโตของต้นอ่อนเป็นแบบ viviparous คือ งอกก่อนผลจะหลุดจากต้น เป็นการงอกแบบ Hypogeal ซึ่งจะเห็นใบแรกของต้นอ่อนต้นผลจนหลุดจากทะลาย ใบจากมีความยาว 3 - 9 เมตร จัดเป็นใบประกอบที่มีใบย่อย (Leaflets) จำนวน 30 - 40 ใบ ระยะแรกใบอ่อนจะม้วนตัวและจะคลี่ออกมาเมื่อถึงเวลา และยาวใบละประมาณ 70 ซม. มีลักษณะอวบพองเรียกว่า พงจาก (Petiole) มีโพรงอากาศมาก เชื่อว่าเป็นส่วนที่ทำหน้าที่แทนรากหายใจ (Pneumatophore) เมื่อต้นจมอยู่ในน้ำหรือโคลน และเป็นไปได้ว่าอาจเก็บน้ำหวานบางส่วนจากใบได้ด้วย มีความยาวประมาณ 1 - 1.5 เมตร ลักษณะเป็นร่อง ลอยน้ำได้ดี ในกอหนึ่งๆ มีใบจากประมาณ 6 - 7 ใบ แต่มี 4 ใบที่มีชีวิต เป็นใบแบบขนนก ใบจากที่แก่แล้วจะร่วงจากลำต้นในบริเวณที่แตกต่างจากการร่วงของใบพืชชายเลนชนิดอื่น โดยที่ใบจากยังคงทิ้งโคนก้านใบหรือพงจากไว้ที่กอเดิมในขั้นแรก ต่อมาจะเป็นการร่วงของพงจากที่อยู่ติดกับลำต้นใต้ดิน ซึ่งการร่วงครั้งหลังนี้ทำให้ใบจากหลุดไปหมด ทิ้งรอยแผล (Leaf Scar) ไว้ที่ลำต้นใต้ดิน การเจริญเติบโตของจากเป็นไปอย่างต่อเนื่องในแนวนอน แต่ส่วนใบจากซึ่งเรียงเวียน (Spiral) รอบแกนลำต้นกลับเจริญในแนวตั้งได้ ที่เป็นเช่นนี้เพราะ มีการเจริญเติบโตที่ไม่เท่ากันตรงโคนใบ ซึ่งการแตกกิ่งของลำต้น เกิดขึ้นเป็นระยะ ๆ อย่างสม่ำเสมอ และมีขนาดเท่า ๆ กัน ต้นจากคงมีกลไกในการกำจัดเกล็ดที่ติดเข้าไปแล้วไม่ถูกใช้ให้ออกมาอยู่นอกเซลล์ได้ เพราะในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ยามขาดแคลนเกลือชาวบ้านได้เผาใบจากและพงจากเอาขี้เถ้าใช้แทนเกลือ

ใบจากเกือบทุกใบสามารถสร้างช่อดอกจากช่อที่โคนใบเหมือนมะพร้าวหรือหมาก แต่ก็ไม่ใช่ทุกช่อที่พัฒนาได้เต็มที่ ส่วนเกสรตัวเมียเมื่อกาบหุ้มเปิดออก ก็สามารถรับละอองเรณูได้โดยสังเกตจากเมื่อบริเวณส่วนบนเมื่อได้รับละอองเรณูแล้ว แต่ละดอกจะมีการยืดยาวของก้านช่อ และมีผู้บันทึกชนิดของแมลงที่เป็นพาหะสำคัญไว้ 2 ชนิด คือ ผึ้งและแมลงหวี่ แต่แมลงหวี่จะเกิดบนช่อดอกตัวผู้ซึ่งมีส่วนทำลายช่อดอกตัวผู้ด้วย ในขณะที่ผึ้งอาจไม่ใช่พาหะที่สำคัญในการถ่ายละอองเรณู เพราะผึ้งมักตอมแต่ดอกตัวผู้เท่านั้น ส่วนแมลงหวี่ตอมทั้งดอกตัวผู้และตัวเมีย ผลแก่เมื่อร่วงมักลอยไปกับน้ำเพื่อการแพร่พันธุ์ และก้านผลมักโค้งลงตามน้ำ

หนักของผลที่มีขนาดเพิ่มขึ้นทำให้สะดวกในการปาดเอาน้ำหวาน และเมื่อน้ำขึ้น น้ำจะช่วยพยุงข้อผลได้บ้าง ผลที่เริ่มงอกจะมีใบเกล็ด (Plumule) 2 - 3 ใบ ก่อนที่ใบจริง (Eophyll) แบบขนนกจะทยอยแตกออกมา

ในเรื่องของสายพันธุ์จาก การจัดแบ่งยังไม่ชัดเจนในขณะที่หลายพื้นที่ของประเทศไทยเรียกต้นจากชนิดหนึ่งว่า "ต้นแจก" ซึ่งมีลักษณะของใบย่อย (Leaflet) อยู่ห่างกัน มีขนาดใหญ่ และยาวกว่าใบของจากธรรมดา ซึ่งน่าจะเกิดจากการกลายพันธุ์ของต้นจากมากกว่า หนึ่งในกรจำแนกชนิดของต้นจากนี้ ได้เสนอไว้ 2 ชนิดคือ จากเขียวและจากแดง โดยดูจากสีคือ จากแดงจะมีใบสีแดงแกมส้มจนใบร่วงเห็นเด่นชัดจากระยะไกลโดยเฉพาะริมแม่น้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี นอกจากนี้ยังมีลักษณะอื่นที่น่าสนใจ เช่น จากเขียวมีความสูงของกอมากกว่าจากแดงเกือบ 2 เท่า มีใบย่อยยาวและกว้างกว่าจากแดง เป็นต้น อย่างไรก็ตามในการทำน้ำตาลจากชาวบ้านได้แบ่งสายพันธุ์ย่อยไว้อีก ตามรูปลักษณะของพืชและปริมาณน้ำตาลที่ได้ เช่น พันธุ์หนามทุเรียน ทองพริ้ม อีเพลิง อีแลงและอีอ่าง เป็นต้น

5.2 นิเวศวิทยาของต้นจาก

ต้นจากเจริญเติบโตได้ดีบริเวณชายฝั่งที่มีน้ำกร่อย แดดจ้า บริเวณเขตร้อนทั่วไป ปัจจุบันจากมีการกระจายพันธุ์ตั้งแต่ประเทศศรีลังกา พม่า ปากแม่น้ำคงคา คาบสมุทรมลายา อินโดเนเซีย ปาปัวนิวกินี หมู่เกาะโซโลมอน ฟิลิปปินส์ และอาจไปทางเหนือถึงหมู่เกาะริวกิวในประเทศญี่ปุ่นที่มีต้นจากขึ้นบ้างประปราย หรือไปทางใต้จนถึงรัฐควีนแลนด์ ตอนเหนือของประเทศออสเตรเลีย ต้นจากจะไม่ขึ้นในที่เค็มจัดจนเกินไป จากรายงานการวิจัยมีผู้เสนอว่าที่จากสูญพันธุ์ไปจากบางพื้นที่ในยุคโบราณ เป็นเพราะการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศที่ทำให้น้ำเค็มจัดและมีคลื่นลมรุนแรงขึ้น จึงพบเห็นจากบริเวณปากน้ำหรือปากอ่าวมากกว่าบริเวณชายทะเลที่มีน้ำเค็มตลอดปี และความสามารถของป่าจากไม่เพียงแต่ช่วยรักษาตลิ่งไม่ให้พังทลายเท่านั้น แต่หากยังช่วยให้แผ่นดินงอกได้อีกด้วย ดังได้กล่าวมาแล้ว เมื่อพิจารณาถึงนิยามของพืชป่าชายเลนที่เจริญเติบโตบริเวณน้ำขึ้น - น้ำลงแล้ว ต้นจากน่าจะจัดเป็นเพียงพืชร่วมของป่าชายเลน เพราะอาจพบต้นจากเจริญเติบโตได้แม้ในที่ลุ่มห่างจากฝั่งหลายกิโลเมตร ที่ซึ่งน้ำทะเลเคยท่วมมาก่อน

การเจริญเติบโตของต้นจากอาจขึ้นเดี่ยวๆ หรือหนาแน่นเป็นป่าจาก ซึ่งมีการแตกแขนงคืบคลานไปเรื่อยๆ ในขณะที่บริเวณนั้นอาจไม่มีต้นอ่อนของจากงอกได้เมื่ออยู่ในสภาพความเค็มสูงๆ ป่าจากที่พบในประเทศจีน มักพบเป็นกลุ่มมองเห็นเป็นป่าที่มีใบเขียวจัดสูง 4 - 7 เมตร มีความหนาแน่นของกอ 40 - 70 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นได้ตั้งแต่เขตน้ำขึ้น - น้ำลง จนถึงบนบกห่างจากฝั่ง จึงมีคนเรียกว่า "พืชครึ่งบกครึ่งน้ำ" (Amphibious Type) มีพืชอื่นที่ขึ้นอยู่ปะปนเช่น ตาตุ่ม ไม้ฝาด โพธิ์ทะเล และปรังทะเล

5.3 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของจาก

จากการศึกษาพบว่าการใช้ประโยชน์จากต้นจากของประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

ประเภทแรก เป็นการใช้ประโยชน์จากส่วนใบ ดังนี้

1. การนำใบแก่มากมายจาก
2. การนำใบอ่อนมาทำใบจากมวนบุหรื
3. การทำภาชนะใช้สอยในครัวเรือน เช่น ภาชนะตักน้ำและตะกร้าผลไม้ เป็นต้น

ประเภทที่สอง เป็นการใช้ประโยชน์จากช่อดอกและทะลายของต้นจาก ดังนี้

1. การนำเนื้อในผลจากมารับประทาน
2. ช่อดอกอ่อนๆ ทะลายอ่อนๆ มาประกอบอาหารเพื่อการบริโภค
3. การนำน้ำหวานจากก้านทะลาย หรือก้านช่อดอกมาทำเป็นน้ำตาลปีบ น้ำส้มสายชู

ในประเภทของการใช้ประโยชน์ 2 ประเภทนั้น มีการทำน้ำตาลปีบ การเย็บจากมุงหลังคา การทำใบจากมวนบุหรีที่ทำเป็นอาชีพหลัก ส่วนวิธีการใช้ประโยชน์อื่นๆ นั้น เป็นการใช้ประโยชน์เพื่อการใช้สอยและบริโภคในครัวเรือน หากเหลือจากการบริโภคและใช้สอยจึงขายส่งในตลาด นอกจากนี้ทางจากแห้งและผลจากแห้งยังสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนและใช้ในการเคี้ยวน้ำตาลจากได้อีกด้วย (นพรัตน์ บำรุงรักษ์ และ นริศ แก้วสินวล. 2538 : 8,9)

6. การกำหนดความหนาและรูปทรงของวัสดุกันกระแทก

ในการออกแบบวัสดุกันกระแทกจะต้องพิจารณาถึง รูปร่าง ขนาด และน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ความเปราะบางของผลิตภัณฑ์ การตกกระแทกและแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นระหว่างขนส่งสินค้า คุณสมบัติของวัสดุกันกระแทก ต้นทุน และความต้องการใช้วัสดุกันกระแทกของตลาด ตลอดจนการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมด้วย เพื่อนำมาคำนวณหา ความหนาของวัสดุกันกระแทกที่มีความเหมาะสมในการใช้งาน

หลักการคำนวณหาความหนา ของวัสดุกันกระแทก

เมื่อกำหนดให้ C = ความสามารถในการป้องกันของวัสดุกันกระแทก

gn = ค่าอัตราเร่ง

t = ค่าความหนาของวัสดุกันกระแทก (มิลลิเมตร)

h = ความสูงในการตกกระแทก (มิลลิเมตร)

$$C = \frac{gn \times t}{h}$$

ตัวอย่างการคำนวณของวัสดุกันกระแทกจากโพลีสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว ขนาด 20 X 45 X 20 มิลลิเมตร สามารถแทนสูตรได้ดังนี้

$$\begin{aligned} C &= \frac{40 \times 20}{762} \\ &= 1.05 \end{aligned}$$

หมายเหตุ ความสามารถในการป้องกันของวัสดุกันกระแทกจากการทดลองมีค่า = 3.0 – 3.5

ค่าอัตราเร่งของวัสดุกันกระแทกจากการทดลองมีค่า = 40

ที่มา : (Packaging User ' Handbook , ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย. 2538 : 572 – 582)

รูปทรงของวัสดุกันกระแทก ได้มีการผลิตและใช้งานหลายรูปทรงด้วยกัน เช่น รูปทรงถั่ว รูปทรงกระบอก รูปทรงกลม รูปทรงสี่เหลี่ยม รูปทรงตัวอักษรเอส การกำหนดรูปทรงไม่มีผลต่อการรับแรงมากนัก โดยจะกำหนดความหนาเป็นหลัก แต่อย่างไรก็ตามรูปทรงได้มีการพัฒนามาจนเป็นรูปทรงตัวอักษรเอส เพื่อ

เพิ่มช่องว่างในการใช้งานให้มากขึ้น เป็นการลดต้นทุนการผลิต และยังทำให้มีการไหลแทนของวัสดุกันกระแทกสะดวกขึ้น

จากรูปทรงตัวอักษรเอสของวัสดุกันกระแทกที่มีใช้ในปัจจุบัน ถึงแม้ว่าจะมีค่าความสามารถในการป้องกันจากการตกกระแทก ต่ำกว่าค่าที่กำหนดอยู่ 1.95 แต่สามารถป้องกันความเสียหายให้กับสินค้าได้ระดับหนึ่ง และเมื่อเทียบกับราคาที่ถูกแล้ว จึงเป็นที่นิยมใช้งานอยู่

7. คุณสมบัติด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกในภาชนะบรรจุภัณฑ์

คุณสมบัติของวัสดุกันกระแทกที่ต้องการ ขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้งาน และคุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุกันกระแทก คือความสามารถในการรับแรงกระแทก (Dynamic Performance) สามารถทำการทดสอบได้โดยใช้เครื่องทดสอบการตกกระแทกโดยการเพิ่มน้ำหนักและเปลี่ยนความหนาของวัสดุกันกระแทก หรือ ทำการคำนวณ โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$C = \frac{GT}{H}$$

เมื่อ C = ค่าการตกกระแทก

G = ค่าต่ำสุดของอัตราเร่งขึ้นอยู่กับค่าของ H และ T

T = ความหนาของวัสดุกันกระแทก (มิลลิเมตร)

H = ความสูงในการตกกระแทก (มิลลิเมตร)

7.1 การต้านแรงกด (Compression Strength)

หมายถึง ความสามารถของวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากกันใบจาก ซึ่งบรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ในการต้านแรงกดที่กระทำบนบรรจุภัณฑ์ด้วยอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจนวัสดุกันกระแทกซึ่งบรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์นั้นเสียรูป ค่าที่ได้จะสัมพันธ์กับความแข็งแรงของวัสดุกันกระแทกซึ่งบรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ เมื่อมีการเรียงซ้อนในระหว่างการเก็บรักษา ลำเลียงและขนส่ง เครื่องมือทดสอบคือ เครื่องกด (Compression Tester) โดยใช้วิธีกำหนดในมาตรฐาน ASTM D - 642

7.2 การต้านแรงกระแทกเมื่อตก (Drop Resistance)

หมายถึง ความสามารถของวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากกันใบจาก ซึ่งบรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ในการต้านแรงกระแทกกับพื้นเมื่อปล่อยให้ตกจากที่สูง จุดประสงค์ของการทดสอบ เพื่อดูความแข็งแรงของวัสดุกันกระแทกซึ่งบรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ ในการป้องกันสินค้ามิให้เสียหายเมื่อมีการตกกระแทกเกิดขึ้นในระหว่างการลำเลียงและขนส่ง เครื่องมือที่ใช้ทดสอบคือ เครื่องตก (Drop Tester) โดยใช้วิธีกำหนดในมาตรฐาน ASTM D - 5276

7.3 การต้านแรงสั่นสะเทือน (Vibration Resistance)

หมายถึง ความสามารถของวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากกันใบจาก ซึ่งบรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ในการต้านแรงสั่นสะเทือน เป็นการวิเคราะห์เพื่อประเมินความแข็งแรงของวัสดุกันกระแทกซึ่งบรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ และวิธีการบรรจุสินค้า ตลอดจนวิธีการปิดบรรจุภัณฑ์ว่าจะสามารถป้องกันความเสียหาย

เนื่องจากการสั่นสะเทือนซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการขนส่งได้เพียงใด เครื่องมือที่ใช้คือ โต๊ะสั่นสะเทือน (Vibration Table) หรือเครื่องสั่นสะเทือน (Vibration Test Machine) โดยใช้วิธีกำหนดในมาตรฐาน ASTM D - 999

8. มาตรฐานการทดสอบวัสดุกันกระแทกในภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง

เป็นมาตรฐานการทดสอบของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง โดยการเติมวัสดุกันกระแทกเข้าไปจนเต็มแล้วทำการทดสอบตามวิธีการดังต่อไปนี้

8.1 การทดสอบการต้านแรงกด มาตรฐาน ASTM D - 642

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ มีดังนี้

1. เครื่องวัดแบบมีหน้าปัดหรือแบบอื่นใดที่เหมาะสม ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิเมตร
2. เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิเมตร
3. แผ่นโลหะสำหรับกดขึ้นทดสอบและวางขึ้นทดสอบ ขนาด 1500 X 1500 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น

4. เครื่องกดแบบไฮดรอลิก หรือแบบแกนเกลียวที่อ่านน้ำหนักกดคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ ร้อยละ 1.0 สามารถควบคุมการเคลื่อนตัวของแท่งกดให้เคลื่อนด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ 13 มิลลิเมตรต่อนาที สามารถปรับตัวได้อย่างอิสระ ระยะยกสูงสุด 1800 มิลลิเมตร และมีกำลังในการกดเท่ากับ 50 กิโลนิวตัน

วิธีการทดสอบ

1. วางบรรจุภัณฑ์ระหว่างแผ่นเหล็กด้านบน และด้านล่างของเครื่องทดสอบ (แผ่นเหล็กขัดเรียบ ขนาด 1500 X 1500 $\pm$ 2.5 มิลลิเมตร และขนานกัน)
2. เปิดเดินเครื่องกดให้ขึ้นทดสอบแนบสนิทกับแผ่นเหล็กทั้งด้านบนและด้านล่าง ปิดเครื่อง
3. ตรวจสอบว่าบรรจุภัณฑ์แนบสนิทกับแผ่นเหล็กหรือไม่ แล้วจึงทำการปรับหน้าปัดไว้ที่ตำแหน่ง ศูนย์ (Zero setting) หากไม่ให้ทำการปรับขึ้นทุก ๆ 2.5 มิลลิเมตร จนแผ่นเหล็กแนบสนิทกับบรรจุภัณฑ์ และให้บันทึกค่าไว้ เพื่อนำมาหักออกหลังจากปรับศูนย์ได้แล้ว
4. ทำการทดสอบโดยการเดินเครื่องกดแผ่นเหล็กด้วยความเร็ว 13 มิลลิเมตรต่อนาที จนกระทั่งบรรจุภัณฑ์เสียหาย
5. ทำการบันทึกค่าซึ่งเป็นค่าสูงสุดของบรรจุภัณฑ์ที่สามารถรับแรงกดได้ มีหน่วยเป็นนิวตัน หรือ ฟุตปอนด์ แล้วคลายแรงกดออก

8.2 การทดสอบการต้านแรงกระแทกเมื่อตก มาตรฐาน ASTM D - 5276

เป็นมาตรฐานการทดสอบของภาชนะบรรจุภัณฑ์โดยการเติมวัสดุกันกระแทกเข้าไปจนเต็มแล้วทำการทดสอบตามวิธีการดังต่อไปนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ มีดังนี้

โต๊ะทดสอบการตกแบบอิสระ จุดปล่อยตกสูงสุด 1500 มิลลิเมตร น้ำหนักสูงสุดที่รับได้ 60 กิโลกรัม

วิธีการทดสอบ

1. ทำการวัดขนาดของบรรจุภัณฑ์ กว้าง X ยาว X สูง และทำการเขียนเลขกำกับหน้าสำหรับการตกกระแทกไว้ 3 ด้าน สำหรับบรรจุภัณฑ์เป็นกล่องเหลี่ยม คือ บน ล่าง และด้านข้าง
2. ปล่อยบรรจุภัณฑ์ให้ตกแบบอิสระให้น้ำสัมผัสทดสอบสัมผัสกับโต๊ะทดสอบมากที่สุด โดยมุมเอียงได้ไม่เกิน 2 องศา และ 5 องศา สำหรับขอบของบรรจุภัณฑ์วัดจากศูนย์กลางในแนวตั้ง
3. ทำการบันทึกค่า ความสูงที่ใช้ในการตกกระแทก ขนาดของบรรจุภัณฑ์ น้ำหนักรวมของสินค้า และจำนวนครั้งที่ทำการทดสอบการตกกระแทก
4. ทำการรายงานผลแต่ละด้านของการตกกระแทกของบรรจุภัณฑ์

8.3 การทดสอบการต้านแรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง มาตรฐาน ASTM D - 999

เป็นมาตรฐานการทดสอบของภาชนะบรรจุภัณฑ์โดยการเติมวัสดุกันกระแทกเข้าไปจนเต็มแล้วทำการทดสอบตามวิธีการดังต่อไปนี้

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ มีดังนี้

เครื่องทดสอบแรงสั่นสะเทือนในแนวตั้ง ประกอบด้วยโต๊ะสั่นสะเทือนที่ปรับความถี่ในการสั่นสะเทือนได้ โดยใช้ความถี่ในช่วง 2 - 5 (Hertz) รอบต่อนาที

วิธีการทดสอบ

1. วางบรรจุภัณฑ์บนโต๊ะทดสอบ จับยึดชิ้นงานให้มีสภาพมั่นคงเหมือนขณะขนส่ง ติดตั้งเครื่องมือวัดค่าแรงสั่นสะเทือน
2. ค่อยๆ ปรับความถี่ในการสั่นสะเทือนจากศูนย์ไปจนกระทั่งสูงสุด โดยเริ่มความถี่น้อยประมาณ 0.5 - 1 ออคตาเวส เป็นการสั่นสะเทือนครบ 1 รอบการวัดและอ่านค่า
3. ทำการปรับความถี่จากต่ำไปหาสูง 2 - 3 รอบ ต่อการทดสอบ 1 ครั้ง ทำการทดลองซ้ำตามระยะเวลาที่กำหนด หรือจนกระทั่งบรรจุภัณฑ์เสียหาย
4. ทำการบันทึกค่าความเสียหายของบรรจุภัณฑ์ เช่น ขนาด กว้าง X ยาว X สูง รวมทั้งความเสียหายของสินค้าภายใน สภาพของวัสดุกันกระแทกภายในหรือลักษณะของการบรรจุ

9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยต่างประเทศ

The City University (1975 : ABSTRACT) "USE OF PLASTICS IN SHOCK PROOF PACKING"
พลาสติกที่ใช้ในการผลิตวัสดุกันกระแทกเพื่อการบรรจุภัณฑ์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ โพลิสไตรีนที่

ขยายตัวแล้ว โพลีเอทิลีนที่ขยายตัวแล้ว และโพลียูรีเทนที่ขยายตัวแล้ว ซึ่งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการผลิตโฟมเพื่อการกันกระแทกต่างกัน กล่าวคือ โพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้วสามารถผลิตเป็นวัสดุกันกระแทกประเภทชั้น ใช้เติมลงในช่องว่างระหว่างบรรจุภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ได้ดี โพลีเอทิลีนเป็นวัสดุกันกระแทกที่ป้องกันการวางซ้อนทับกันเป็นเวลานานได้ดี ส่วนโพลียูรีเทนที่ขยายตัวแล้วสามารถดูดซับแรงช็อกได้ดีเยี่ยม จากคุณสมบัติของพลาสติกสามารถนำมาออกแบบเป็นวัสดุกันกระแทกที่เหมาะสมกับการใช้งาน

งานวิจัยในประเทศ

งามทิพย์ ภู่วโรดม และสุขเกษม สิทธิพจน์ (2536 : บทคัดย่อ) ได้วิจัยเรื่อง "การผลิตใบตองแห้งเพื่อการบรรจุ" ผลการวิจัย พบว่า กล้วยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งสำหรับประเทศไทย การใช้ประโยชน์จากใบตองเพื่อการบรรจุ มีมาตั้งแต่สมัยโบราณทั้งในรูปใบตองสด และใบตองแห้ง แต่มักประสบปัญหาเรื่องอายุการเก็บสั้น กลิ่นเหม็นและการเจริญเติบโตของใบเชื้อรา ใบตองเป็นวัสดุธรรมชาติที่ย่อยสลายได้ง่าย การนำใบตองมาทำเป็นภาชนะบรรจุชั่วคราวสามารถช่วยลดการใช้ภาชนะบรรจุพลาสติกและโฟมได้ ซึ่งเป็นการช่วยลดปัญหามลภาวะที่มาจากจากการกำจัดภาชนะเหลือใช้เหล่านี้ การศึกษาคุณสมบัติทางการบรรจุของใบตองสดและใบตองแห้งจากกล้วยพันธุ์ตานีดำ น้ำว่า หอมทอง หอมเขียว และไข่ พบว่าใบตองสดแต่ละพันธุ์จะมีคุณสมบัติเด่นทางการบรรจุแตกต่างกันออกไป แต่เมื่อพิจารณาคุณสมบัติโดยรวมแล้วพบว่าใบตองจากพันธุ์กล้วยที่ให้คุณสมบัติทางการบรรจุสูงตามลำดับคือ ตานีดำ น้ำว่า หอมเขียว หอมทอง และไข่ คุณสมบัติทางการบรรจุใบตองแห้งจะขึ้นกับพันธุ์ อายุใบและเวลารีด พันธุ์ตานีดำใบที่ 3 และเวลารีด 4 นาที จะได้ใบตองแห้งที่มีค่าความต้านทานแรงดึงขาดสูงที่สุด อย่างไรก็ตามทดสอบเบื้องต้นการขึ้นรูปภาชนะบรรจุโดยการอัดร่องจำเป็นต้องใช้ใบตองแห้งพันธุ์น้ำว่าเป็นตัวอย่างทดสอบเนื่องจากมีปริมาณมากและจัดหาได้ง่าย ผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่าอุณหภูมิและความดันที่สามารถขึ้นรูปใบตองแห้งได้แต่ต้องมีการปรับแต่งแม่พิมพ์ให้มีร่องห่างน้อยลงเนื่องจากขณะนี้ต้องใช้ใบตองถึง 7 ชั้นในการขึ้นรูป

นพรัตน์ บำรุงรักษ์ และนริศ แก้วสินวล (2538 : บทคัดย่อ) เรื่อง "การใช้ประโยชน์ของต้นจากบริเวณลุ่มน้ำปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช" บริเวณลุ่มน้ำปากพนัง มีต้นจากเจริญเติบโตอยู่ตามธรรมชาติ ไม่น้อยกว่าสองหมื่นไร่ แต่ในปัจจุบันสภาพพื้นที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปจนกระทบกับสภาพแวดล้อมเดิม ตลอดเวลาที่ผ่านมากการให้ความสำคัญกับพืชชนิดนี้มีน้อยมาก ทั้งๆ ที่ต้นจากให้ประโยชน์ทั้งด้านสภาพแวดล้อมและด้านเศรษฐกิจเป็นอันมาก เพราะนอกจากเป็นแหล่งอาหารชั้นปฐมภูมิ เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำและเป็นพืชที่ช่วยยึดชายฝั่งแล้ว ชาวบ้านที่อยู่อาศัยบริเวณป่าจากยังมีรายได้จากต้นจากหลายประการได้แก่การทำน้ำตาลจากซึ่งเป็นรายได้หลักในหลายท้องที่ และให้ผลผลิตน้ำตาลจากประมาณ 165 กิโลกรัมต่อไร่ต่อเดือน การทำน้ำส้มสายชู การทำแอลกอฮอล์ การทำใบจากมวนบุหรี การทำใบจากมุงหลังคา ตลอดจนการใช้ผลและช่อดอกเป็นอาหารเป็นต้น เนื่องจากต้นจากเป็นพืชที่ปรับตัวเหมาะสมกับพื้นที่อยู่แล้ว จึงควรมีการอนุรักษ์ และควรปรับปรุงพันธุ์ให้มีศักยภาพในการผลิตน้ำตาลสูงขึ้น นอกจากนี้การทดลองปลูกต้นจากในนาทุ่งร้าง ก็พบว่ามีความเหมาะสมกัน

นุทิศ เอี่ยมใส (2538 : 23) ได้วิจัยเรื่อง "การทดลองทำภาชนะบรรจุอาหารจากกาบกล้วย" พบว่าการแก้ปัญหาเรื่องสิ่งแวดล้อมที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทั้งมวลอีกทางหนึ่ง คือ การนำวัสดุทางธรรมชาติที่มนุษย์รู้จักมาแต่โบราณมาใช้ทดแทนวัสดุสังเคราะห์ เช่น พลาสติก และโฟม โดยการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิต เพื่อให้ได้ภาชนะบรรจุภัณฑ์จากวัสดุธรรมชาติที่มีคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะสมกับการใช้งาน

มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการรักษาสิ่งแวดล้อมและสร้างอาชีพเสริมให้แก่เกษตรกรในอนาคตอีกด้วย

วงจันทร์ วงศ์แก้ว และสมบูรณ์ เตชะพิณวัฒน์ (2538 : บทคัดย่อ) วิจัยเรื่อง "ศักยภาพของจาก" ผลการวิจัยปรากฏว่า จากเป็นพืชตระกูลปาล์มที่มีอยู่ไม่กี่ชนิดของป่าชายเลน ซึ่งจากการสำรวจบริเวณป่าชายเลนของจังหวัดสุราษฎร์ธานี ปรากฏว่าจากสามารถพบได้มากบริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งเป็นน้ำกร่อย และปริมาณต้นน้ำขึ้นมาซึ่งเป็นน้ำจืด ความสามารถของจากสามารถป้องกันการพังทลายของตลิ่ง และยังช่วยให้แผ่นดินงอกอีกด้วย รวมทั้งสามารถป้องกันกระแสลม นอกจากนี้จากสามารถเจริญงอกงามได้ดีโดยธรรมชาติ และมนุษย์ปลูกขึ้น ซึ่งทำให้จากมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ในปี พ.ศ. 2542 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2542 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง "การออกแบบและการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุกันกระแทก" ผลการศึกษา พบว่า การออกแบบและการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุกันกระแทก คุณสมบัติของวัสดุกันกระแทก คุณสมบัติของวัสดุกันกระแทก คือการป้องกันผลิตภัณฑ์จากความเสียหายที่เกิดขึ้นโดยการตกกระแทก (Shock) และการสั่นสะเทือน (Vibration) ในระหว่างการขนส่งและถ่ายผลิตภัณฑ์ โดยวัสดุกันกระแทกจะดูดซับแรงกระแทกไว้ไม่ให้ส่งผ่านไปสู่ผลิตภัณฑ์รวมถึงการป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์มีการเคลื่อนที่ภายในบรรจุภัณฑ์ ในการออกแบบวัสดุกันกระแทกจะต้องพิจารณาถึง รูปร่าง ขนาด และน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ความเปราะบางของผลิตภัณฑ์ การกระแทกและสั่นสะเทือนที่เกิดระหว่างการขนส่งสินค้า คุณสมบัติของวัสดุกันกระแทก ต้นทุน และความต้องการใช้วัสดุกันกระแทกของตลาดตลอดจนการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมด้วย เพื่อนำมาคำนวณหา ความหนาของวัสดุกันกระแทกที่มีความเหมาะสมในการใช้งาน วัสดุกันกระแทกที่นิยมใช้กันมากคือ วัสดุกันกระแทกประเภทโฟลิมเมอร์ เช่น Arcel 310, Arsan 600, Ethafoam 220, และวัสดุกันกระแทกประเภท Cellulose-Based เช่น Honeycomb, Quadrapak, Popcorn เมื่อทำการเปรียบเทียบความเหมาะสมในการใช้งานของวัสดุกันกระแทกทั้ง 2 ประเภท โดยพิจารณาน้ำหนักของวัสดุกันกระแทกต่อน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ พบว่า น้ำหนักวัสดุกันกระแทกประเภทโฟลิมเมอร์ จะมีสัดส่วนประมาณ 20% ส่วนวัสดุกันกระแทกประเภท Cellulose-Based จะมีสัดส่วนประมาณ 40% และเมื่อพิจารณาปริมาตรของวัสดุกันกระแทกต่อน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ พบว่าวัสดุกันกระแทกประเภทโฟลิมเมอร์จะมีค่าประมาณ 20 ลูกบาศก์นิ้ว/ปอนด์ ส่วนวัสดุกันกระแทกประเภท Cellulose-Based จะมีค่าประมาณ 40 ลูกบาศก์นิ้ว/ปอนด์ จึงสรุปได้ว่าวัสดุกันกระแทกประเภท โฟลิมเมอร์มีความเหมาะสมในการใช้งานมากกว่า

สรุป จากคุณสมบัติและประโยชน์ ตลอดจนปริมาณก้านใบจากที่เหลือจากการใช้งานของเกษตรกรเป็นแรงจูงใจให้ผู้วิจัยมุ่งศึกษาทดลองผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นทำจากใบจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์ โดยการนำก้านใบจากมาตากแดดให้แห้ง ตัดให้ได้รูปทรงและขนาดที่ต้องการ แล้วจึงนำมาผ่านกระบวนการให้ความชื้นโดยใช้ไอน้ำที่ความดันต่ำประมาณ 3 - 4 บาร์ เพื่อให้ก้านใบจากมีการอ่อนตัว และหมักความชื้นไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที เสร็จแล้วจึงนำมาบีบเพื่อไล่น้ำออก เป็นการแปรสภาพหลอดอาหารของก้านใบจาก ต่อจากนั้นจึงมาผ่านกระบวนการทำให้หลอดอาหารของก้านใบจากขยายตัวอย่างรวดเร็ว โดยใช้แรงดันไอน้ำ 7 - 10 บาร์ อุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของน้ำประมาณ 2 - 4 องศาเซลเซียส เมื่อกระทบกับก้านใบจากจะเกิดการกลั่นตัวกลายเป็นน้ำโดยการคายความร้อนแฝงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งน้ำที่อยู่ในหลอดอาหารของก้านใบจากเกิดการเดือดอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเดือดดังกล่าวเกิดในพื้นที่จำกัด ไอน้ำที่เกิดขึ้นภายในหลอดอาหารของก้านใบจากจึงมีความดันสูง เกิดการขยายตัว จนสามารถดันผนังหลอดอาหารให้เกิดการพองตัว

แล้วจึงนำมาลดความร้อนลง ก็จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเหมือนโฟม เพื่อใช้ทำวัสดุกันกระแทกประเภทชั้น
ทำจากกันไบกในการบรรจุภัณฑ์ต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การดำเนินการทดลองหาวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจาก มีขั้นตอนการดำเนินการศึกษา ดังนี้

1. วัสดุที่ใช้ในการในการวิจัย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า
3. สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง
4. การทดลองผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์
5. การทดสอบและเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นในภาชนะบรรจุภัณฑ์
6. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

ได้แก่วัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจาก ซึ่งผ่านกระบวนการทำให้แห้งและอบด้วยไอน้ำแล้ว และวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากโฟลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว โดยมีรูปทรงและขนาด ดังต่อไปนี้

1. รูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 20 X 45 X 20 มิลลิเมตร จำนวน 2125 ชิ้น
2. รูปทรงตัวอักษรเอส ขนาด 20 X 45 X 20 มิลลิเมตร จำนวน 2125 ชิ้น
3. รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 X 45 มิลลิเมตร จำนวน 2125 ชิ้น
4. โฟลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว ขนาด 20 X 45 X 20 มิลลิเมตร จำนวน 2125 ชิ้น

ตาราง 3 แสดงขนาดและรูปทรงต่าง ๆ ของวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านไปจาก ในการทดสอบการใช้งานในภาชนะบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ด้าน

รูปทรงและขนาด ทดสอบการใช้งาน	ทรงสี่เหลี่ยม (มิลลิเมตร)	ทรงตัวอักษรเอส (มิลลิเมตร)	ทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	จำนวนที่ทดลอง (ชิ้น)
การต้านแรงกด	20X45X20	20X45X20	20X45	3825 ชิ้น
การต้านแรงกระแทกเมื่อตก	20X45X20	20X45X20	20X45	1275 ชิ้น
การต้านแรงสั่นสะเทือนของ ภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการ ขนส่ง	20X45X20	20X45X20	20X45	1275 ชิ้น

หมายเหตุ ชิ้นทดลองวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านไปจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์ จำนวนรวม 6375 ชิ้น
 กลุ่มตัวอย่างที่จะทดลองการใช้งานด้านการต้านแรงกด จำนวน 3825 ชิ้น
 กลุ่มตัวอย่างที่จะทดลองการใช้งานด้านการต้านแรงกระแทกเมื่อตก จำนวน 1275 ชิ้น
 กลุ่มตัวอย่างที่จะทดลองการใช้งานด้านการต้านแรงสั่นสะเทือนในภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง จำนวน 1275 ชิ้น ตามตารางข้างบน

ตาราง 4 แสดงขนาดและรูปทรงของวัสดุกันกระแทกประเภทชั้นจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว ในการทดสอบการใช้งานในภาชนะบรรจุภัณฑ์ ทั้ง 3 ด้าน

รูปทรงและขนาด ทดสอบการใช้งาน	โพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว (มิลลิเมตร)	จำนวนที่ทดลอง (ชิ้น)
การต้านแรงกด	20X45X20	1275 ชิ้น
การต้านแรงกระแทกเมื่อตก	20X45X20	425 ชิ้น
การต้านแรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง	20X45X20	425 ชิ้น

หมายเหตุ ชิ้นทดลองวัสดุกันกระแทกประเภทชั้นจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว จำนวนรวม 2125 ชิ้น
 กลุ่มตัวอย่างที่จะทดลองการใช้งานด้านการต้านแรงกด จำนวน 1275 ชิ้น
 กลุ่มตัวอย่างที่จะทดลองการใช้งานด้านการต้านแรงกระแทกเมื่อตก จำนวน 425 ชิ้น
 กลุ่มตัวอย่างที่จะทดลองการใช้งานด้านการต้านแรงสั่นสะเทือนในภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง จำนวน 425 ชิ้น ตามตารางข้างบน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

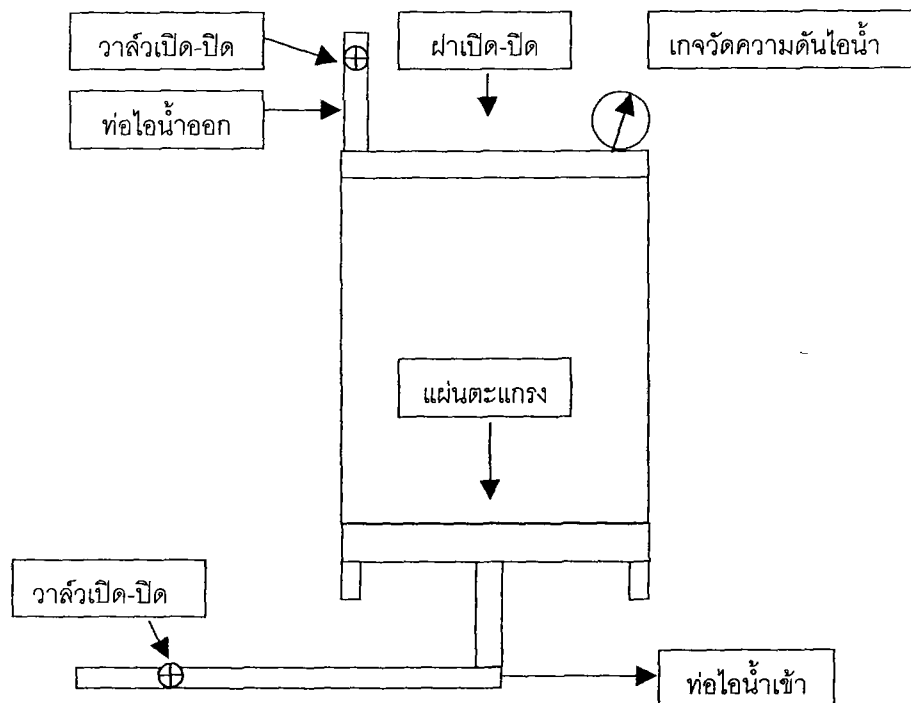
ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจำเป็นต้องใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ ดังนี้

1. ก้านใบจาก
2. ใบมีดตัดวัสดุและชิ้นทดลอง
3. เครื่องมือตัดชิ้นทดลอง เพื่อให้ได้รูปทรงและขนาดตามกำหนด
4. เครื่องรีดอัดที่ปรับระยะได้
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องมือวัดละเอียด
7. เครื่องผลิตวัสดุกันกระแทก ทำด้วยท่อเหล็กไร้ตะเข็บ มีลักษณะดังนี้

เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 219 มิลลิเมตร

ความยาว 304 มิลลิเมตร

การป้อนไอน้ำเข้าสู่เครื่อง จากด้านล่างสู่ด้านบน



ภาพประกอบ 2 แสดงเครื่องผลิตวัสดุกันกระแทก

3. สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

สถานที่ทำการทดลองมีดังต่อไปนี้

1. บริษัท อีพีอี แพลกเจจิง (ประเทศไทย) จำกัด สำหรับทดลองการให้ความร้อนกับชั้นทดลองด้วยไอน้ำ (Steam)
2. ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เป็นสถานที่สำหรับการทดสอบและเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานในภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง ทั้ง 3 ด้าน

ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตั้งแต่ เดือนมกราคม 2546 - เดือนมีนาคม 2546

4. การทดลองผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์

ในการดำเนินการทดลองผู้วิจัยได้ทำตามขั้นตอนดังนี้

4.1 การเตรียมก้านใบจาก

1. คัดเลือกก้านใบจากที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 20 มิลลิเมตรขึ้นไป
2. นำมาตากแดดให้แห้ง
3. นำมาเข้าเครื่องตัดขึ้นทดลอง
4. นำชั้นทดลองมาวัดขนาด ชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่า

4.2 การผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจาก

1. นำชั้นทดลองที่เตรียมไว้เข้าเครื่องผลิตวัสดุกันกระแทก ปิดฝาครอบ ปิดวาล์วสำหรับไอน้ำออก พร้อมทั้งเปิดแล้วให้ไอน้ำเข้า โดยควบคุมแรงดันที่ 3 บาร์ ใช้เวลาประมาณ 2 นาที
2. นำชั้นทดลอง ออกจากเครื่องผลิตวัสดุกันกระแทก พักไว้ที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที เพื่อให้ชั้นทดลองมีการดูดซับน้ำทำให้มีการอ่อนตัว
3. นำชั้นทดลองมารีดอัดเพื่อไล่น้ำออก
4. นำชั้นทดลองที่ได้เข้าเครื่องผลิตวัสดุกันกระแทกอีกครั้ง ด้วยความดันของไอน้ำที่ 7 บาร์ ใช้เวลาประมาณ 5 นาที
5. ปิดวาล์วไอน้ำเข้าพร้อมทั้งเปิดวาล์วให้ไอน้ำออก
6. นำชั้นทดลองออกจากเครื่องผลิตวัสดุกันกระแทก
7. นำชั้นทดลองมาวัดขนาด ชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่า

4.3 การทดสอบและเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งาน

นำชั้นทดลองจากก้านใบจาก และจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว จำนวน 3285 และ 1275 ชิ้น ตามลำดับ ส่งเข้าห้องปฏิบัติการของศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบคุณลักษณะการใช้งานด้านการต้านแรงกด การต้านแรงกระแทก

เมื่อตก และการต้านแรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง ตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D – 642, ASTM D - 5276 และ ASTM D – 999 ตามลำดับ

4.4 สรุปผลการทดสอบของขึ้นทดลอง

4.4.1 สรุปผลการผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจาก เพื่อการบรรจุภัณฑ์

4.4.2 สรุปผลการทดสอบและวิเคราะห์คุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทก

ทั้ง 2 ชนิดในภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง

4.4.3 สรุปผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกทั้ง 2 ชนิด

ในภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง

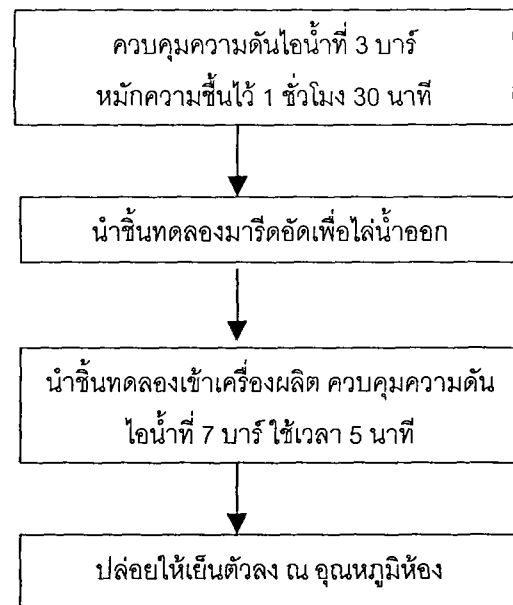
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยได้สรุปไว้ดังภาพประกอบ 3

ขั้นตอนที่ 1 นำก้านใบจากซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรขึ้นไปนำมาตัดให้ได้รูปทรง และขนาดดังต่อไปนี้

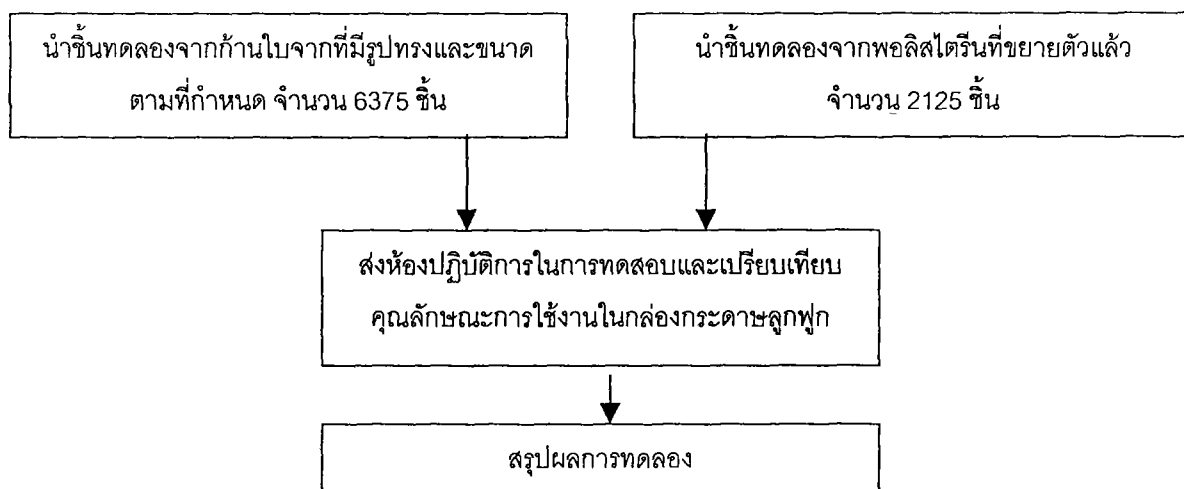
รูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 20 X 45 X 20 มิลลิเมตร จำนวน 2125 ชิ้น
รูปทรงตัวอักษรเอส ขนาด 20 X 45 X 20 มิลลิเมตร จำนวน 2125 ชิ้น
รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 X 45 มิลลิเมตร จำนวน 2125 ชิ้น

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

ขั้นตอนที่ 2 นำกากับจากซึ่งมีขนาด และรูปทรงตามต้องการ จำนวน 6375 ชิ้น เข้าเครื่องผลิตวัสดุกันกระแทกตามวิธีการดังต่อไปนี้



ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบและสรุปผล



ภาพประกอบ 3 แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

5. การทดสอบและเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกประเภท ชั้นในภาชนะบรรจุภัณฑ์

การทดสอบคุณลักษณะด้านการใช้งานในภาชนะบรรจุภัณฑ์ของชั้นทดลองครั้งนี้ ใช้หลักการทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบของ ASTM ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การทดสอบการต้านแรงกด การต้านแรงกระแทกเมื่อตก การต้านแรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง ในการทดสอบมีการรายงานผลและข้อคิดเห็นของผู้ตรวจสอบ จะใช้ผู้ชำนาญการจำนวน 2 คน ของห้องปฏิบัติการศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เป็นผู้ดำเนินการทดสอบ

5.1 การทดสอบการต้านแรงกด มาตรฐาน ASTM D - 642

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ มีดังนี้

1. เครื่องวัดแบบมีหน้าปัดหรือแบบอื่นใดที่เหมาะสม ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิเมตร
2. เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิเมตร
3. แผ่นโลหะสำหรับกดชั้นทดสอบและวางชั้นทดสอบ ขนาด 1500 X 1500 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น

4. เครื่องกดแบบไฮดรอลิก หรือแบบแกนเกลียว ที่อ่านน้ำหนักกดคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ ร้อยละ 1.0 สามารถควบคุมการเคลื่อนตัวของแท่งกดให้เคลื่อนด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ 13 มิลลิเมตรต่อนาที สามารถปรับตัวได้อย่างอิสระ ระยะยกสูงสุด 1800 มิลลิเมตร และมีกำลังในการกดเท่ากับ 50 กิโลนิวตัน

วิธีการทดสอบ

1. นำภาชนะบรรจุภัณฑ์ซึ่งมีการนำสินค้าบรรจุไว้ภายในแล้วจึงเติมด้วยวัสดุกันกระแทกประเภทชั้นในช่องว่างให้เต็ม จึงปิดผนึก
2. วางภาชนะบรรจุภัณฑ์ระหว่างแผ่นเหล็กด้านบน และด้านล่างของเครื่องทดสอบ (แผ่นเหล็กขัดเรียบ ขนาด 1500 X 1500 $\pm$ 2.5 มิลลิเมตร และขนานกัน)
3. เปิดเดินเครื่องกดให้ภาชนะบรรจุภัณฑ์แนบสนิทกับแผ่นเหล็กทั้งด้านบนและด้านล่าง ปิดเครื่อง
4. ตรวจสอบว่าภาชนะบรรจุภัณฑ์แนบสนิทกับแผ่นเหล็กหรือไม่ แล้วจึงทำการปรับหน้าปัดไว้ที่ตำแหน่งศูนย์ (Zero Setting) หากไม่ได้ให้ทำการปรับลงทุก ๆ 2.5 มิลลิเมตร จนแผ่นเหล็กแนบสนิทกับบรรจุภัณฑ์ และให้บันทึกค่าไว้ เพื่อนำมาหักออกหลังจากปรับศูนย์ได้แล้ว
5. ทำการทดสอบโดยการเดินเครื่องกดแผ่นเหล็กด้วยความเร็ว 13 มิลลิเมตรต่อนาที จนกระทั่งภาชนะบรรจุภัณฑ์เสียหาย
6. ทำการบันทึกค่าซึ่งเป็นค่าสูงสุดของภาชนะบรรจุภัณฑ์ที่สามารถรับแรงกดได้ มีหน่วยเป็นนิวตัน หรือกิโลกรัมแรง แล้วคลายแรงกดออก

การรายงานผล

รายงานค่าด้านแรงกดของภาชนะบรรจุภัณฑ์ เปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งาน (มาตรฐาน ASTM D - 642)

5.2 การทดสอบการต้านแรงกระแทกเมื่อตก มาตรฐาน ASTM D - 5276

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ มีดังนี้

โต๊ะทดสอบการตกแบบอิสระ จุดปล่อยตกสูงสุด 1500 มิลลิเมตร น้ำหนักสูงสุดที่รับได้ 60 กิโลกรัม
วิธีการทดสอบ

1. นำภาชนะบรรจุภัณฑ์ซึ่งมีการนำสินค้าบรรจุไว้ภายในแล้วจึงเติมด้วยวัสดุกันกระแทกประเภท
ชั้นในช่องว่างให้เต็ม ปิดผนึก

2. ทำการวัดขนาดของภาชนะบรรจุภัณฑ์ กว้าง X ยาว X สูง และทำการเขียนเลขกำกับหน้า
สำหรับการตกกระแทกไว้ 3 ด้าน สำหรับภาชนะบรรจุภัณฑ์เป็นกล่องสี่เหลี่ยม คือ บน, ล่าง และด้านข้าง

3. ปล่อยภาชนะบรรจุภัณฑ์ให้ตกแบบอิสระให้หน้าสัมผัสทดสอบสัมผัสกับโต๊ะทดสอบมากที่สุด
โดยมุมเอียงได้ไม่เกิน 2 องศา และ 5 องศา สำหรับขอบของภาชนะบรรจุภัณฑ์วัดจากศูนย์กลางในแนวตั้ง

4. ทำการบันทึกค่า ความสูงที่ใช้ในการตกกระแทก ขนาดของกล่องกระดาดลูกฟูก น้ำหนักรวม
ของสินค้า และจำนวนครั้งที่ทำการทดสอบการตกกระแทก

5. ทำการรายงานผลแต่ละด้านของการตกกระแทกของกล่องกระดาดลูกฟูก

การรายงานผล

รายงานค่าด้านแรงตกกระแทกเมื่อตกของภาชนะบรรจุภัณฑ์ เปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้
งาน (มาตรฐาน ASTM D - 5276)

5.3 การทดสอบการต้านแรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง มาตรฐาน ASTM D - 999

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ มีดังนี้

เครื่องทดสอบแรงสั่นสะเทือนในแนวตั้ง ประกอบด้วยโต๊ะสั่นสะเทือนที่ปรับความถี่ในการสั่นสะเทือน
ได้ โดยใช้ความถี่ในช่วง 2 - 5 เฮทซ์ (Hertz) รอบต่อนาที

วิธีการทดสอบ

1. นำภาชนะบรรจุภัณฑ์ซึ่งมีการนำสินค้าบรรจุไว้ภายในแล้วจึงเติมด้วยวัสดุกันกระแทกประเภท
ชั้นในช่องว่างให้เต็ม ปิดผนึก

2. วางภาชนะบรรจุภัณฑ์บนโต๊ะทดสอบ จับยึดชิ้นงานให้มีสภาพมั่นคงเหมือนขณะขนส่ง ติดตั้ง
เครื่องมือวัดค่าแรงสั่นสะเทือน

3. ค่อยๆ ปรับความถี่ในการสั่นสะเทือนจากศูนย์ไปจนกระทั่งสูงสุด โดยเริ่มความถี่น้อยประมาณ
0.5 - 1 อ็อคตาเวส จนกระทั่ง 5 เฮทซ์ (Hertz) การสั่นสะเทือนครบ 1 ชั่วโมงเป็นการวัดและอ่านค่า

4. ทำการปรับความถี่จากต่ำไปหาสูง 2-3 รอบ ต่อการทดสอบ 1 ครั้ง ทำการทดลองซ้ำตามระยะเวลาที่กำหนด หรือจนกระทั่งภาชนะบรรจุภัณฑ์เสียหาย

5. ทำการบันทึกค่าความเสียหายของภาชนะบรรจุภัณฑ์ เช่น ขนาด กว้างXยาวXสูง รวมทั้งความเสียหายของสินค้าภายใน สภาพของวัสดุกันกระแทกภายในหรือลักษณะของการบรรจุ

การรายงานผล

รายงานค่าต้านแรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง ของชิ้นทดสอบและเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งาน (มาตรฐาน ASTM D - 999)

6. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลผลิตที่ได้จากการทำวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากกันใบจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์ ซึ่งกำหนดขนาดและรูปทรง รวมจำนวน 6375 ชิ้น และวัสดุกันกระแทกจากโฟลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว รวมจำนวน 2125 ชิ้น มาทดสอบและเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานในภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง ในการต้านแรงกด การต้านแรงกระแทกเมื่อตก และการสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง ตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM แล้วนำผลมาเปรียบเทียบดูความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่างต่าง ๆ ที่นำมาทดสอบ

ผลสรุปที่ได้จากการทดสอบ จากห้องปฏิบัติการศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ผู้วิจัยจะนำผลเสนอดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกประเภทกันกระแทกมาตรฐาน ASTM D

ประเภทของวัสดุ กันกระแทก มาตรฐาน การทดสอบ	ก้านไปจาก รูปทรงสี่เหลี่ยม (กล่องที่ 1)	ก้านไปจาก รูปทรงตัวอักษรเอส (กล่องที่ 2)	ก้านไปจาก รูปทรงกระบอก (กล่องที่ 3)	โพลีไธรีน ที่ขยายตัวแล้ว (กล่องที่ 4)	เกณฑ์ที่กำหนดตาม มาตรฐาน ASTM D
การต้านแรงกด (มาตรฐาน ASTM D - 642)					กดกล่องพร้อมสินค้า ค่าการรับน้ำหนักได้ สูงสุด นิวตัน หรือ กิโลกรัม ใช้ความเร็ว 13 มิลลิเมตร / นาที
การต้านแรงกระแทกเมื่อตก (มาตรฐาน ASTM D - 5276)					ไม่น้อยกว่า 10 ครั้ง ที่ความสูง 762 มิลลิเมตร
การต้านแรงสั่นสะเทือน ของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อ การขนส่ง (มาตรฐาน ASTM D - 999)					4 เฮิพซ (Hertz) ใช้เวลา 1 ชั่วโมง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากกันใบจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์ตามกระบวนการที่กำหนดไว้ แล้วทำการทดสอบและเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานระหว่างวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากกันใบจากและวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้วในกล่องกระดาษลูกฟูก ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การต้านแรงกด การต้านแรงกระแทกเมื่อตก และการต้านแรงสั่นสะเทือนของกล่องกระดาษลูกฟูกเพื่อการขนส่ง เทียบเกณฑ์มาตรฐาน ASTM เสร็จแล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอในรายละเอียดโดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์คุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกทั้ง 2 ประเภท

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกทั้ง 2 ประเภท

1. การวิเคราะห์คุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกทั้ง 2 ประเภท

การทดลองผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากกันใบจาก จากการทดลองผลิตและทดสอบคุณลักษณะด้านการใช้งานด้วยเกณฑ์มาตรฐาน ASTM โดยมีรูปทรงและขนาดดังนี้

1.1 กันใบจากรูปทรงสี่เหลี่ยม จำนวน 425 ชิ้น บรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก ขนาด ก จำนวน 5 กล่อง รวม 2125 ชิ้น

1.2 กันใบจากรูปทรงตัวอักษรเอส จำนวน 425 ชิ้น บรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก ขนาด ก จำนวน 5 กล่อง รวม 2125 ชิ้น

1.3 กันใบจากรูปทรงกระบอก จำนวน 425 ชิ้น บรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก ขนาด ก จำนวน 5 กล่อง รวม 2125 ชิ้น

1.4 โพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว จำนวน 425 ชิ้น บรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก ขนาด ก จำนวน 5 กล่อง รวม 2125 ชิ้น

และได้นำวัสดุทดลองทั้งหมด คือ วัสดุกันกระแทก จำนวน 425 ชิ้น บรรจุอยู่ในกล่องกระดาษลูกฟูก จำนวน 20 กล่อง รวม 8500 ชิ้น มาทดสอบการต้านแรงกด ผลปรากฏดังตาราง 6, การต้านแรงกระแทกเมื่อตก ผลปรากฏดังตาราง 7, และการต้านแรงสั่นสะเทือนของกล่องกระดาษลูกฟูกเพื่อการขนส่ง ผลปรากฏดังตาราง 8

ตาราง 6 ผลการทดสอบการต้านแรงกดของวัสดุกันกระแทกประเภทชั้นในกล่องกระดาษลูกฟูก

ประเภทวัสดุกันกระแทก	ค่าการต้านแรงกด		ค่าเฉลี่ยการต้านแรงกด		หมายเหตุ
	นิวตัน	กิโลกรัมแรง	นิวตัน	กิโลกรัมแรง	
ก้านใบจาก รูปทรงสี่เหลี่ยม	1520	154.94			ทำการทดสอบโดยใช้แรงกด สูงสุด จนกล่องกระดาษเสีย รูปทรง อัตราความเร็วในการ กด 13 มิลลิเมตรต่อนาที
	1320	134.56	1353	138	
	1220	124.36			
ก้านใบจาก รูปทรงตัวอักษรเอส	1250	127.42			
	1350	137.61	1333	136	
	1400	142.71			
ก้านใบจาก รูปทรงกระบอก	1050	107.03			
	1300	132.52	1182	120	
	1310	133.54			
โฟลิสไทรินที่ขยายตัวแล้ว	1420	144.75			
	1410	143.73	1413	144	
	1410	143.73			
กล่องกระดาษลูกฟูกเปล่า (ไม่มีวัสดุกันกระแทก)	900	91.74			
	870	88.69	873	89	
	850	86.65			

จากตาราง สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองทำวัสดุกันกระแทกประเภทชั้นจากก้านใบจาก 3 รูปทรง
ที่บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก จำนวน 9 กล่อง และวัสดุกันกระแทกที่ทำจากโฟลิสไทรินที่ขยายตัวแล้วที่
บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก จำนวน 3 กล่อง และกล่องกระดาษลูกฟูกเปล่า จำนวน 3 กล่อง พบว่า วัสดุกัน
กระแทกประเภทชั้นที่ทำจากโฟลิสไทรินที่ขยายตัวแล้ว มีค่าการต้านแรงกดเฉลี่ยสูงสุดคือ 144 กิโลกรัมแรง
วัสดุกันกระแทกที่ทำจากก้านใบจากรูปทรงสี่เหลี่ยม มีค่าการต้านแรงกดเฉลี่ยเป็นอันดับ 2 คือ 138 กิโลกรัม
แรง วัสดุกันกระแทกที่ทำจากก้านใบจากรูปทรงตัวอักษรเอส มีค่าการต้านแรงกดเฉลี่ยเป็นอันดับ 3 คือ 136
กิโลกรัมแรง วัสดุกันกระแทกที่ทำจากก้านใบจากรูปทรงกระบอก มีค่าการต้านแรงกดเฉลี่ยเป็นอันดับ 4 คือ
120 กิโลกรัมแรงและกล่องกระดาษลูกฟูกเปลามีค่าการต้านแรงกดเฉลี่ยต่ำสุดคือ 89 กิโลกรัมแรง

ตาราง 7 ผลการทดสอบการต้านแรงกระแทกเมื่อตกของวัสดุกันกระแทกประเภทชั้นในกล่องกระดาษลูกฟูก

ประเภทของวัสดุกันกระแทก	การต้านแรงกระแทกเมื่อตก		น้ำหนักรวม (กิโลกรัม)	หมายเหตุ
	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้		
ก้านใบจากรูปทรงสี่เหลี่ยม	√		2.3	
ก้านใบจากรูปทรงตัวอักษรเอส	√		1.8	
ก้านใบจากรูปทรงกระบอก	√		2.1	
โพลิสไทรีนที่ขยายตัวแล้ว	√		1.3	

จากตาราง สามารถวิเคราะห์ผลการทดสอบการต้านแรงกระแทกเมื่อตกของวัสดุกันกระแทกประเภทชั้นจากก้านใบจาก 3 รูปทรง จำนวน 3 กล่อง และวัสดุกันกระแทกที่ทำจากโพลิสไทรีนที่ขยายตัวแล้ว 1 รูปทรง จำนวน 1 กล่อง พบว่าวัสดุกันกระแทกที่ทำจากก้านใบจากและวัสดุกันกระแทกที่ทำจากโพลิสไทรีนที่ขยายตัวแล้ว มีค่าการต้านแรงกระแทกเมื่อตกอยู่ในระดับใช้ได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน

ตาราง 8 ผลการทดสอบการต้านแรงสั่นสะเทือนของกล่องกระดาษลูกฟูกเพื่อการขนส่ง

ประเภทของวัสดุกันกระแทก	การต้านแรงสั่นสะเทือนของกล่องกระดาษลูกฟูกเพื่อการขนส่ง		น้ำหนักรวม (กิโลกรัม)	หมายเหตุ
	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้		
ก้านใบจากรูปทรงสี่เหลี่ยม	√		2.3	
ก้านใบจากรูปทรงตัวอักษรเอส	√		1.8	
ก้านใบจากรูปทรงกระบอก	√		2.1	
โพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว	√		1.3	

จากตาราง สามารถวิเคราะห์ผลการทดสอบการต้านแรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง ของวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจาก 3 รูปทรง จำนวน 3 กล่อง และวัสดุกันกระแทกที่ทำจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว 1 รูปทรง จำนวน 1 กล่อง พบว่าวัสดุกันกระแทกที่ทำจากก้านใบจากและวัสดุกันกระแทกที่ทำจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว มีค่าการต้านแรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่งอยู่ในระดับใช้ได้ เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน

2. การเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกทั้ง 2 ประเภท

การทดลองทำวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจากและโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว นำมาเปรียบเทียบกัน จากจำนวนตัวอย่างในการทดลอง รวม 20 กล่อง แบ่งเป็น ก้านใบจากรูปทรงตัวอักษรเอส 5 กล่อง จำนวน 2125 ชิ้น ก้านใบจากรูปทรงกระบอก 5 กล่อง จำนวน 2125 ชิ้น ก้านใบจากรูปทรงสี่เหลี่ยม 5 กล่อง จำนวน 2125 ชิ้น และโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว 5 กล่อง จำนวน 2125 ชิ้น ผลปรากฏการเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งาน ดังตาราง 9

ตาราง 9 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นเทียบเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D

ประเภทของวัสดุ กันกระแทก มาตรฐาน การทดสอบ	ก้านใบจาก รูปทรงสี่เหลี่ยม (กล่องที่ 1)	ก้านใบจาก รูปทรงตัวอักษรเอส (กล่องที่ 2)	ก้านใบจาก รูปทรงกระบอก (กล่องที่ 3)	โพลิสไตรีน ที่ขยายตัวแล้ว (กล่องที่ 4)	เกณฑ์ที่กำหนดตาม มาตรฐาน ASTM D
การต้านแรงกด (มาตรฐาน ASTM D - 642)	1353 นิวตัน หรือ 138 กิโลกรัมแรง	1333 นิวตัน หรือ 136 กิโลกรัมแรง	1182 นิวตัน หรือ 120 กิโลกรัมแรง	1413 นิวตัน หรือ 144 กิโลกรัมแรง	873 นิวตัน หรือ 89 กิโลกรัมแรง
การต้านแรงกระแทกเมื่อตก (มาตรฐาน ASTM D - 5276)	กล่องกระดาดหลุมพุก และสินค้าไม่ปรากฏ ความเสียหาย	กล่องกระดาดหลุมพุก และสินค้าไม่ปรากฏ ความเสียหาย	กล่องกระดาดหลุมพุก และสินค้าไม่ปรากฏ ความเสียหาย	กล่องกระดาดหลุมพุก และสินค้าไม่ปรากฏ ความเสียหาย	กล่องกระดาดหลุมพุก และสินค้าไม่ปรากฏ ความเสียหาย
การต้านแรงสั่นสะเทือน ของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อ การขนส่ง (มาตรฐาน ASTM D - 999)	กล่องกระดาดหลุมพุก และสินค้าไม่ปรากฏ ความเสียหาย	กล่องกระดาดหลุมพุก และสินค้าไม่ปรากฏ ความเสียหาย	กล่องกระดาดหลุมพุก และสินค้าไม่ปรากฏ ความเสียหาย	กล่องกระดาดหลุมพุก และสินค้าไม่ปรากฏ ความเสียหาย	กล่องกระดาดหลุมพุก และสินค้าไม่ปรากฏ ความเสียหาย

จากตาราง สามารถเปรียบเทียบคุณลักษณะระหว่างวัสดุกันกระแทกประเภทชั้นที่ทำจากกันไบจาก และวัสดุกันกระแทกประเภทชั้นที่ทำจากโพลีไทรินที่ขยายตัวแล้ว ได้ดังนี้วัสดุกันกระแทกประเภทชั้นที่ทำจากโพลีไทรินที่ขยายตัวแล้ว สามารถรับแรงกดได้สูงสุด คือ 144 กิโลกรัมแรง ขณะที่วัสดุกันกระแทกประเภทชั้นที่ทำจากกันไบจากรูปทรงสี่เหลี่ยมรับแรงกดได้ 138 กิโลกรัมแรง วัสดุกันกระแทกประเภทชั้นที่ทำจากกันไบจากรูปทรงตัวอักษรเอส รับแรงกดได้ 136 กิโลกรัมแรง และวัสดุกันกระแทกประเภทชั้นที่ทำจากกันไบจากรูปทรงกระบอก รับแรงกดได้ 120 กิโลกรัมแรง ในการต้านแรงกระแทกเมื่อตกที่ความสูง 762 มิลลิเมตร และการตกไม่น้อยกว่า 10 ครั้ง วัสดุกันกระแทกทั้ง 2 ประเภท สามารถป้องกันความเสียหายให้กับสินค้าได้ดีเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนการต้านแรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง ที่ความถี่ในการสั่น 4 เฮตซ์ (Hertz) ใช้เวลา 1 ชั่วโมง วัสดุกันกระแทกทั้ง 2 ประเภท สามารถป้องกันความเสียหายให้กับสินค้าได้ดีเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกัน

บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การทดลองผลิตร่วสดุก้นกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์ได้ดำเนินการดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อผลิตร่วสดุก้นกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์
2. เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานระหว่างร่วสดุก้นกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจาก และร่วสดุก้นกระแทกประเภทขึ้นจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้วในภาชนะบรรจุภัณฑ์ ทั้ง 3 ด้านตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM ดังนี้

2.1 การต้านแรงกด มาตรฐาน ASTM D – 642

2.2 การต้านแรงกระแทกเมื่อตก มาตรฐาน ASTM D – 5276

2.3 การต้านแรงฉีกฉีกของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง มาตรฐาน ASTM D – 999

ความสำคัญของการวิจัย

ได้ร่วสดุก้นกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์ ที่มีคุณลักษณะด้านการใช้งานเหมือนร่วสดุก้นกระแทกประเภทขึ้นจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว ตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D - 642, ASTM D - 5276 และ ASTM D - 999

สมมุติฐานการวิจัย

การทดลองผลิตร่วสดุก้นกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์ มีคุณลักษณะด้านการใช้งานเหมือนร่วสดุก้นกระแทกประเภทขึ้นจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว ตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D - 642, ASTM D - 5276 และ ASTM D - 999

การดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการทดลองผู้วิจัยได้ทำตามขั้นตอนดังนี้

การเตรียมก้านใบจาก

1. คัดเลือกก้อนใบจากที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 20 มิลลิเมตรขึ้นไป
2. นำมาตากแดดให้แห้ง
3. นำมาเข้าเครื่องคัดชั้นทดลอง
4. นำชั้นทดลองมาวัดขนาด ชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่า

การผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้อนใบจาก

1. นำชั้นทดลองที่เตรียมไว้เข้าเครื่องผลิตวัสดุกันกระแทก ปิดฝาครอบ ปิดวาล์วสำหรับไอน้ำออก พร้อมทั้งเปิดแล้วให้ไอน้ำเข้า โดยควบคุมแรงดันที่ 3 บาร์ ใช้เวลาประมาณ 2 นาที
2. นำชั้นทดลอง ออกจากเครื่องผลิตวัสดุกันกระแทก พักไว้ที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที เพื่อให้ชั้นทดลองมีการดูดซับน้ำทำให้มีการอ่อนตัว
3. นำชั้นทดลองมารีดอัดเพื่อไล่น้ำออก
4. นำชั้นทดลองที่ได้เข้าเครื่องผลิตวัสดุกันกระแทกอีกครั้ง ด้วยความดันของไอน้ำที่ 7 บาร์ ใช้เวลาประมาณ 5 นาที
5. ปิดวาล์วไอน้ำเข้าพร้อมทั้งเปิดวาล์วให้ไอน้ำออก
6. นำชั้นทดลองออกจากเครื่องผลิตวัสดุกันกระแทก
7. นำชั้นทดลองมาวัดขนาด ชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่า

การทดสอบและเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งาน

นำชั้นทดลองจากก้อนใบจาก จำนวน 8500 ชิ้น และโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว จำนวน 2125 ชิ้น ตามลำดับ โดยบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูกพร้อมด้วยสินค้า จำนวน 20 กล่อง ส่งเข้าห้องปฏิบัติการของ ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เพื่อทำการทดสอบและเปรียบเทียบคุณลักษณะการใช้งาน ด้านการต้านแรงกด การต้านแรงกระแทกเมื่อตก และการต้านแรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง ตามมาตรฐาน ASTM D – 642, ASTM D - 5276 และ ASTM D – 999 ตามลำดับ

วัสดุในการทดลอง

ได้แก่ วัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้อนใบจาก ซึ่งผ่านกระบวนการทำให้แห้งและอบด้วยไอน้ำ และวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว โดยมีรูปร่างและขนาดดังต่อไปนี้

1. รูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 20 x 45 x 20 มิลลิเมตร จำนวน 2125 ชิ้น
2. รูปทรงตัวอักษรเอส ขนาด 20 x 45 x 20 มิลลิเมตร จำนวน 2125 ชิ้น
3. รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 x 45 มิลลิเมตร จำนวน 2125 ชิ้น
4. โพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว ขนาด 20 x 45 x 20 มิลลิเมตร จำนวน 2125 ชิ้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง คือการทดสอบผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทประเภชขึ้นจากก้านใบจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยจึงได้แก่ ก้านใบจาก ใบมีดตัดวัสดุและชิ้นทดลอง เครื่องมือตัดชิ้นทดลอง เพื่อให้ได้รูปทรงและขนาดตามกำหนด เครื่องวัดอัดที่ปรับระยะได้ นาฬิกาจับเวลา เครื่องมือวัดละเอียด และเครื่องผลิตวัสดุกันกระแทก

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำกล่องกระดาษลูกฟูกซึ่งได้บรรจุสินค้าพร้อมวัสดุกันกระแทก ที่ทำจากก้านใบจากซึ่งผ่านกระบวนการอบด้วยไอน้ำ แล้ว ทั้ง 3 รูปทรง คือ รูปทรงตัวอักษรเอส จำนวน 5 กล่อง รูปทรงสี่เหลี่ยม จำนวน 5 กล่อง รูปทรงกระบอก จำนวน 5 กล่อง และวัสดุกันกระแทกที่ทำจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว บรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูกพร้อมสินค้า จำนวน 5 กล่อง และกล่องกระดาษลูกฟูกเปล่า จำนวน 3 กล่อง รวมทั้งสิ้น 20 กล่อง มาทดสอบคุณลักษณะในด้านการใช้งานทั้ง 3 ด้าน โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานการทดสอบภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง ตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM - D ด้วยเครื่องมือทดสอบ ได้แก่ เครื่องทดสอบการต้านแรงกด เครื่องทดสอบการต้านแรงกระแทกเมื่อตก และเครื่องทดสอบการต้านแรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง จากฝ่ายทดสอบของห้องปฏิบัติการศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย แล้วนำผลการทดสอบมาเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งาน ระหว่างวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นที่จากก้านใบจาก และวัสดุกันกระแทกที่ทำจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นจากก้านใบจากเพื่อการบรรจุภัณฑ์

ผลการทดลองผลิตปรากฏว่าวัสดุกันกระแทกจากก้านใบจากทั้ง 3 รูปทรง ได้แก่ รูปทรงสี่เหลี่ยม จำนวน 2125 ชิ้น รูปทรงตัวอักษรเอส จำนวน 2125 ชิ้น และรูปทรงกระบอก จำนวน 2125 ชิ้น จากการทดลองผลิตวัสดุกันกระแทกนั้น ผู้วิจัยได้เลียนแบบวัสดุกันกระแทก ที่ทำจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว ซึ่งมีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด คือรูปทรงตัวอักษรเอส ขนาด 20 x 45 x 20 มิลลิเมตร พบว่า วัสดุกันกระแทกรูปทรงสี่เหลี่ยมและรูปทรงกระบอก สามารถคงรูปทรงเดิมได้ ส่วนรูปทรงตัวอักษรเอส ไม่สามารถคงรูปทรงเดิมได้ แต่สามารถควบคุมความหนาได้ที่ 20 มิลลิเมตร เหมือนวัสดุกันกระแทกที่ผู้วิจัยเลียนแบบมา จึงสามารถนำไปทดลองและเปรียบเทียบคุณลักษณะในด้านการใช้งานร่วมกับภาชนะบรรจุภัณฑ์ได้

2. ผลการทดสอบและวิเคราะห์คุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทก ทั้ง 2 ชนิดในกล่องกระดาษลูกฟูก สรุปได้ดังนี้

2.1 การต้านแรงกดของวัสดุกันกระแทก มีผลดังนี้

2.1.1 รูปทรงสี่เหลี่ยม มีความสามารถต้านแรงกดเท่ากับ 138 กิโลกรัมแรง

ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานอยู่ 49 กิโลกรัมแรง

2.1.2 รูปทรงตัวอักษรเอส มีความสามารถด้านแรงกด เท่ากับ 136 กิโลกรัมแรง ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานอยู่ 47 กิโลกรัมแรง

2.1.3 รูปทรงกระบอก มีความสามารถด้านแรงกดเท่ากับ 120 กิโลกรัมแรง ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานอยู่ 31 กิโลกรัมแรง

2.1.4 เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 รูปทรงแล้ว พบว่ารูปทรงสี่เหลี่ยมค่าการด้านแรงกดสูงสุด

2.1.5 โพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว มีความสามารถด้านแรงกดเท่ากับ 144 กิโลกรัมแรง ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานอยู่ 55 กิโลกรัมแรง

2.2 การต้านแรงกระแทกเมื่อตก มีผลดังนี้

ผลการทดสอบปรากฏว่า วัสดุกันกระแทกที่ทำจากกันไบจากทั้ง 3 รูปทรง สามารถป้องกันความเสียหายให้กับสินค้าได้ดีเหมือนกับวัสดุกันกระแทกที่ทำจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว เพราะว่าไม่ปรากฏความเสียหายกับสินค้าแต่ประการใด

2.3 การต้านแรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง มีผลดังนี้

ผลการทดสอบปรากฏว่า วัสดุกันกระแทกที่ทำจากกันไบจากทั้ง 3 รูปทรง สามารถป้องกันความเสียหายให้กับสินค้าได้ดีเหมือนกับวัสดุกันกระแทกที่ทำจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว เพราะว่าไม่ปรากฏความเสียหายกับสินค้าแต่ประการใด

3. ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกทั้ง 2 ชนิดในกล่องกระดาษลูกฟูก

3.1 การต้านแรงกด เมื่อเปรียบเทียบความสามารถการต้านแรงกดระหว่างโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้วกับวัสดุกันกระแทกที่ทำจากกันไบจากรูปทรงสี่เหลี่ยม รูปทรงตัวอักษรเอส และรูปทรงกระบอก พบว่าโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว มีค่าสูงกว่าอยู่ 6, 8 และ 24 กิโลกรัมแรง ตามลำดับ

3.2 การต้านแรงกระแทกเมื่อตก พบว่า วัสดุกันกระแทกที่ทำจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้วและวัสดุกันกระแทกที่ทำจากกันไบจากทั้ง 3 รูปทรง มีความสามารถในการป้องกันความเสียหายให้กับสินค้าได้ดีเหมือนกัน เมื่อเทียบเกณฑ์มาตรฐาน

3.3 การต้านแรงสั่นสะเทือนของกล่องกระดาษลูกฟูกเพื่อการขนส่ง พบว่า วัสดุกันกระแทกที่ทำจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้วและวัสดุกันกระแทกที่ทำจากกันไบจากทั้ง 3 รูปทรง มีความสามารถในการป้องกันความเสียหายให้กับสินค้าได้ดีเหมือนกัน เมื่อเทียบเกณฑ์มาตรฐาน

อภิปรายผล

สรุปคุณลักษณะด้านการใช้งานของวัสดุกันกระแทกประเภทชั้นทั้ง 2 ชนิด

การต้านแรงกด วัสดุกันกระแทกประเภทชั้นจากกันไบจากทั้ง 3 รูปทรง มีความสามารถในการต้านแรงกดสูงกว่ากล่องเปล่าและสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เพราะว่าวัสดุกันกระแทกทำหน้าที่ในการรับแรงกด โดย

มีการแทรกตัว ซ้อนตัวกัน เป็นการลดช่องว่างระหว่างสินค้ากับกล่องกระดาษลูกฟูก เป็นการเพิ่มพื้นที่ในการรับแรงกดให้มากขึ้น และยังทำให้มีการกระจายแรงกดได้อย่างสม่ำเสมอ เป็นการเพิ่มความสามารถในการต้านแรงกดให้มากขึ้นไปด้วย สอดคล้องกับ มยุรี ภาคลำเจียก และอมรรัตน์ สวัสดิทิตี (2533 : 120) วัสดุกันกระแทกต้องมีความสามารถในการป้องกันแรงกดได้ เมื่อแรงกดนั้นเกินกว่ากล่องกระดาษลูกฟูกจะรับได้ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว พบว่ามีค่าการต้านแรงกดต่ำกว่า เพราะว่าวัสดุกันกระแทกจากก้านใบจากมีความสามารถในการคงรูปต่ำกว่า ความเรียบของผิวหน้าต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ มยุรี ภาคลำเจียก และอมรรัตน์ สวัสดิทิตี (2533 : 128) วัสดุกันกระแทกรูปทรงต่างกัน การจัดเรียงตัวต่างกัน การถ่ายเทแรงต่างกัน ความสามารถในการรับแรงกดต่างกันไปด้วย ซึ่งรูปทรงที่รับแรงกดได้ดีที่สุดจากก้านใบจาก คือ รูปทรงสี่เหลี่ยม

การต้านแรงกระแทกเมื่อตก วัสดุกันกระแทกที่ทำจากก้านใบจากรูปทรงสี่เหลี่ยม รูปทรงตัวอักษรเอส และรูปทรงกระบอก สามารถป้องกันความเสียหายให้กับสินค้าได้ดี เนื่องจากก้านใบจากมีคุณสมบัติเบี่ยงตันเหมือนโฟม ซึ่งสอดคล้องกับ นพรัตน์ บำรุงรักษ์ (2536 : 8) ได้กล่าวไว้ว่า โครงสร้างภายในของก้านใบจากมีรูพรุน มีลักษณะหยุ่นเมื่อแ่งน้ำหนักเบา ความหนาแน่นต่ำ ลอยน้ำได้ คุณสมบัติเบี่ยงตันคล้ายโฟม ใช้ประโยชน์เพื่อทำหน้าที่ในการประมง ทำจุกค็อก และใช้รองสิ่งของและสินค้าต่าง ๆ และวัสดุกันกระแทกสามารถแทรกตัวไปเติมเต็มระหว่างตัวสินค้าและกล่องกระดาษลูกฟูก และยับยั้งการเคลื่อนตัวของสินค้า จึงไม่ปรากฏความเสียหายกับสินค้าแต่ประการใด ซึ่งสอดคล้องกับ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ร่วมกับบริษัทแพคแมทส์ จำกัด (2541 : 43) กล่าวไว้ว่า คุณสมบัติของวัสดุกันกระแทกคือ ต้องปกป้องสินค้าและผลิตภัณฑ์ จากการเคลื่อนไหวภายในตัวภาชนะบรรจุภัณฑ์

การต้านแรงสั่นสะเทือนของกล่องกระดาษลูกฟูกเพื่อการขนส่ง วัสดุกันกระแทกที่ทำจากก้านใบจากรูปทรงสี่เหลี่ยม รูปทรงตัวอักษรเอส และรูปทรงกระบอก สามารถป้องกันความเสียหายให้กับสินค้าได้ดี เนื่องจากวัสดุกันกระแทกมีความยืดหยุ่น และยุบได้ตัวสูง จึงสามารถรับแรงสั่นสะเทือนได้ดี ไม่ปรากฏความเสียหายกับสินค้าแต่ประการใด ซึ่งสอดคล้องกับ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ร่วมกับบริษัทแพคแมทส์ จำกัด (2541 : 43) กล่าวไว้ว่า หลักการเลือกวัสดุกันกระแทก วัสดุกันกระแทกที่ดีต้องมีความยืดหยุ่นสูง สามารถลดแรงที่ส่งผ่านมายังตัวสินค้า เป็นการป้องกันการสั่นสะเทือนให้กับสินค้า

ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาคุณภาพของวัสดุกันกระแทกประเภทชิ้นที่ทำจากก้านใบจาก เพื่อให้ได้คุณลักษณะในด้านการใช้งานที่ดีขึ้น

1.1 ควรผลิตวัสดุกันกระแทกจากก้านใบจากรูปทรงสี่เหลี่ยม เพื่อใช้เป็นวัสดุทดแทน โพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้วในการบรรจุภัณฑ์ต่อไป

1.2 ควรอบวัสดุกันกระแทกจากก้านใบจากด้วยไอน้ำแห้ง หรือ อบโดยไม่ให้สัมผัสกับไอน้ำโดยตรงเพื่อป้องกันความชื้น ซึ่งจะก่อให้เกิดเชื้อราขึ้นได้

1.3 ควรนำวัสดุกันกระแทกประเภทชิ้นที่ทำจากก้านใบจาก ใส่ถุงพลาสติกเพื่อป้องกันฝุ่นละอองไปเกาะจับติดตัวสินค้า ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายให้กับผลิตภัณฑ์ได้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

- 2.1 ควรศึกษาวิจัยกระบวนการผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทอื่นจากกันใบจาก เพื่อการบรรจุภัณฑ์ที่จะพัฒนาเป็นระบบอุตสาหกรรม
- 2.2 ควรศึกษาวิจัยการนำกันใบจากเพื่อผลิตวัสดุกันกระแทกประเภทอื่น เช่น วัสดุกันกระแทกเข้ากับรูปทรงของสินค้า และวัสดุกันกระแทกใส่เข้ามุมของภาชนะบรรจุภัณฑ์
- 2.3 ควรศึกษาวิจัยเพื่อป้องกันการดูดซับน้ำของวัสดุกันกระแทกที่ทำจากกันใบจาก

บรรณานุกรม

- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ร่วมกับบริษัทแพคแมทส์ จำกัด. (2541). "การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร," ใน เอกสารประกอบการอบรม. กรุงเทพฯ : กรมฯ ร่วมกับบริษัทแพคแมทส์ จำกัด.
- กิตติภูมิ มีประดิษฐ์. (2540). มนุษย์อุตสาหกรรมและสภาพแวดล้อม. กรุงเทพฯ : ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา ฝ่ายเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- ไกรสร ลีธาร. (2538). รายงานการฝึกอบรมเครื่องจักรผลิตก้อนฟอง ประเทศสาธารณรัฐเยอรมัน. กรุงเทพฯ : โรงงานยาสูบ กรมสรรพสามิต.
- งามทิพย์ ภู่วโรดม และสุขเกษม สิทธิพนธ์. (2536). "การผลิตไบโตนึงแห้งเพื่อการบรรจุ," ใน รายงานผลการวิจัยประจำปี 2536. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- ชัยวัฒน์ เจนาณิชัย. (2526). โพลีเมอร์เชิงพาณิชย์. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- ดำรงศักดิ์ ชัยสนิท และก่อเกียรติ วิริยะกิจพัฒนา. (2537). การบรรจุภัณฑ์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สยามสเตชันเนอรีซัพพลายส์.
- เทียมใจ คมกฤส. (2536). โครงสร้างของไม้ป่าชายเลน = THE STRUCTURE OF MANGROVE PLANTS. กรุงเทพฯ : ฌลองรัตน์.
- ธเนศ ศรีสถิตย์. (2533). มลภาวะของพลาสติกและโฟม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธีรยุทธ กลิ่นสุคนธ์. (2534). "การเกิดพิษของไวนิลคลอไรด์ต่อดับของสัตว์ทดลองและคน พิษวิทยาทางอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม," ใน รายงานประชุมวิชาการ ประจำปี 2534. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.
- นพรัตน์ บำรุงรักษ์. (2544). ต้นจาก...พืชเศรษฐกิจของป่าชายเลน = NIPA PALM AN ECONOMIC CROP OF MANGROVES. กรุงเทพฯ : เฟื่องฟ้าพรินติ้ง.
- นพรัตน์ บำรุงรักษ์ และ นริศ แก้วสินวล. (2538). "บทคัดย่อการใช้ประโยชน์ของต้นจากบริเวณลุ่มแม่น้ำปากพนัง จ. นครศรีธรรมราช," ใน เอกสารการสัมมนาแบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : กองโครงการประสานงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

- นุกิต เอี่ยมใส. (2538). *การทดลองทำภาชนะบรรจุอาหารจากกากกล้วย*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บรรเลง ศรีนิล. (2540). *เทคโนโลยีพลาสติก*. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ : ประชาชน.
- มยุรี ภาคลำเจียก และ อมรรัตน์ สวัสดิ์ทัด. (2533). *คู่มือการใช้พลาสติกเพื่อการหีบห่อ*. กรุงเทพฯ : ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2542). *บทคัดย่อการออกแบบและการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุกันกระแทก*. กรุงเทพฯ : ศูนย์คอมพิวเตอร์คณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ มหาวิทยาลัย.
- รังสรรค์ ปิ่นทอง. (2534). *โฟมกับปัญหาสิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.
- วงจันทร์ วงศ์แก้ว และสมบูรณ์ เตชะพัฒนวัฒน์. (2538). "ศักยภาพของจาก," ใน *เอกสารประกอบการสัมมนาการอนุรักษ์และการบริหารแนวศวิทยาของป่าชายเลนของทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้*. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ สาขาพฤกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2529). *หลักการทดสอบวัสดุและภาชนะบรรจุ*. กรุงเทพฯ : ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันฯ.
- _____. (2533). *การวิเคราะห์คุณสมบัติของพลาสติกเพื่อการหีบห่อ*. กรุงเทพฯ : ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันฯ.
- _____. (2533). "การนำโพลียูรีเทนโฟมมาทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม," ใน *เอกสารประกอบการสัมมนา*. กรุงเทพฯ : กองบริการอุตสาหกรรม ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันฯ.
- _____. (2538). *Packaging User ' Handbook*. กรุงเทพฯ : ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันฯ.
- สนิท อักษรแก้ว และคณะ. (2535). *พันธุ์ไม้ป่าชายเลน = PLANTS IN MANGROVES*. กรุงเทพฯ : ฉลองรัตน์.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2539). *ข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปทำจากพลาสติกที่ใช้แล้ว*. กรุงเทพฯ : สำนักงานเลขานุการโครงการฉลากเขียว สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย สำนักงานฯ.
- สุรศักดิ์ มีวงศ์. (2542). *การพัฒนาพอลิเมอร์จากเศษพอลิเมอร์เหลือใช้เพื่อผลิตหมวกนิรภัย*. วิทยานิพนธ์ กศ. ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

อมรรัตน์ สวัสดิ์ทิต. (2534). *บรรจุภัณฑ์ทันสมัย*. กรุงเทพฯ : ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

ASTM International. (1995). *Annual Book Of ASTM Standards*. West Conshohocken : ASTM International.

The City University. (1975). *USE OF PLASTICS IN SHOCK PROOF PACKGING*. London : The City University.



คำขอบริการที่ 543/460320

ที่ ศบท. 543/46

แผ่นที่ 1/2

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

คณะอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

ถนนสุขุมวิท ซอย 23 กรุงเทพฯ 10110

การทดสอบ/วิเคราะห์:- กล่องกระดาษถูกฟูกบรรจุสินค้า

วิธีทดสอบ/วิเคราะห์:- ASTM D 5276-94 Drop test for Loaded Containers by Free Fall

ภาวะการทดสอบ:- อุณหภูมิ - °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ - %

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์:-

ดั่งแนบ

FS-PKL-09-002 Issue No.1

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

๑๙๖ พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๙๐๐

โทร. (๖๖) ๐ ๒๕๗๙ ๑๑๒๑-๓๐, ๐ ๒๕๗๙ ๕๕๑๕, ๐ ๒๕๗๙ ๐๑๖๐ โทรสาร (๖๖) ๐ ๒๕๖๑ ๔๗๗๑

E-mail: tistr@tistr.or.th WWW.tistr.or.th



คำขอบริการที่ 543/460320

ที่ ศบท. 543/46

แผ่นที่ 2/2

กล่องที่ 1	สินค้าและบรรจุภัณฑ์ไม่ปรากฏความเสียหาย
กล่องที่ 2	สินค้าและบรรจุภัณฑ์ไม่ปรากฏความเสียหาย
กล่องที่ 3	สินค้าและบรรจุภัณฑ์ไม่ปรากฏความเสียหาย
กล่องที่ 4	สินค้าและบรรจุภัณฑ์ไม่ปรากฏความเสียหาย

หมายเหตุ :	1) ความสูงของการตกกระแทก	:	762 มิลลิเมตร
	2) จำนวนครั้งของการตกกระแทก/กล่อง	:	10
	3) ตำแหน่งของการตกกระแทก	:	1 มุม , 3 ขอบ , 6 ด้าน
	4) มิติภายนอก	:	350 x 230 x 140 มิลลิเมตร
	5) จำนวนชิ้นทดสอบ	:	4
	6) น้ำหนักรวม , กิโลกรัม		
	- กล่องที่ 1	:	1.3
	- กล่องที่ 2	:	1.8
	- กล่องที่ 3	:	2.1
	- กล่องที่ 4	:	2.3

ผู้ทดสอบ/วิเคราะห์

ผู้รับรอง

(นายไพศักดิ์ อนันต์นุกูล)

รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าห้องปฏิบัติการทดสอบการบรรจุภัณฑ์

ผู้ตรวจสอบ

ลงนามแทน

ผู้อำนวยการ

ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย

(นายไพศักดิ์ อนันต์นุกูล)

รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าห้องปฏิบัติการทดสอบการบรรจุภัณฑ์

วันที่ 25 มีนาคม 2546

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ/วิเคราะห์เท่านั้น

ห้ามนำผลการทดสอบ/วิเคราะห์ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก ว.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

FS-PKL-09-002 Issue No.1

๑๙๖ พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๙๐๐
โทร. (๖๖) ๐ ๒๕๗๙ ๑๑๒๑-๓๐, ๐ ๒๕๗๙ ๕๕๑๕, ๐ ๒๕๗๙ ๐๑๖๐ โทรสาร (๖๖) ๐ ๒๕๖๑ ๔๗๗๑
E-mail: tistr@tistr.or.th WWW.tistr.or.th



คำขอบริการที่ 542/460320

ที่ ศบท. 542/46

แผ่นที่ 1/2

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

คณะอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

ถนนสุขุมวิท ซอย 23 กรุงเทพฯ 10110

การทดสอบ/วิเคราะห์:- กล่องกระดาษลูกฟูกบรรจุสินค้า

วิธีทดสอบ/วิเคราะห์:- ASTM D 999-96 Vibration testing of Shipping Containers

ภาวะการทดสอบ:- อุณหภูมิ - °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ - %

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์:-

ดั่งแนบ



คำขอบริการที่ 542/460320

ที่ สปท. 542/46

แผ่นที่ 2/2

กล่องที่ 1	สินค้าและบรรจุภัณฑ์ไม่ปรากฏความเสียหาย
กล่องที่ 2	สินค้าและบรรจุภัณฑ์ไม่ปรากฏความเสียหาย
กล่องที่ 3	สินค้าและบรรจุภัณฑ์ไม่ปรากฏความเสียหาย
กล่องที่ 4	สินค้าและบรรจุภัณฑ์ไม่ปรากฏความเสียหาย

หมายเหตุ :	1) ความถี่ของการสั่นสะเทือน	:	240	รอบต่อนาที
	2) ระยะของการสั่นสะเทือน	:	25	มิลลิเมตร
	3) ระยะเวลาทดสอบ	:	60	นาที
	4) มิติภายนอก	:	350 x 230 x 140	มิลลิเมตร
	5) จำนวนชิ้นทดสอบ	:	4	
	6) น้ำหนักรวม , กิโลกรัม			
	- กล่องที่ 1	:	1.3	
	- กล่องที่ 2	:	1.8	
	- กล่องที่ 3	:	2.1	
	- กล่องที่ 4	:	2.3	

ผู้ทดสอบ/วิเคราะห์

ผู้รับรอง

(นายไพศักดิ์ อนันต์นุกูล)

รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าห้องปฏิบัติการทดสอบการบรรจุภัณฑ์

ผู้ตรวจสอบ

ลงนามแทน

ผู้อำนวยการ

ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย

(นายไพศักดิ์ อนันต์นุกูล)

รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าห้องปฏิบัติการทดสอบการบรรจุภัณฑ์

วันที่ 25 มีนาคม 2546

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ/วิเคราะห์เท่านั้น

ห้ามนำผลการทดสอบ/วิเคราะห์ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.



วว.

64

คำขอบริการที่ 627/460417

ที่ สปท 627/46

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

สาขาวิชา อุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

ซอย สุขุมวิท 23 ถ. สุขุมวิท กทม. 10110

การทดสอบ/วิเคราะห์:-กล่องกระดาษลูกฟูก รหัส กล่อง + วัสดุกันกระแทกโฟม PS รูปตัว S

วิธีทดสอบ/วิเคราะห์:- ASTM D 642-94 Determining Compressive Resistance of Shipping Containers, Components, and Unit Loads.

ภาวะ การทดสอบ:- อุณหภูมิ - °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ - %

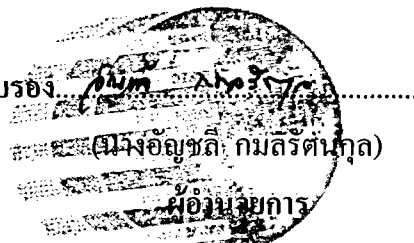
ผลการทดสอบ/วิเคราะห์:

ความต้านแรงกด 144 กิโลกรัมแรง

- หมายเหตุ: 1) มิติภายใน : 340 x 220 x 134 มิลลิเมตร
2) ชนิดของกล่อง : Die - cut
3) การพิมพ์ : พิมพ์ที่ตัวกล่อง
4) จำนวนชั้นทดสอบ : 3

ผู้ทดสอบ/วิเคราะห์

ผู้รับรอง



ผู้ตรวจสอบ

(นายไพศักดิ์ อนันต์นุกูล)

ศูนย์การบรรจุมหัทธไทย

วว.

รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าห้องปฏิบัติการทดสอบการบรรจุภัณฑ์

วันที่ 21 เมษายน 2546

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ/วิเคราะห์เท่านั้น
ห้ามนำผลการทดสอบ/วิเคราะห์ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.

FS-PKL-09-002 Issue No.1

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

๑๙๖ พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๙๐๐

โทร. (๖๖) ๐ ๒๕๗๙ ๑๑๒๑-๓๐, ๐ ๒๕๗๙ ๕๕๑๕, ๐ ๒๕๗๙ ๐๑๖๐ โทรสาร (๖๖) ๐ ๒๕๖๑ ๔๗๗๑
E-mail: tistr@tistr.or.th WWW.tistr.or.th



คำขอบริการที่ 624/460417

ที่ ศบท 624/46

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

สาขาวิชา อุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

ซอย สุขุมวิท 23 ถ. สุขุมวิท กทม. 10110

การทดสอบ/วิเคราะห์:-กล่องกระดาษลูกฟูก รหัส กล่อง + วัสดุกันกระแทกรูปทรงสี่เหลี่ยม

วิธีทดสอบ/วิเคราะห์:- ASTM D 642-94 Determining Compressive Resistance of Shipping Containers, Components, and Unit Loads.

ภาวะ การทดสอบ:- อุณหภูมิ - °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ - %

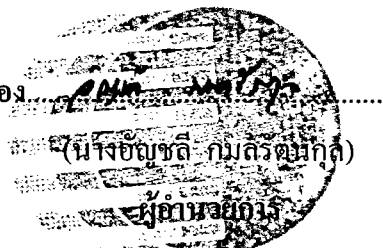
ผลการทดสอบ/วิเคราะห์:

ความต้านแรงกด 138 กิโลกรัมแรง

- หมายเหตุ: 1) มิติภายใน : 340 x 220 x 134 มิลลิเมตร
2) ชนิดของกล่อง : Die - cut
3) การพิมพ์ : พิมพ์ที่ตัวกล่อง
4) จำนวนชิ้นทดสอบ : 3

ผู้ทดสอบ/วิเคราะห์

ผู้รับรอง



ผู้ตรวจสอบ

(นายไพศักดิ์ อนันต์นุกูล)

ศูนย์การบรรจหีบห่อไทย

วว.

รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าห้องปฏิบัติการทดสอบการบรรจุภัณฑ์

วันที่ 21 เมษายน 2546

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ/วิเคราะห์เท่านั้น
ห้ามนำผลการทดสอบ/วิเคราะห์ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.



คำขอบริการที่ 625/460417

ที่ สปท 625/46

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

สาขาวิชา อุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

ซอย สุขุมวิท 23 อ. สุขุมวิท กทม. 10110

การทดสอบ/วิเคราะห์:- กล้องกระดาษลูกฟูก รหัส กล้อง + วัสดุกันกระแทกรูปตัว S

วิธีทดสอบ/วิเคราะห์:- ASTM D 642-94 Determining Compressive Resistance of Shipping Containers, Components, and Unit Loads.

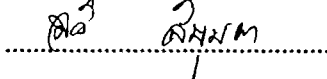
ภาวะ การทดสอบ:- อุณหภูมิ - °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ - %

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์:

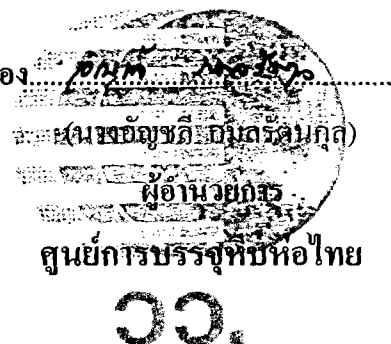
ความต้านแรงกด 136 กิโลกรัมแรง

- หมายเหตุ: 1) มิติภายใน : 340 x 220 x 134 มิลลิเมตร
2) ชนิดของกล้อง : Die - cut
3) การพิมพ์ : พิมพ์ตัวกล้อง
4) จำนวนชิ้นทดสอบ : 3

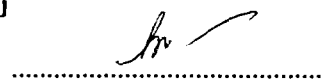
ผู้ทดสอบ/วิเคราะห์



ผู้รับรอง



ผู้ตรวจสอบ



(นายไพศักดิ์ อนันต์บุญกุล)

รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าห้องปฏิบัติการทดสอบการบรรจุภัณฑ์

วันที่ 21 เมษายน 2546

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ/วิเคราะห์เท่านั้น
ห้ามนำผลการทดสอบ/วิเคราะห์ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.



๖๖.

67

คำขอบริการที่ 626/460417

ที่ ศบท 626/46

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

สาขาวิชา อุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

ซอย สุขุมวิท 23 ถ. สุขุมวิท กทม. 10110

การทดสอบ/วิเคราะห์:- กล้องกระดาษลูกฟูก รหัส กล่อง + วัสดุกันกระแทกรูปทรงกระบอก

วิธีทดสอบ/วิเคราะห์:- ASTM D 642-94 Determining Compressive Resistance of Shipping Containers, Components, and Unit Loads.

ภาวะ การทดสอบ:- อุณหภูมิ - °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ - %

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์:

ความต้านแรงกด 120 กิโลกรัมแรง

- หมายเหตุ: 1) มิติภายใน : 340 x 220 x 134 มิลลิเมตร
2) ชนิดของกล่อง : Die - cut
3) การพิมพ์ : พิมพ์ที่ตัวกล่อง
4) จำนวนชิ้นทดสอบ : 4

ผู้ทดสอบ/วิเคราะห์

ผู้รับรอง

(นางอัญชลี กมลรัตนกุล)
ผู้อำนวยการ
ศูนย์การบริจจุหบห่อไทย
๖๖.

ผู้ตรวจสอบ

(นายไพศักดิ์ อนันต์นุกูล)

รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าห้องปฏิบัติการทดสอบการบรรจุภัณฑ์

วันที่ 21 เมษายน 2546

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ/วิเคราะห์เท่านั้น
ห้ามนำผลการทดสอบ/วิเคราะห์ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.

FS-PKL-09-002 Issue No.1

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

๑๙๖ พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๙๐๐

โทร. (๖๖) ๐ ๒๕๗๙ ๑๑๒๑-๓๐, ๐ ๒๕๗๙ ๕๕๑๕, ๐ ๒๕๗๙ ๐๑๖๐ โทรสาร (๖๖) ๐ ๒๕๖๑ ๔๗๗๑

E-mail: tistr@tistr.or.th WWW.tistr.or.th



คำขอบริการที่ 623/460417

ที่ สปท 623/46

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

สาขาวิชา อุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

ซอย สุขุมวิท 23 ถ. สุขุมวิท กทม. 10110

การทดสอบ/วิเคราะห์:- กล่องกระดาดลูกฟูก รหัส กล่องเปล่า

วิธีทดสอบ/วิเคราะห์:- ASTM D 642-94 Determining Compressive Resistance of Shipping Containers, Components, and Unit Loads.

ภาวะ การทดสอบ:- อุณหภูมิ - °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ - %

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์:

ความต้านแรงกด 89 กิโลกรัมแรง

- หมายเหตุ: 1) มิติภายใน : 340 x 220 x 134 มิลลิเมตร
2) ชนิดของกล่อง : Die - cut
3) การพิมพ์ : พิมพ์ที่ตัวกล่อง
4) จำนวนชิ้นทดสอบ : 3

ผู้ทดสอบ/วิเคราะห์

ผู้รับรอง

(นางอัญชลี กมลรัตนกุล)
ผู้อำนวยการ
ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย

ผู้ตรวจสอบ

(นายไพศักดิ์ อนันต์นุกูล)

รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าห้องปฏิบัติการทดสอบการบรรจุภัณฑ์

วันที่ 21 เมษายน 2546

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ/วิเคราะห์เท่านั้น
ห้ามนำผลการทดสอบ/วิเคราะห์ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.



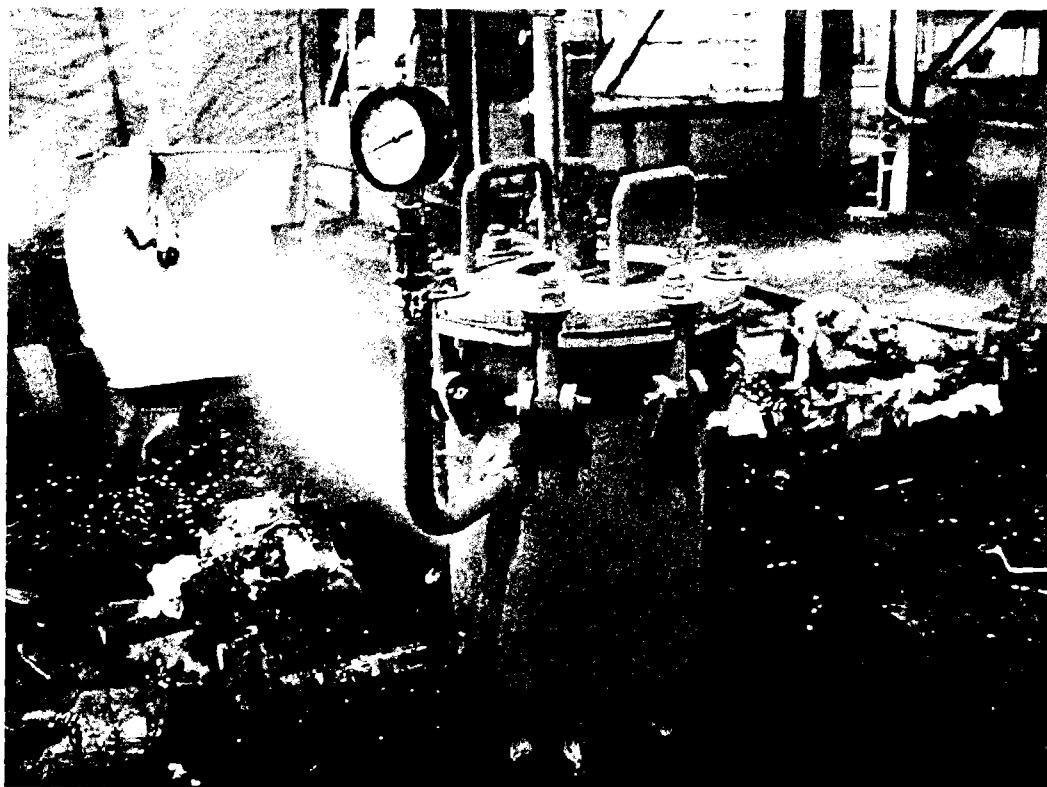
ภาพแสดง ระบบนิเวศวิทยาของต้นจาก



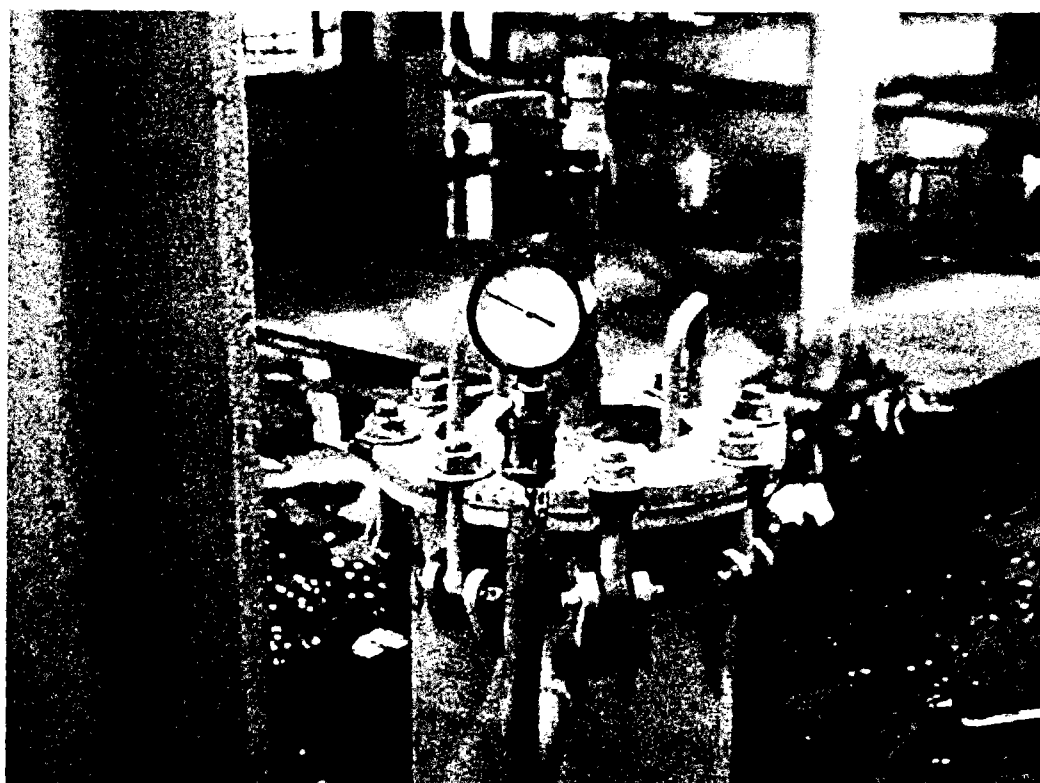
ภาพแสดง กำนัไปจากและการเตรียมการปาดน้ำหวาน



ภาพแสดง กำนัไปจากและการเตรียมใช้ประโยชน์จากก้านข้อผล



ภาพแสดง การอบชิ้นทดลองด้วยไอน้ำที่ความดัน 3 บาร์



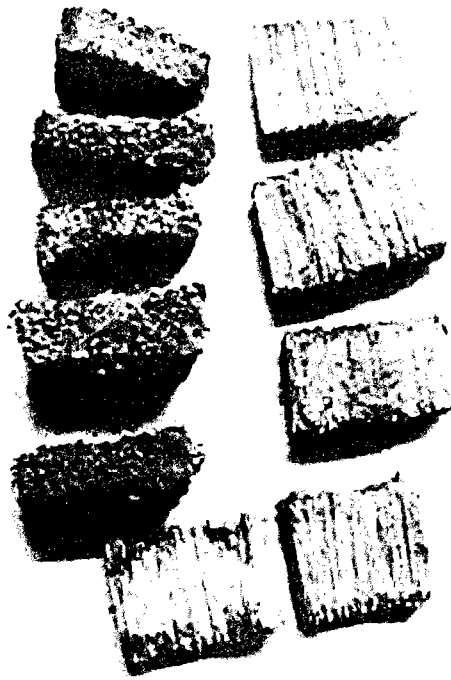
ภาพแสดง การอบชิ้นทดลองด้วยไอน้ำที่ความดัน 7 บาร์



ภาพแสดง วัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นรูปทรงอักษรเอส



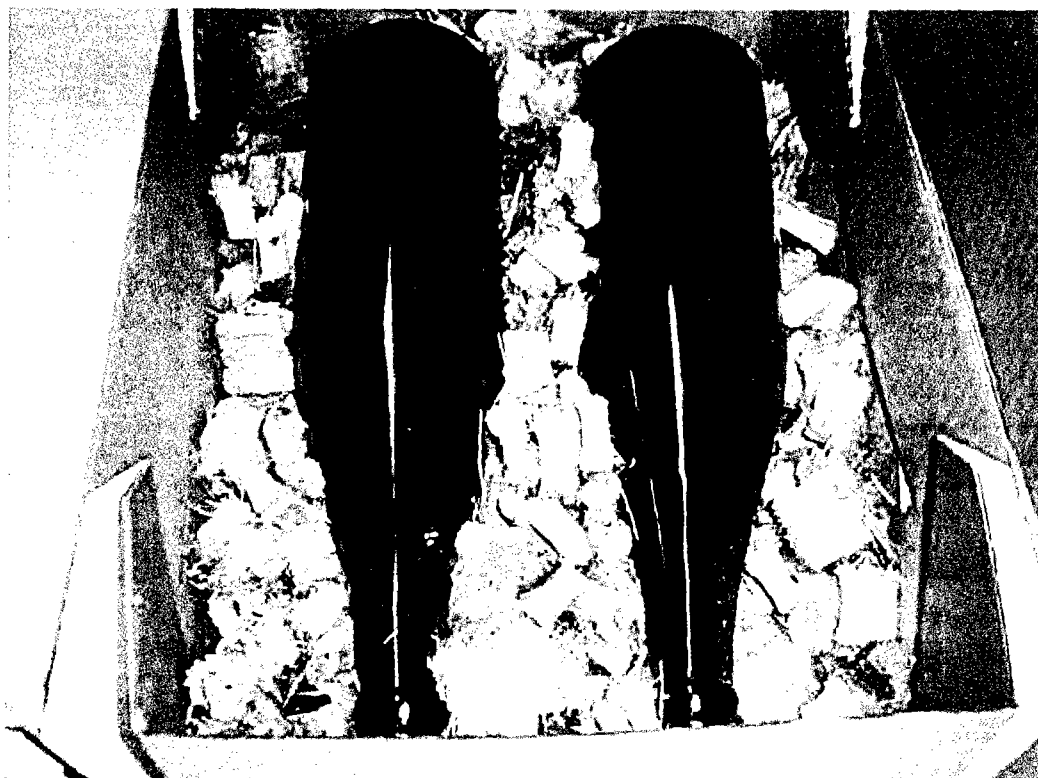
ภาพแสดง วัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นรูปทรงกระบอก



ภาพแสดง วัสดุกันกระแทกประเภทขึ้นรูปทรงลูกบาศก์ผืนผ้า



ภาพแสดง วัสดุกันกระแทกที่ทำจากโพลิสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว



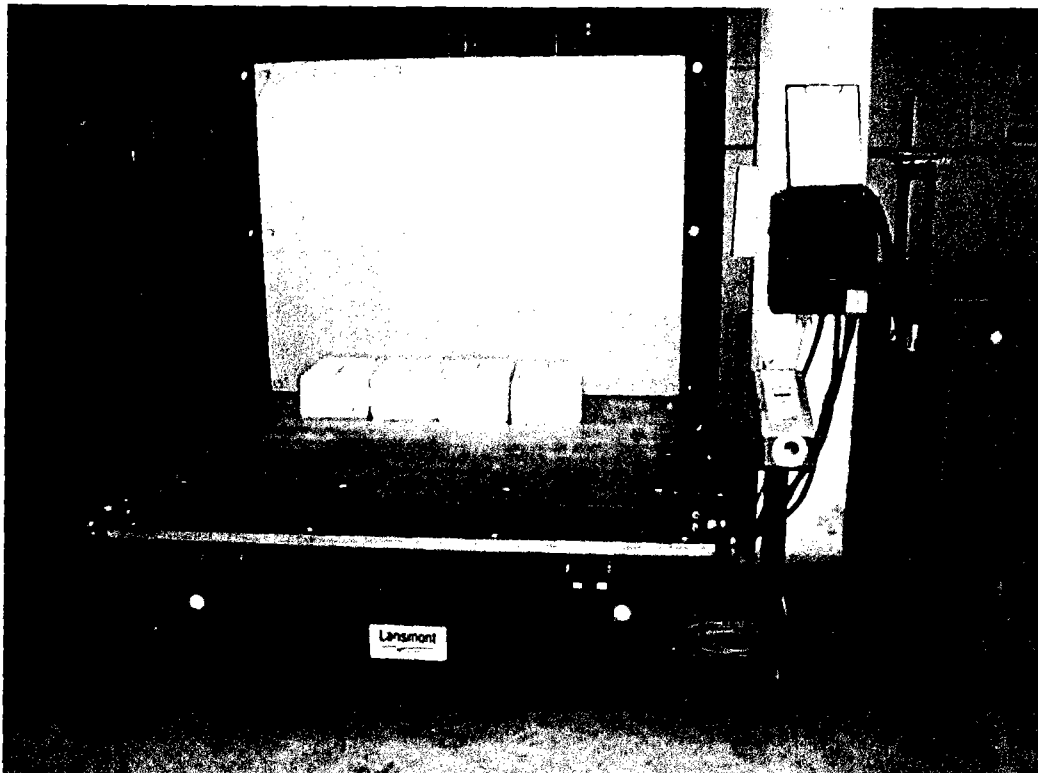
ภาพแสดง การบรรจุสินค้าและวัสดุกันกระแทกที่ทำจากกันไบจาก ร่วมกับภาชนะบรรจุภัณฑ์



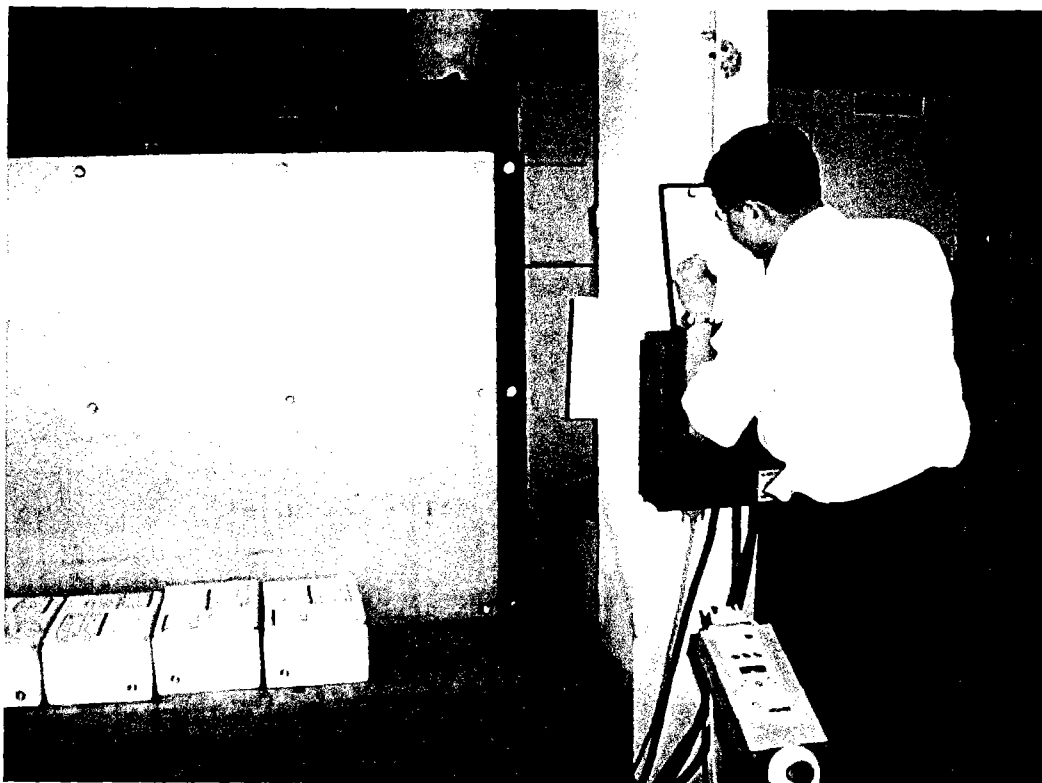
ภาพแสดง การบรรจุสินค้า และวัสดุกันกระแทกที่ทำจากโพลีสไตรีนที่ขยายตัวแล้ว ร่วมกับภาชนะบรรจุภัณฑ์



ภาพแสดง วิธีการเติมวัสดุกันกระแทกจนเต็มเพื่อป้องกันความเสียหายให้กับสินค้า



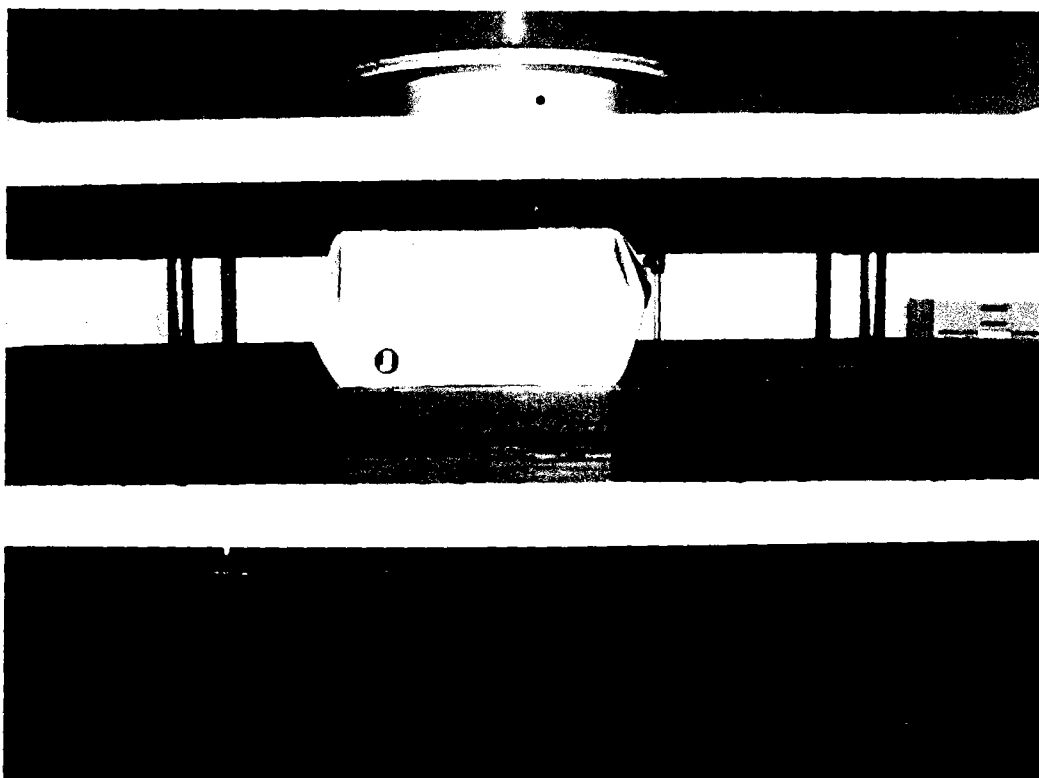
ภาพแสดง ขณะทดสอบการต้านแรงสั่นสะเทือนภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง



ภาพแสดง การบันทึกค่าแรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง



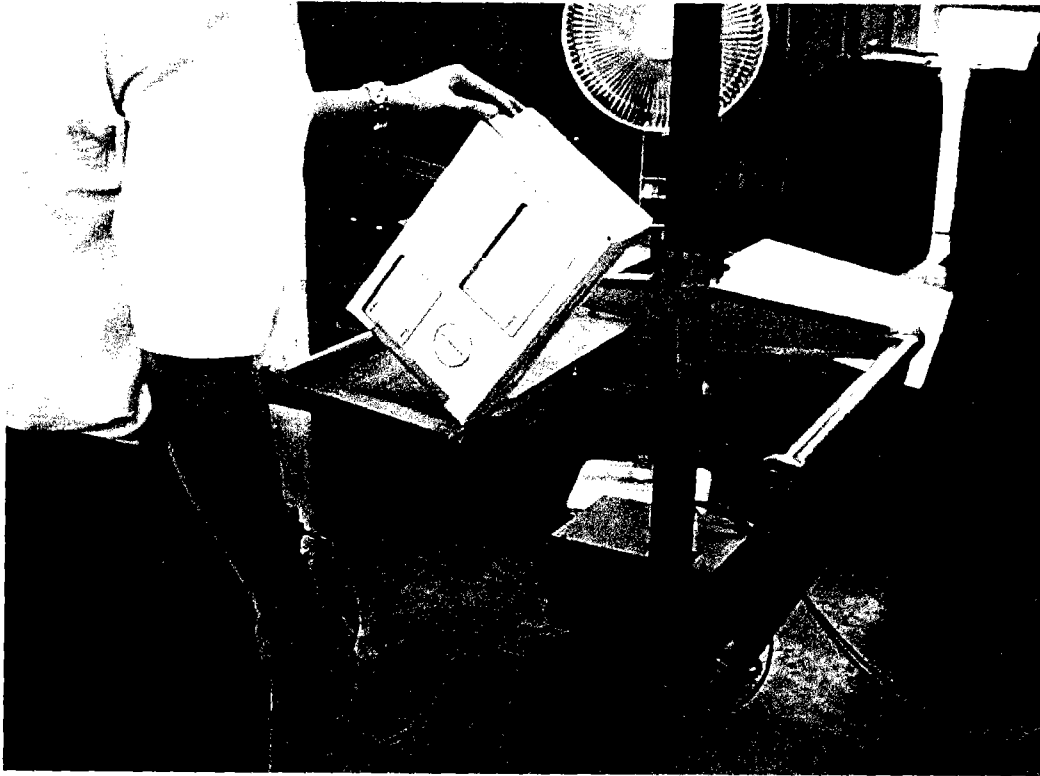
ภาพแสดง การตั้งความถี่ 4 Hertz เพื่อทดสอบแรงสั่นสะเทือนของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง



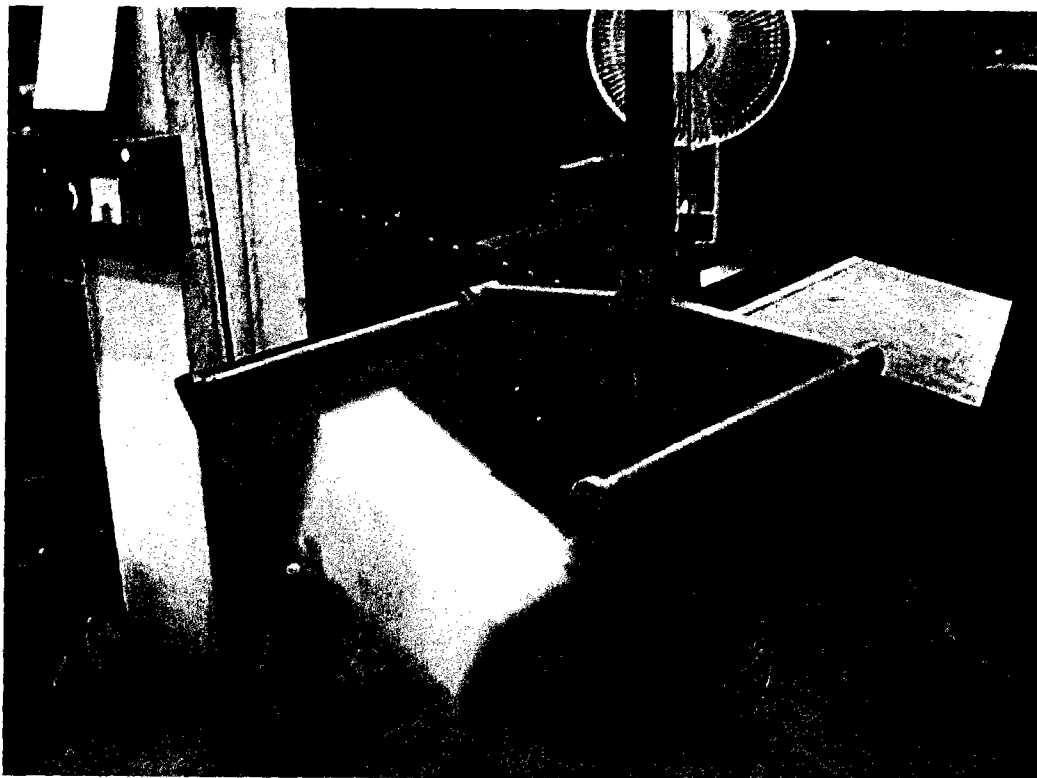
ภาพแสดง การเสียหายของกล่องกระดามขณะมีแรงกดทับสูงสุดโดยสินค้าไม่เสีย



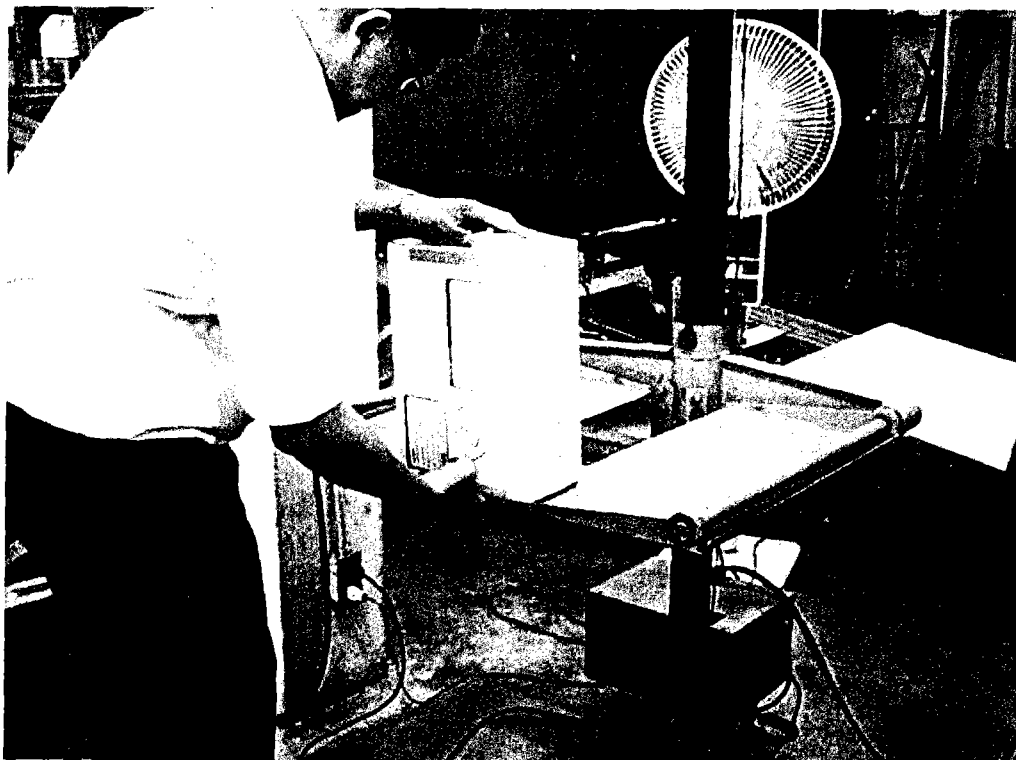
ภาพแสดง การตั้งค่าความเร็วในการกดทับขึ้นทดลอง



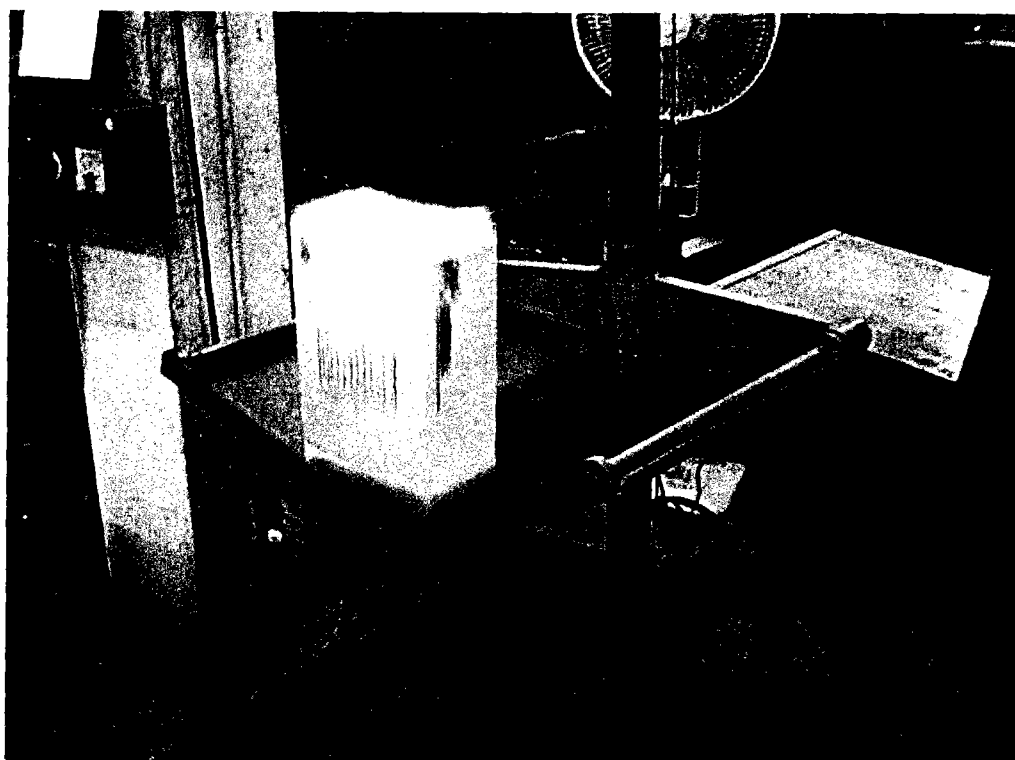
ภาพแสดง การทดสอบการต้านแรงกรแทกเมื่อตก (ด้านมุม)



ภาพแสดง การตกของชั้นทดสอบ (ด้านมุม)



ภาพแสดง การทดสอบการต้านแรงกระแทกเมื่อตก (ด้านข้าง)



ภาพแสดง การตกของชิ้นทดสอบ (ด้านข้าง)

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายอดุลย์ คล้ายหนู
วันเดือนปีเกิด	17 ธันวาคม 2510
สถานที่เกิด	อ. หัวไทร จ. นครศรีธรรมราช
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	246/60 นิติยาแมนชั่น ห้อง 409 ถ. รังสิต – ปทุมธานี ต. ประชาธิปัตย์ อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12130
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	วิศวกร
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บ. วิศวกรรมพัฒนา จำกัด 52 หมู่ 7 ถ. ลาดหลุมแก้ว – ปทุมธานี ต. คูบางหลวง อ. ลาดหลุมแก้ว จ. ปทุมธานี 12120
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2525	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนจรัสพิชากร
พ.ศ. 2529	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ช่างยนต์) วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช
พ.ศ. 2533	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ช่างยนต์) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้ สงขลา
พ.ศ. 2537	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีเครื่องกล) สถาบันราชภัฏพระนคร
พ.ศ. 2546	การศึกษามหาบัณฑิต (อุตสาหกรรมศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ