



การศึกษาและพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทก เครื่องแก้วจากกระดาษรีไซเคิลและเส้นใยธรรมชาติ

หทัยกาญจน์ ไบนานา

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและทดสอบวัสดุเพื่อการออกแบบบรรจุภัณฑ์เครื่องแก้วจากกระดาษรีไซเคิลและเส้นใยธรรมชาติ จากการศึกษาพบว่าการนำเส้นใยธรรมชาติที่เหลือใช้ทางการเกษตรประเภท พืชไร่ คือ ใบสับปะรดนั้นมีความเหมาะสม ในการเพิ่มปริมาณของเนื้อวัสดุและเป็นการลดต้นทุนในการใช้กระดาษรีไซเคิลเพียงอย่างเดียว เพราะมีลักษณะของเส้นใยยาวปานกลาง มีความแข็งแรง เหนียว นุ่ม หาง่ายในท้องถิ่น ราคาถูก และมีปริมาณการปลูกภายในประเทศหมุนเวียนตลอดทั้งปี

โดยใช้กระบวนการแยกเส้นใยสับปะรดแบบ Kraft process ตามวิธีของฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยีเยื่อและกระดาษ กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2546) ต้มด้วยสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 ของน้ำหนักเส้นใยสับปะรดแห้ง อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง และเตรียมเยื่อกระดาษรีไซเคิลโดยวิธีการตีเยื่อนำเยื่อทั้งสองทำแผ่นทดสอบในห้องปฏิบัติการที่ น้ำหนักมาตรฐาน 60 ± 5 g/m² ในอัตราส่วนระหว่างกระดาษรีไซเคิลต่อเส้นใยสับปะรดที่ 100:0, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50 และ 0:100 นำตัวอย่างที่จะทดสอบเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อปรับสภาวะขึ้นทดสอบให้สมดุลกับสภาวะทดสอบมาตรฐานที่อุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 2 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงทดสอบคุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษตามวิธีมาตรฐานของ TAPPI

ผลงานวิจัยพบว่าเมื่อนำมาผสมกับเยื่อกระดาษรีไซเคิลประเภทกระดาษกล่องที่อัตราส่วน 70:30 คุณสมบัติเชิงกลของเยื่อกระดาษดังนี้ มีน้ำหนักมาตรฐาน 59.13 ± 1.28 g/m² ความต้านทานแรงฉีกขาด (Tear strength) 13.64 N.m²/kg, ความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) 33.48 N.m/g, ความต้านทานแรงดันทะลุ (Bursting Strength) 2.13 kPa.m²/g , ความต้านทานแรงหักพับ (Folding endurance) 2.39 doublefold, การเพิ่มเส้นใยสับปะรดในอัตราส่วนที่เหมาะสมสามารถเพิ่มคุณสมบัติของกระดาษที่จะนำไปทำเป็นบรรจุภัณฑ์กันกระแทกได้ดีขึ้น

คำสำคัญ : เส้นใยธรรมชาติ, กระดาษรีไซเคิล, คุณสมบัติเชิงกล

ของเยื่อกระดาษ,

ABSTRACT

The purpose of this research is to study and test materials, which applied for Glassware mold pulp packaging designed from recycled paper and natural fiber. From studying, we find that the leftover natural agricultural dry crops fiber and pineapple leaves, which is suitable for blending with recycle paper in order to load material's mass that have characteristics such as fair fiber length, strengthened of fiber strand, soft and durable, available in local with low cost and having volume of year round crop rotation.

Therefore, researcher applied process for separating fiber from pineapple leaf by Kraft process according to method from Pulp and Paper section, Department of Science Service (B.E.2546). The procedure started with boiling fiber, using 10% Sodium Hydroxide by weight on dried basis weight; at temperature of 100 degree Celsius for 2 hours. Afterward, preparing recycled paper pulp was then soaked in to the water overnight and spun by Pulper Labo 25L Machine. Forming paper hand sheet sample by integration of both pulp based on weight 60 ± 5 g/m²; recycled paper pulp by pineapple fiber ratio in varied, 100:0, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, and 0:100 respectively. Observed paper hand sheet sample under room temperature condition in order to adjust the sample stabilization to test standard at temperature 27 ± 2 degree Celsius; relative humidity $65 \pm 2\%$; for 24 hours. After such procedures, run a test on the paper sample by The Method of Mechanical Property Analysis that was determined by TAPPI standard.

From this research, the optimum under ratio between recycled paper pulp and pineapple

fiber was 70 : 30 The mechanical property of fiber will have Basis Weight of $59.13 \pm 1.28 \text{ g/m}^2$, Tear Strength of $13.64 \text{ mN.m}^2/\text{g}$, Tensile Strength of 33.48 N.m/g , Bursting Strength of $2.13 \text{ kPa.m}^2/\text{g}$, Folding endurance 2.39 doublefold. In addition, if we increase the pineapple fiber proportion further development for mold pulp packaging will demonstrate various results.

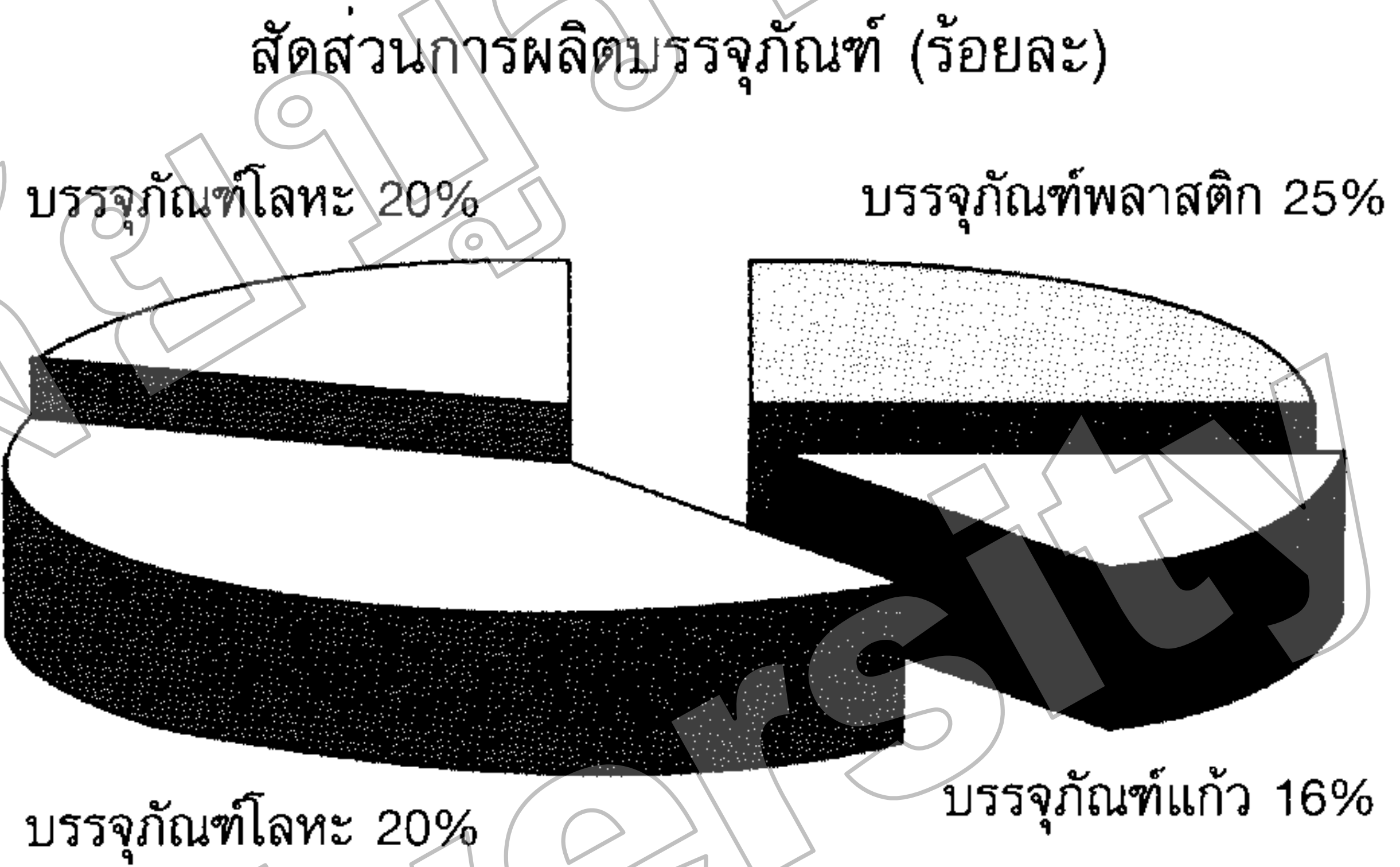
Key Word: Natural Fiber, Recycled Paper Pulp, Mechanical Properties,

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

งานด้านอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์เป็นส่วนหนึ่งที่มีการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้นและตลาดบรรจุภัณฑ์ใหญ่ๆของโลกอย่าง เช่น สหภาพยุโรปได้ออกกฎระเบียบเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์สินค้าและบรรจุภัณฑ์ใช้แล้ว European Parliament and Council Directive 94/62/EC of 20 December 1994 on Packaging and Packaging Waste : PPWD ได้มีการเน้นให้ผู้นำเข้าและผู้ประกอบการต่างๆ มีหน้าที่และความรับผิดชอบต่อการใช้วัสดุในการบรรจุหีบห่อผลิตภัณฑ์รวมทั้งการใช้วัสดุที่สามารถนำไปแปรสภาพเป็นวัสดุใหม่ (Recycling) ปัจจุบันแนวโน้มของการพัฒนาบรรจุภัณฑ์แถบตลาดอเมริกาก็มีความสนใจในเรื่องสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยการที่ขอให้นำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่ก็ยังคงความสวยงามไว้ และแนวโน้มที่ชัดเจนในตลาดญี่ปุ่น คือ การเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ ในการนำมาทำบรรจุภัณฑ์ ให้เป็นวัตถุดิบชนิด Environment Friendly Packaging ซึ่งสอดคล้องกับการบังคับใช้กฎหมาย Food Recycle Laws โดยพยายามใช้ทรัพยากร อย่างประหยัด ตามหลักการ 3R- Reduce, Reuse, Recycle เช่น การลดบรรจุภัณฑ์โลหะ เปลี่ยนเป็นกระดาษแทน การเปลี่ยนเป็นใช้ วัตถุดิบพลาสติกแบบ Recycle (Poly Ethylene Terephthalate: PET Bottle) แม้กระทั่งบรรจุภัณฑ์ ที่ทำจากวัสดุธรรมชาติ เช่น มันสำปะหลัง ซึ่งสามารถย่อยสลายในดิน ไม่เป็นภาระด้านการทิ้งขยะ เป็นต้น ดังนั้น "แนวโน้มในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์จะเน้นเรื่อง Eco Design" เป็นสำคัญ รัฐบาลญี่ปุ่นให้ความสำคัญมาก 4 ประการคือ คุณภาพ สุขภาพ ความปลอดภัย และ สิ่งแวดล้อม

ส่วนประเทศไทยรัฐบาลได้วางแนวทางนโยบายในส่วนของทิศทางของผลิตภัณฑ์ ชุมชนปี 2550 ในส่วนของการส่งเสริมผลิตภัณฑ์ชุมชนทั้งในด้านการตลาด การจัดจำหน่าย การพัฒนาด้านบรรจุภัณฑ์ เพื่อช่วยพัฒนาระดับสินค้ามากขึ้น

จากประเด็นปัญหาต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว ทำให้บรรจุภัณฑ์กระดาษซึ่งผลิตจากพืชที่ย่อยสลายเป็นที่ยอมรับ เนื่องจากสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ มีราคาถูก และมีหลายขนาดตามความต้องการ บรรจุภัณฑ์กระดาษมีสัดส่วนการผลิตร้อยละ 40 ของตลาดบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด และ ตลาดบรรจุภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากวัสดุรีไซเคิลส่วนใหญ่เป็นจำพวกกระดาษเหลือใช้ เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์วารสาร บรรจุภัณฑ์กระดาษใช้แล้ว เศษกระดาษจากโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์ โรงพิมพ์และสำนักงานต่างๆ นำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมและที่เห็นได้ชัดคืออุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กันกระแทกขึ้นรูป ในช่วงปี 2543-2544 มีแนวโน้มความต้องการผลิตภัณฑ์ประเภทนี้อย่างต่อเนื่องเป็นต้นมาจนถึงปัจจุบัน



ภาพที่ 1 สัดส่วนการผลิตบรรจุภัณฑ์
ที่มา : อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์สินค้าไทย กรมการค้าต่างประเทศ

ผู้วิจัยได้เล็งเห็นว่าการพัฒนาขั้นตอนการผลิตและการหาวัสดุชนิดใหม่มาทดแทนโดยการผสมระหว่างกระดาษรีไซเคิลและเส้นใยธรรมชาติโดยมีตัวประสานเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้แก่บรรจุภัณฑ์หรือที่เรียกว่าวัสดุคอมโพสิตชนิดที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อให้สอดคล้องกับการออกแบบโครงสร้างของบรรจุภัณฑ์ในด้านการปกป้องคุ้มครองสินค้าเพื่อการออกแบบบรรจุภัณฑ์กันกระแทกน่าจะเป็นทางเลือกใหม่ของตลาดอุตสาหกรรมที่ผลิตสินค้าเพื่อการส่งออก

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและทดสอบวัสดุเพื่อการออกแบบบรรจุภัณฑ์ กันกระแทกเครื่องแก้วจากกระดาษรีไซเคิลและเส้นใยธรรมชาติ

3. กรอบแนวความคิดของการวิจัย

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อกระดาษของศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตามมาตรฐาน TAPPI ดังนี้

- 1) การต้านแรงดึงขนาด (Tensile Strength)
- 2) การต้านแรงดันทะลุ (Bursting Strength)
- 3) การต้านแรงฉีกขาด (Tearing resistance)
- 4) แรงพับขาด (Folding endurance)
- 5) น้ำหนักมาตรฐาน (Basis weight)

4. ของเขตของการวิจัย

4.1. กลุ่มผู้ให้ข้อมูล

ประกอบไปด้วย 2 กลุ่มดังนี้

- 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านเส้นใย จำนวน 3 ท่าน
- 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมและการผลิต จำนวน 3 ท่าน

4.2 ตัวแปรที่ศึกษา

- 1) คุณสมบัติของวัสดุจากเส้นใยธรรมชาติที่นำมาศึกษา
- 2) อัตราส่วนระหว่างเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยธรรมชาติ

5. นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในงานวิจัย

เส้นใยธรรมชาติ หมายถึง เป็นเส้นใยที่ได้จากพืชชนิดต่างๆ ที่ผ่านกระบวนการแยกเยื่อส่วนประกอบอื่นๆ จนได้เป็นเส้นใยที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม หมายถึง การใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ให้ปริมาณขยะน้อย เป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ง่าย ในกระบวนการผลิตจะไม่ใช้สารที่ทำลายชั้นบรรยากาศ สามารถนำบรรจุภัณฑ์เวียนใช้ใหม่หรือใช้ประโยชน์อื่นได้ และหมุนเวียนนำกลับมาผลิตใหม่.

คุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อกระดาษ หมายถึง คุณสมบัติเชิงกลที่สามารถวัดค่าได้ถึงคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาศึกษาเมื่อผลิตเป็นกระดาษแล้ว

6. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

6.1 ใช้แบบสัมภาษณ์ Indept Interview แบบมีโครงสร้างโดยแยกประเด็นดังนี้

- 1) คุณสมบัติเฉพาะของวัสดุเส้นใยธรรมชาติ
- 2) ดาานวิศวกรรมและการผลิต

6.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการเพื่อทดสอบคุณภาพของวัสดุ โดยใช้สูตรการคำนวณเฉพาะทางในการหาค่าของคุณสมบัติจากผลการทดสอบ

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) จากการสัมภาษณ์ และสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ และผู้ทรงคุณวุฒิด้าน เส้นใยพืช จากนั้น

นำผลการทดลองมาบรรยาย

7.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของเส้นใยธรรมชาติเหลือใช้ทางการเกษตร

ตารางที่ 1. ขนาดเส้นใยของวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ

ชนิดของวัตถุดิบ	ความยาว (มม.)	ที่มาของเส้นใย
1. ฟางข้าว	0.7-3.5	เส้นใยจากลำต้น
2. ชานอ้อย	0.8-2.8	เส้นใยจากลำต้น
3. ใบสับปะรด	50-76.2	เส้นใยจากใบ
4. กาบกล้วย	ขึ้นอยู่กับความสูงของลำต้น	เส้นใยจากลำต้นเทียม

ที่มา : 1-2; Environmental Management in the Pulp and Paper8 Industry, UNEP IE/PAC Mannual 1,Moscow 1981

:3-4; ความรู้เรื่องผ้าและเส้นใย. นวลแข พาลินิช. 2542

จากตารางที่ 1. เส้นใยที่เหมาะสมอันดับหนึ่งคือ เส้นใยกล้วย อันดับสอง คือ เส้นใยสับปะรด อันดับสามคือ ฟางข้าว ผู้วิจัยได้เลือก เส้นใยสับปะรด เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาผสมกับเยื่อกระดาษไซเคิลเพราะมีขนาดและเส้นใยยาวปานกลาง อีกทั้งยังหาได้ง่ายในแหล่งการผลิต ราคาถูกเมื่อเทียบกับ ฟางข้าว และใยกล้วย อีกทั้งใช้เวลาในกระบวนการแยกเส้นใยนั้นสามารถใช้ในรูปแบบ Kraft Process โดยการใช้มือขูด หรือเครื่องขูดเส้นใย ทำให้ใช้สารเคมีน้อยลง แม้ว่า ใยกล้วยมีความยาวมากขึ้นกับความสูงของลำต้นแต่เมื่อเทียบน้ำหนักแห้งของเส้นใยระหว่างใบสับปะรดกับกาบกล้วยแล้ว

พบว่าใบสับสับปะรดสามารถให้เส้นใยมากกว่า อีกทั้งหลังจากแยกเยื่อแล้วยังมีลิกนินเหลืออยู่สูงมาก ส่วนฟางข้าวแม้ว่าจะมีราคาใกล้เคียงกันและมีการใช้สารเคมีในกระบวนการแยกเส้นใยน้อยแต่ขนาดของเส้นใยนั้นสั้นกว่า

7.2 ผลการวิเคราะห์ประเภทของกระดาษรีไซเคิลที่นำมาใช้

ตารางที่ 2 กระบวนการรีไซเคิลของกระดาษแต่ละประเภท

ประเภทของกระดาษรีไซเคิล	กระบวนการ Recycle
1. กระดาษหนังสือพิมพ์	ต้องผ่านกระบวนการแยกเยื่อเชิงกลและกระบวนการกำจัดหมึก (Deinking)
2. กระดาษพิมพ์เขียน / กระดาษสำนักงาน	ต้องผ่านกระบวนการเคมีฟอกเยื่อ
3. กระดาษกล่อง	ต้องผ่านกระบวนการแยกเยื่อเชิงกล

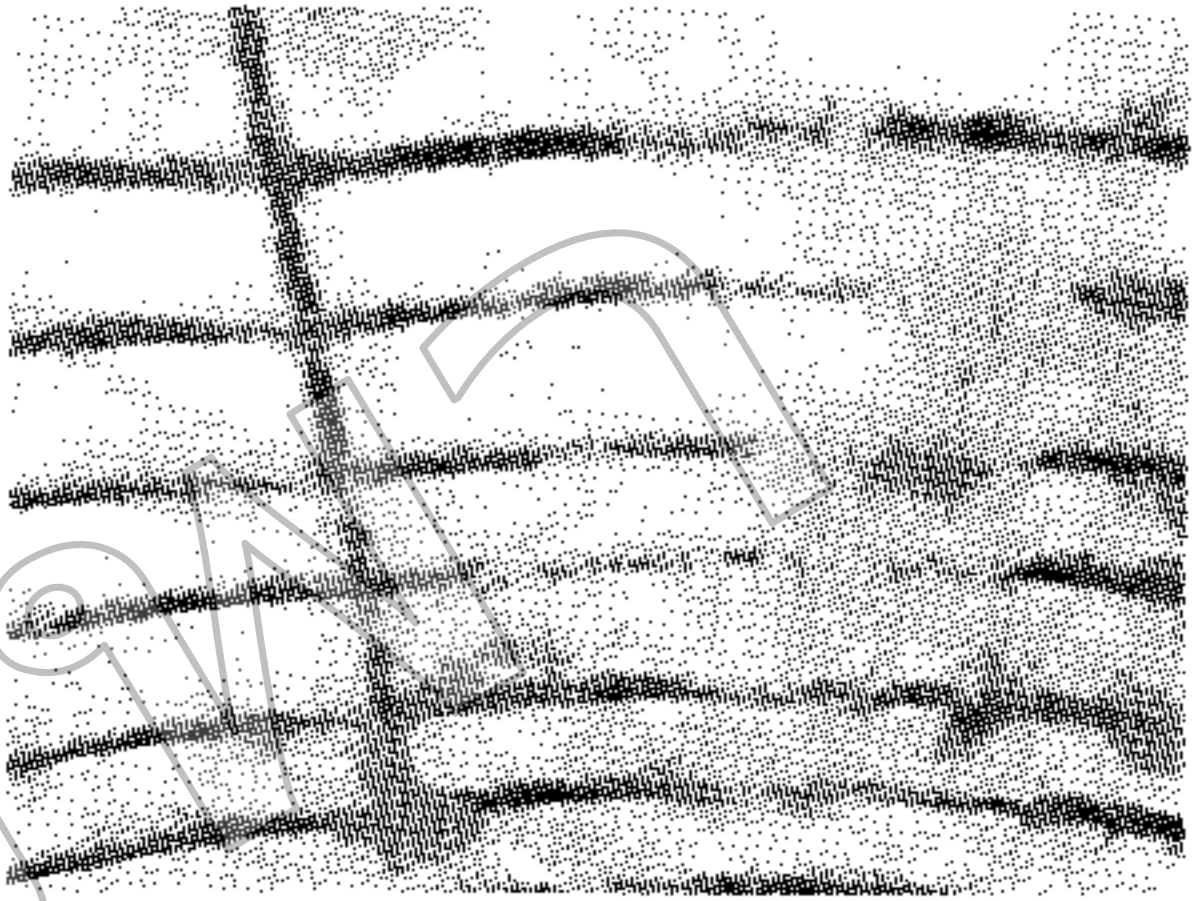
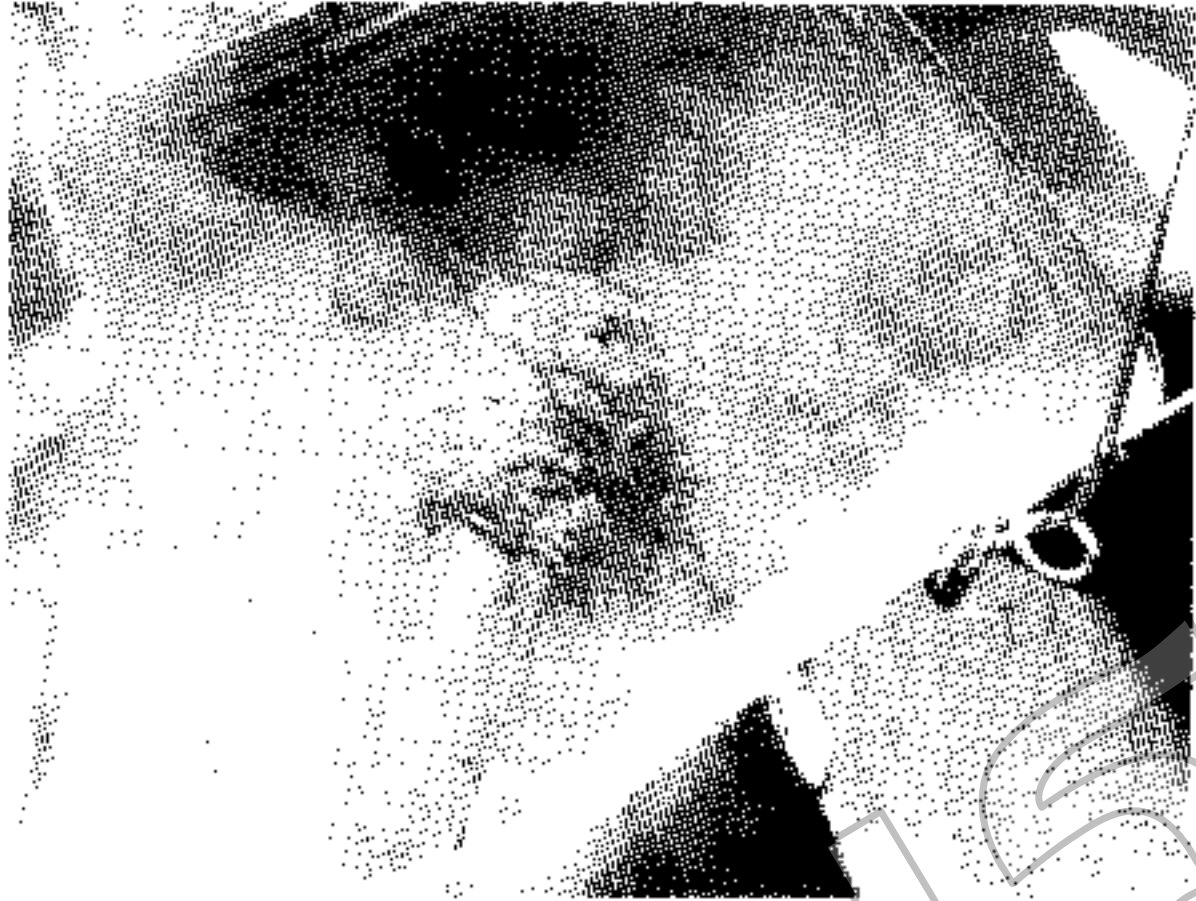


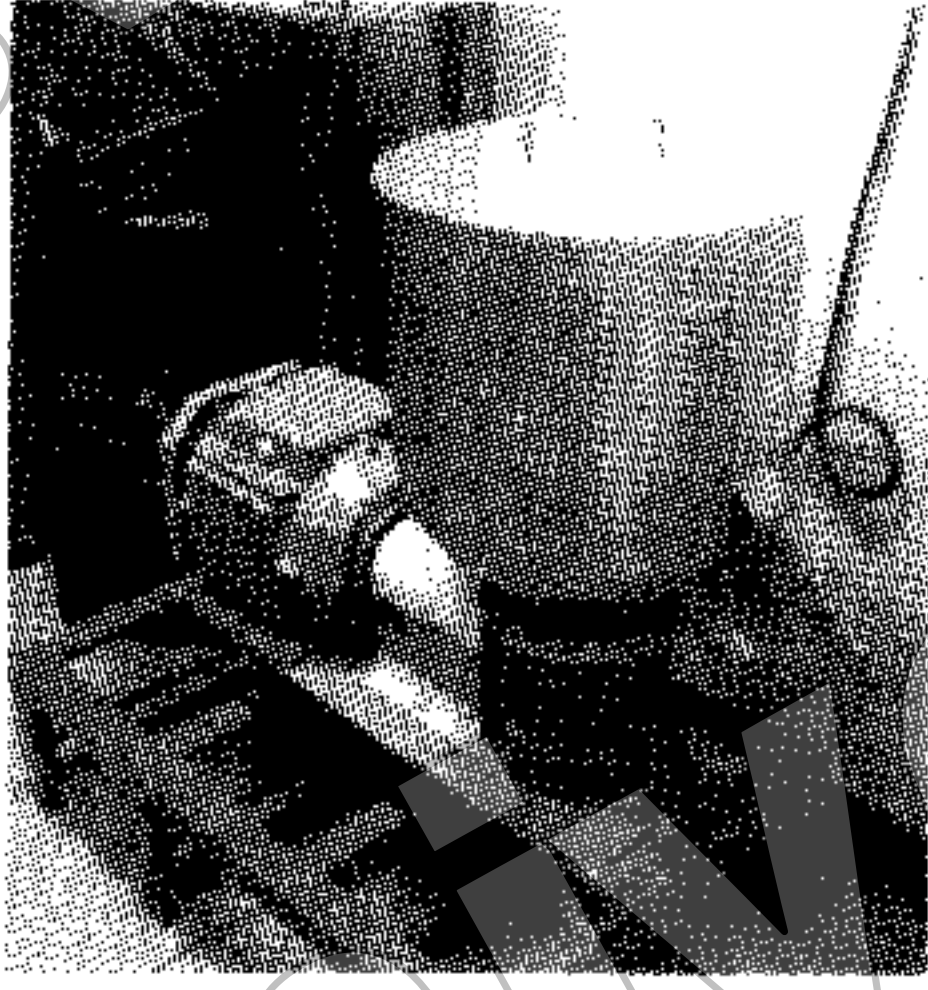

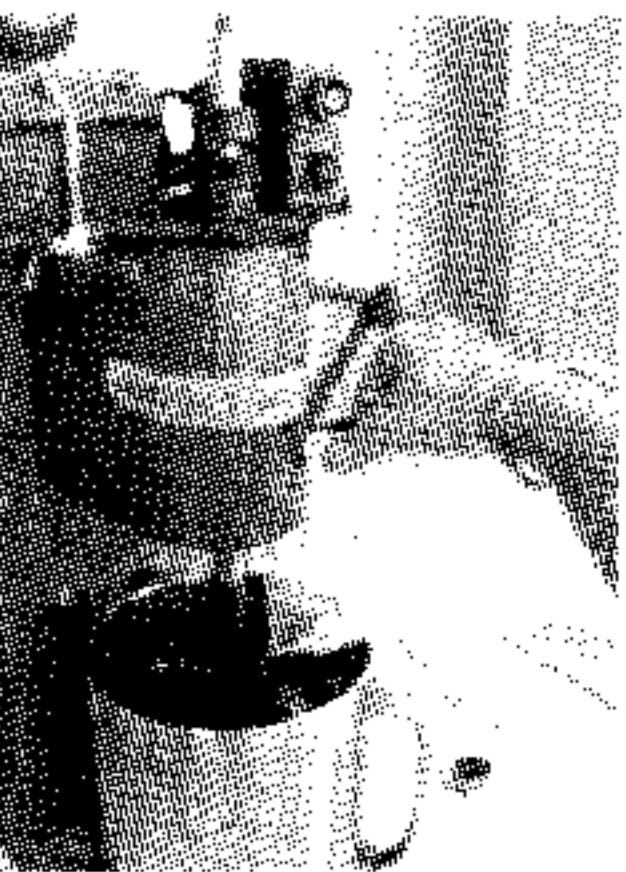
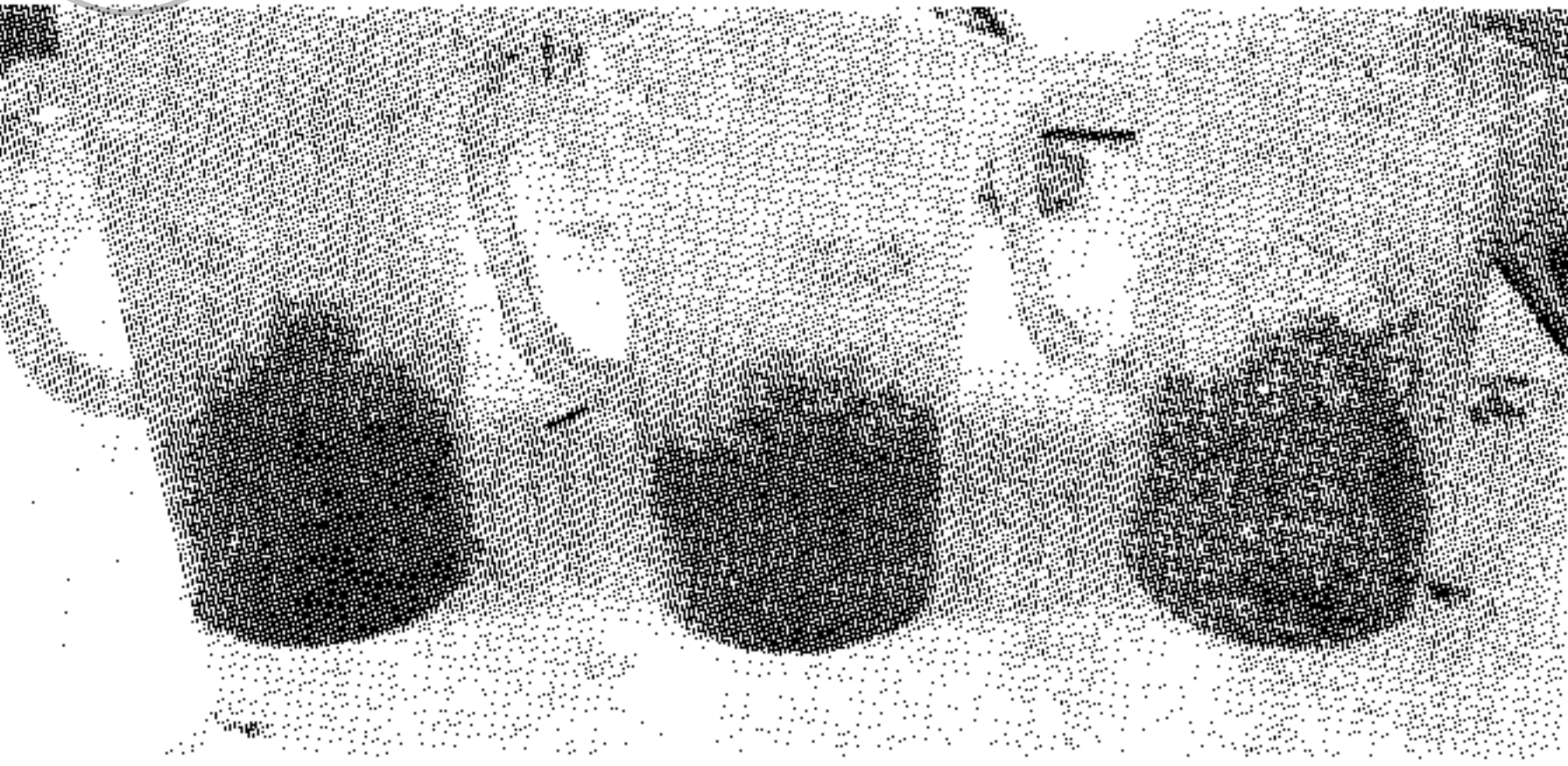
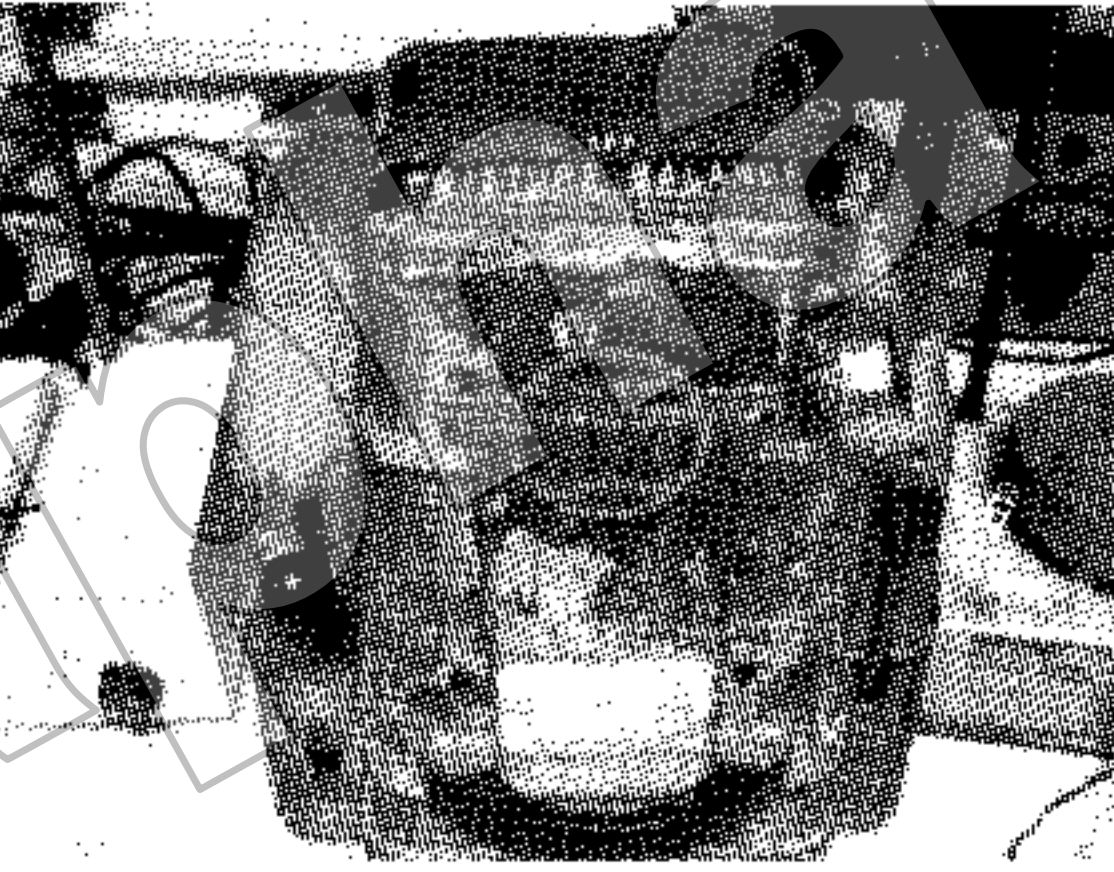
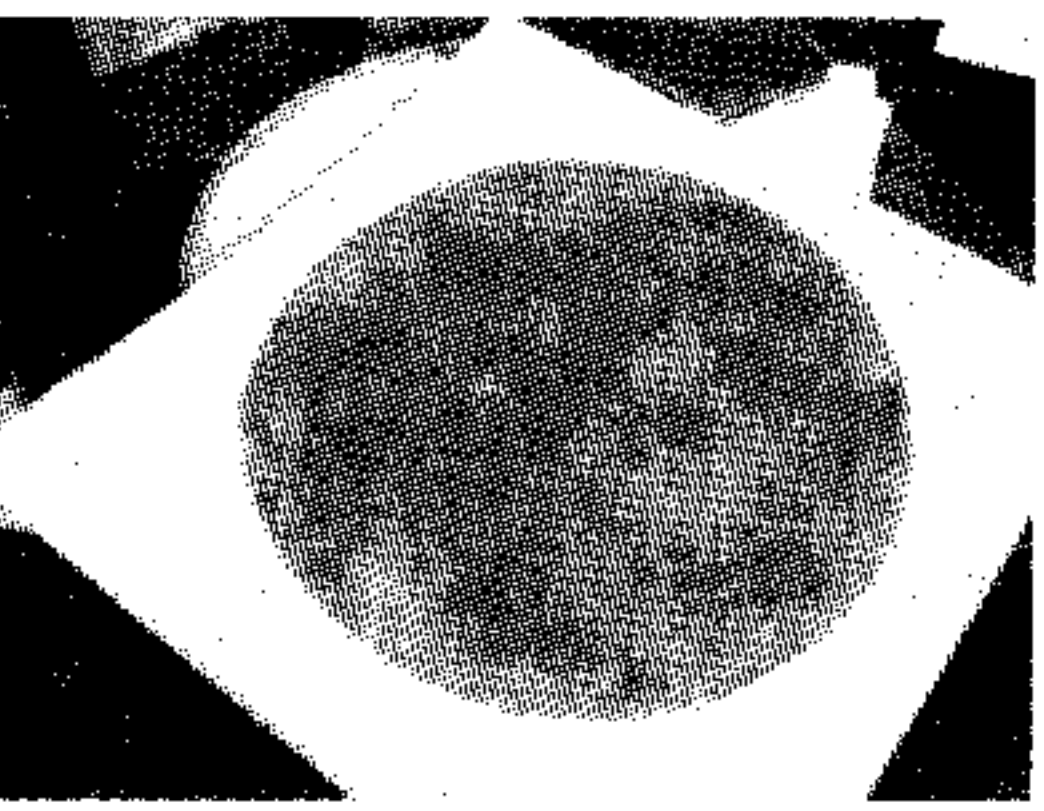
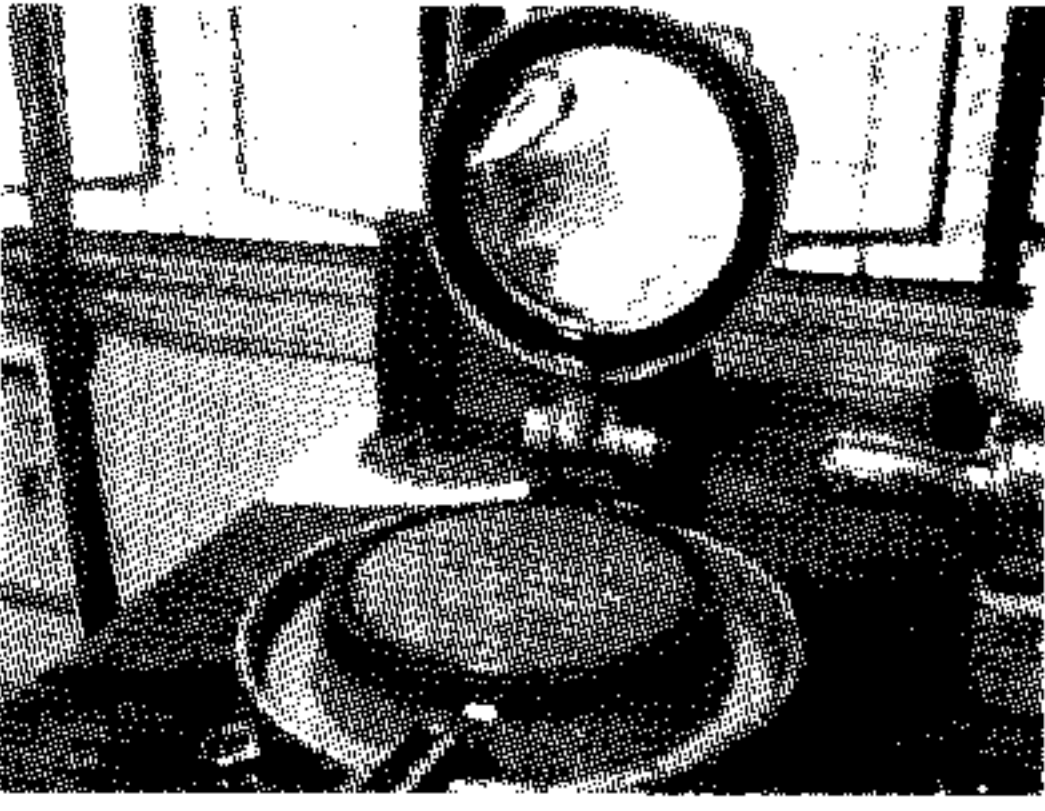
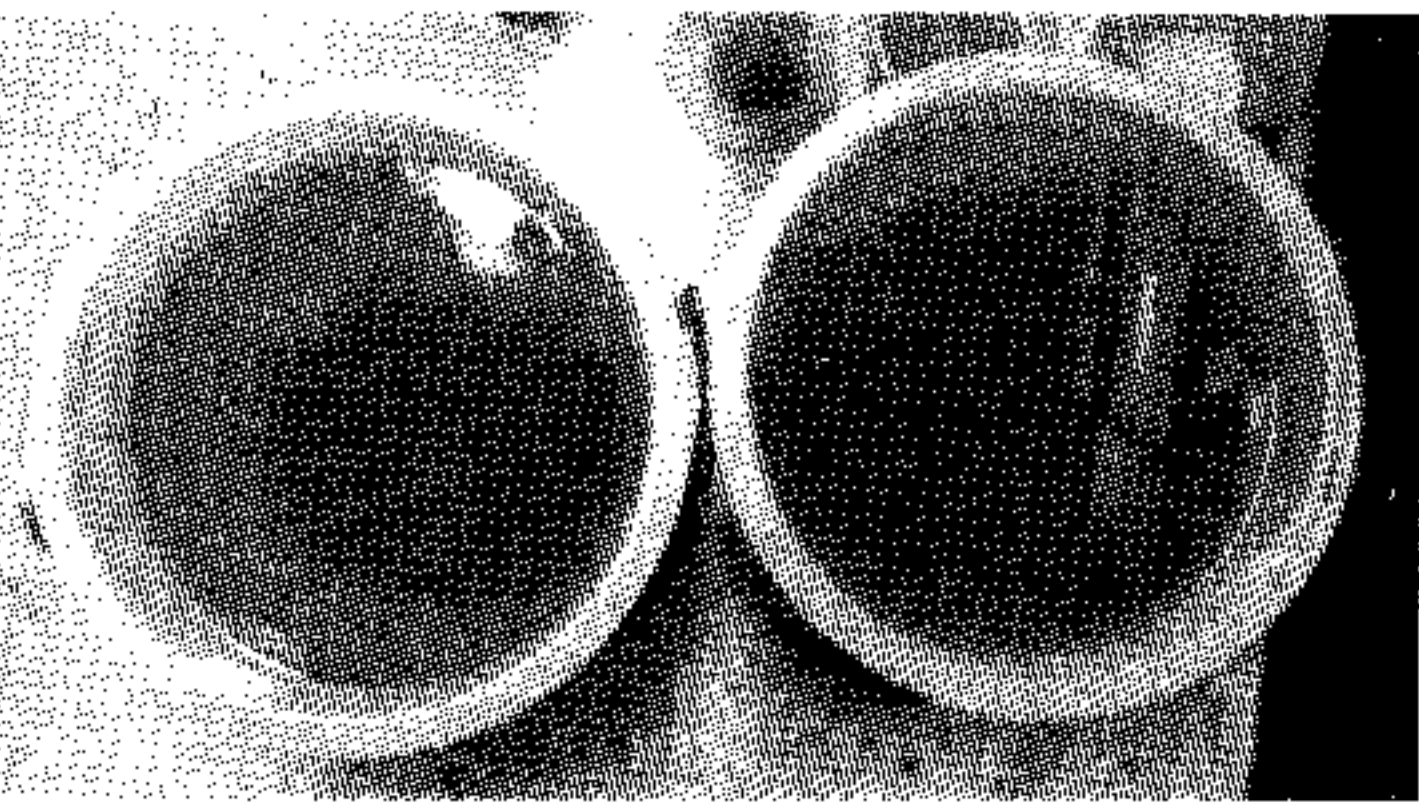
ที่มา : เอกสารคู่มือทางวิชาการในการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อม โรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ บริษัท ซีเอ็มเอสเอ็นจีเนียริง แอนด์แมนเนจเม้นท์. 2541.

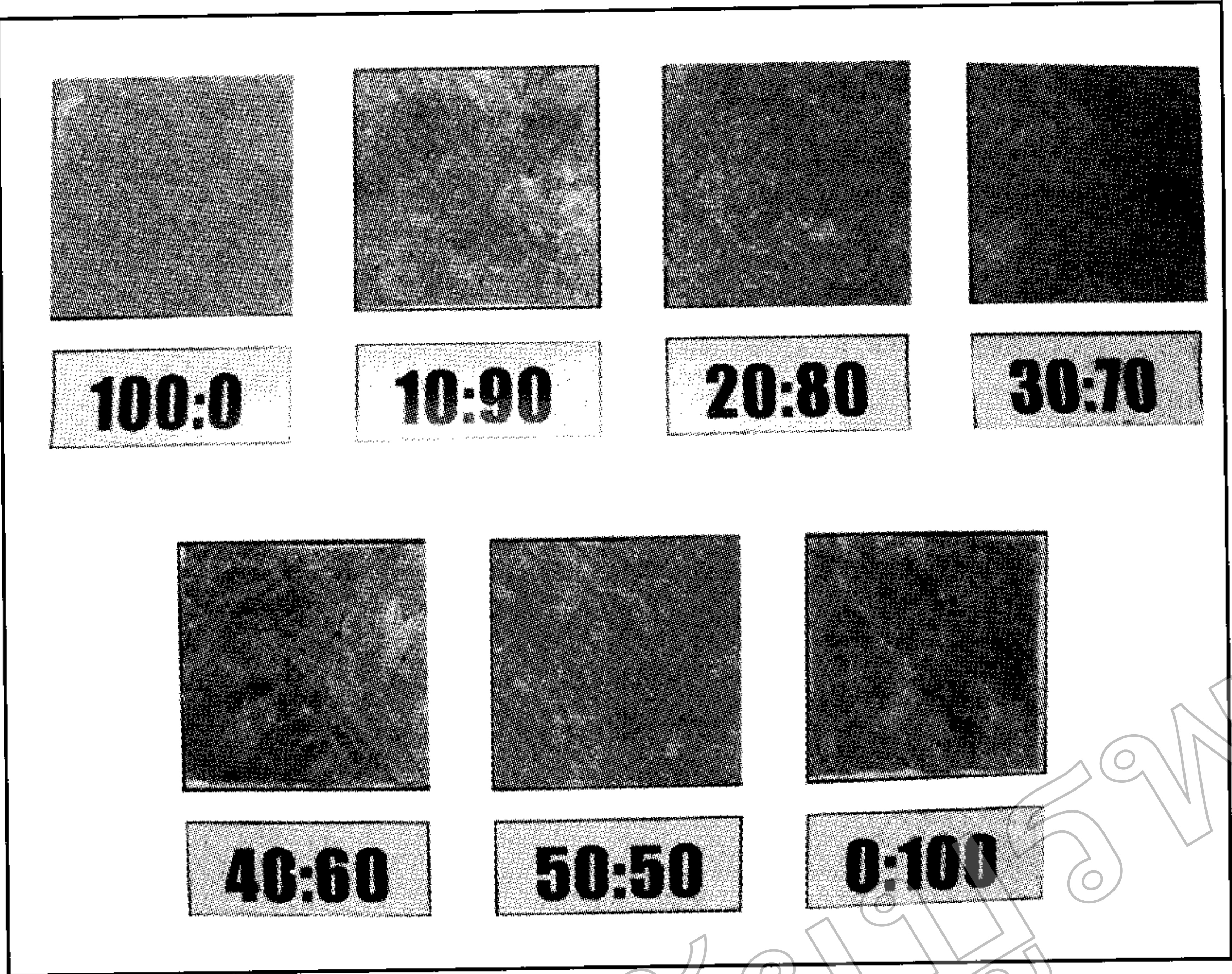
จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่ากระบวนการรีไซเคิลกระดาษประเภทกระดาษทำกล่องนั้นอาจใช้แค่กระบวนการแยกเยื่อเชิงกลเท่านั้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การรีไซเคิลกระดาษ หนังสือพิมพ์ และกระดาษพิมพ์เขียนซึ่งต้องการ

ความสวยงามของเยื่อมากกว่า เพราะจำเป็นต้องผ่านขั้นตอนที่มีการเพิ่มเติมสารเคมีในแต่ละขั้นตอนเพื่อให้ได้คุณสมบัติของเยื่อเพื่อนำไปผลิตเป็นประเภทของกระดาษตามต้องการ

7.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของอัตราส่วนของตัวประสานที่เหมาะสมระหว่างกระดาษรีไซเคิล และเส้นใยธรรมชาติ

ตารางที่ 3 ภาพขั้นตอนการดำเนินงานทำแผ่นทดสอบวัสดุจากเส้นใยธรรมชาติและกระดาษรีไซเคิล

ขั้นตอนการดำเนินงาน	รายละเอียด
1. การเตรียมวัตถุดิบ 1.1 เส้นใยสับปะรด 1.2 กระดาษรีไซเคิล	<div></div> <p>เตรียมใยสับปะรดตามวิธีของฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยีเยื่อกระดาษ กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2550) ต้มด้วยสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 ขอน้ำหนักเส้นใยสับปะรดแห้งอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำมาล้างให้สะอาดจนได้เส้นใยสับปะรด เส้นใยจะลักษณะสีน้ำตาลอ่อนเพราะไม่ได้ผ่านขั้นตอนการฟอกขาวด้วยคลอรีนเพราะจะทำให้เกิดมลพิษมากเกินไป</p> <div></div> <p>เตรียมกระดาษประเภทกล่อง นำไปฉีกเป็นชิ้นเล็ก จากนั้นแช่น้ำ 1-2 คืน เพื่อให้เยื่อกระดาษอืดตัว จากนั้นนำเข้าเครื่องตีเยื่อประมาณ 30 นาที จึงนำไปเข้าเครื่องสไลด์แห้งเพื่อเอาน้ำในเยื่อออก</p>
2. การทำแผ่นทดสอบ 2.1 การหาอัตราส่วนของวัสดุ 2.2 การขึ้นแผ่นทดสอบ	<div></div> <p>นำเยื่อทั้งสองไปทำแผ่นทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยใช้น้ำหนักมาตรฐาน 60+5 g/m² ในอัตราส่วนระหว่างกระดาษรีไซเคิลต่อใยสับปะรดที่ 100:0, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 0:100 ของน้ำหนักแห้ง จากการหาปริมาณความชื้นในเนื้อวัสดุ อย่างละ 15 แผ่น จากนั้นจึงนำเยื่อทั้งสองเข้าเครื่องกระจายเยื่อ และหาค่า Consistency ของน้ำเยื่อที่เหมาะสม</p> <div></div> <p>นำน้ำเยื่อที่ทำการกระจายเยื่อเรียบร้อยแล้ว วัดปริมาตรตามอัตราส่วนของจำนวนแผ่นทดสอบ จากนั้นเข้าเครื่องขึ้นแผ่นทดสอบ นำตัวอย่างที่จะทดสอบเข้าห้องเพื่อปรับสภาวะขึ้นทดสอบให้สมดุลกับสภาวะทดสอบมาตรฐานที่อุณหภูมิ 27+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65+2 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงทดสอบคุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษตามวิธีมาตรฐานของ TAPPI</p>



ภาพที่ 2 แผ่นทดสอบในอัตราส่วนต่างๆของกระดาษรีไซเคิลและเส้นใยสับปะรด
ที่มา : หทัยกาญจน์ ไบนานา . 2551

ตารางที่ 4 Comparison of Mechanical Properties of Paper sample sheet from Pineapple Fiber mixed with Recycle paper pulp

Pulping ratio, Pineapple fiber : Recycle pulp paper	100:0	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50	0:100	Mean	S.D.
Basis Weight (g/m ²)	56.62	54.21	58.43	59.13	58.83	57.88	59.86	57.85	1.90
Tensile index (N.m/g.)	67.36	57.76	43.51	39.96	36.56	36.17	26.74	44.01	13.94
Tear index (N.m ² /g.)	14.32	11.80	12.55	13.64	11.20	10.12	6.37	11.43	2.65
Burst index (kPa.m ² /g)	5.42	3.52	2.17	2.13	2.47	1.93	1.41	2.72	1.35
Folding Endurance, doublefold	3.70	2.98	1.74	2.39	2.09	2.67	0.71	2.32	0.95

จากตารางที่ 4 วิเคราะห์ได้ดังนี้ น้ำหนักมาตรฐานของตัวอย่างกระดาษไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ มีน้ำหนักโดยเฉลี่ย 57.85 g/m² ตัวอย่างกระดาษทั้งหมดสามารถที่จะนำมาเปรียบเทียบกันได้ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 170-2550 กระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐาน 55 - 65±5 g/m² จะใช้กับกระดาษเหนียวสำหรับห่อของ ซึ่ง ที่อัตราส่วน 70:30 มีน้ำหนักใกล้เคียงกับน้ำหนักแผ่นทดสอบที่ 59.13±1.28 g/m² และยังใกล้เคียงกับแผ่นทดสอบที่เยื่อกระดาษรีไซเคิล 0:100

ค่าความต้านทานแรงดึง อยู่ระหว่าง 26.74 – 67.36 N.m/g ในอัตราส่วน 100:0 จะมีค่าต้านทานแรงดึงสูงสุดที่ 67.36 N.m/g แต่อัตราส่วนที่ 80:20, 70:30 ค่าต้านทานแรงดึงที่ 43.51, 39.96 N.m/g ตามลำดับ จะมีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกับค่าเฉลี่ยที่ 44.01 N.m/g

ค่าแรงดึงจะลดลงเมื่อมีอัตราส่วนของเส้นใยสับปะรดลดลง

ค่าต้านทานต่อการฉีกขาด มีค่าเฉลี่ยที่ 11.43 N.m²/kg อัตราส่วนของเส้นใยสับปะรดและเยื่อกระดาษรีไซเคิลที่ 60:40 มีค่าต้านทานต่อการฉีกขาดอยู่ที่ 11.20 N.m²/kg แต่ที่อัตราส่วน 70:30 มีค่าต้านทานต่อการฉีกขาดสูงสุด 13.64 N.m²/kg แต่จากตารางค่ามีแนวโน้มลดลงอาจเป็นไปได้ว่าการกระจายตัวของเส้นใยสับปะรดยังไม่ดีพอ

ค่าต้านแรงดันทะลุ อัตราส่วน 90:10 มีค่าสูงสุดที่ 3.52 kPa.m²/g แต่อัตราส่วน 60:40 มีค่า 2.47 kPa.m²/g ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยที่ 2.72 kPa.m²/g

ค่าต้านทานการหักพับ ในส่วนของเส้นใยสับปะรด 100 % จะมีค่าสูงสุดที่ 3.70 doublefold อัตราส่วน 70:30 มีค่าต้านทานการหักพับ 2.39 doublefold ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยที่ 2.32 doublefold

8. สรุปผลการวิจัย

คุณสมบัติของวัสดุจากเส้นใยสับปะรดและกระดาษรีไซเคิลที่นำมาศึกษาและทดสอบเพื่อทำงานบรรจุภัณฑ์กันกระแทก ในอัตราส่วน 100:0, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50 และ 0:100 จากการทดลองคุณสมบัติต่างๆของกระดาษรีไซเคิลนั้นมีค่าน้อยกว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณเส้นใยสับปะรดลงไป หลังจากการเพิ่มปริมาณเส้นใยสับปะรดตามอัตราส่วนต่างๆ ทำให้คุณสมบัติของกระดาษดีขึ้นเนื่องจากเส้นใยสับปะรดเป็นเส้นใยยาวเปื่อยยวบเสมือนทำหน้าที่รับแรงดึงและต้านทานการฉีกขาดเมื่อนำมาผสมกับเยื่อกระดาษรีไซเคิลที่เป็นเส้นใยสั้นเนื่องจากผ่านกระบวนการแยกเยื่อมาแล้วครั้งหนึ่งทำให้ความแข็งแรงของเส้นใยลดลงอีกทั้งความต้านทานการหักพับขึ้นอยู่กับความต้านแรงดึงขาดเมื่อค่าต้านแรงดึงมากค่าต้านทานการหักพับก็จะมากตามไปด้วย แต่เมื่อทำการขึ้นแผ่นทดสอบในอัตราส่วนที่มีเฉพาะเส้นใยสับปะรดทำให้การกระจายของเยื่อไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่นเพราะเส้นใยมีความยาวจึงทำให้เกิดการจับตัวกันของเส้นจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาเป็นกระดาษเพื่องานบรรจุภัณฑ์ได้

ผลของคุณสมบัติที่เหมาะสมคือ อัตราส่วนระหว่างเส้นใยสับปะรดและกระดาษรีไซเคิลคือ 70:30 มีน้ำหนักมาตรฐาน $59.13 \pm 1.28 \text{ g/m}^2$, ค่าความต้านทานแรงดึง 33.48 N.m/g , ค่าต้านทานต่อการฉีกขาด $13.64 \text{ N.m}^2/\text{kg}$, ค่าต้านแรงดันทะลุ $2.13 \text{ kPa.m}^2/\text{g}$ และค่าต้านทานการหักพับ 2.39 doublefold จึงเห็นได้ว่าการเพิ่มเส้นใยสับปะรดในอัตราส่วนที่เหมาะสมสามารถเพิ่มคุณสมบัติของกระดาษ ที่จะนำไปทำเป็นบรรจุภัณฑ์กันกระแทกได้ดีขึ้น

9. อภิปรายผลการวิจัย

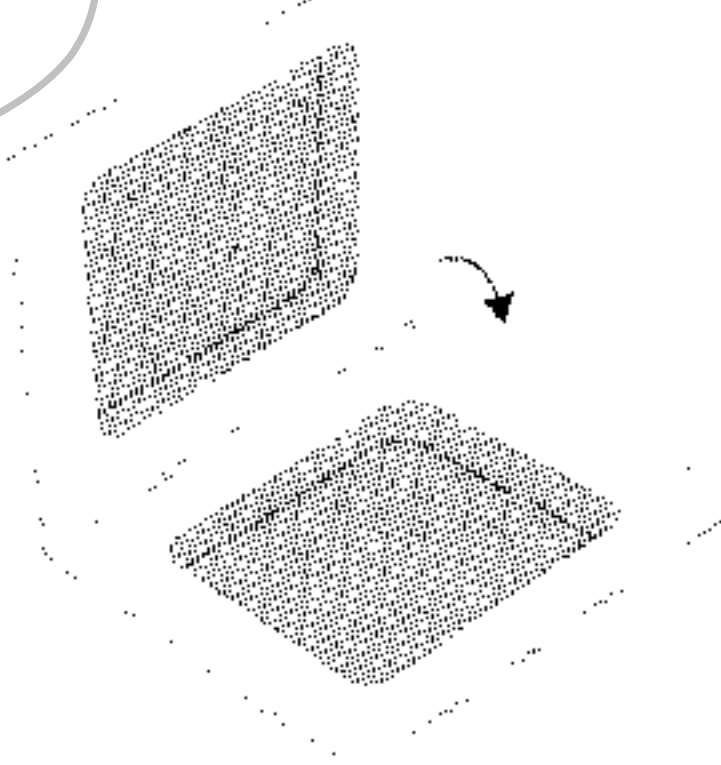
การศึกษาและทดสอบวัสดุจากเส้นใยธรรมชาติและกระดาษรีไซเคิลเพื่อนำมาพัฒนาต่อในรูปแบบบรรจุภัณฑ์กันกระแทกนั้นจำเป็นที่จะต้องหาคุณสมบัติของวัสดุเบื้องต้นก่อนการนำมาผลิตจึงจะสามารถใช้งานได้จริงและมีความเหมาะสมต่อคุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่ทำการออกแบบ จากการทดลองเห็นได้ว่าการเพิ่มปริมาณเส้นใยสับปะรดต่ออัตราส่วนของกระดาษรีไซเคิลนั้นสามารถช่วยเพิ่มค่าความต้านทานแรงดึง ต้านทานแรงฉีกขาด ต้านทานแรงดันทะลุ และต้านทานแรงหักพับให้แก่กระดาษรีไซเคิลได้เป็นอย่างดี แต่ในกรณีที่มีอัตราส่วนของเส้นใยมากเกินไปจะทำให้เกิดการจับตัวของเส้นใยเป็นกลุ่มทำให้แผ่นทดสอบมีค่าเบี่ยงเบนมากจึงจำเป็นต้องทำการตัดเส้นใยสับปะรดให้สั้นลงและใช้ใน

อัตราส่วนที่เหมาะสมเมื่อผสมกับเยื่อกระดาษรีไซเคิลจึงจะทำให้เกิดการกระจายตัวดีขึ้น ดังนั้นในการออกแบบบรรจุภัณฑ์กันกระแทกถ้าต้องการความแข็งแรงให้เพิ่มขึ้นอาจจะต้องมีการเพิ่มตัวประสานเพื่อให้วัสดุมีการยึดเกาะกันอย่างแข็งแรง

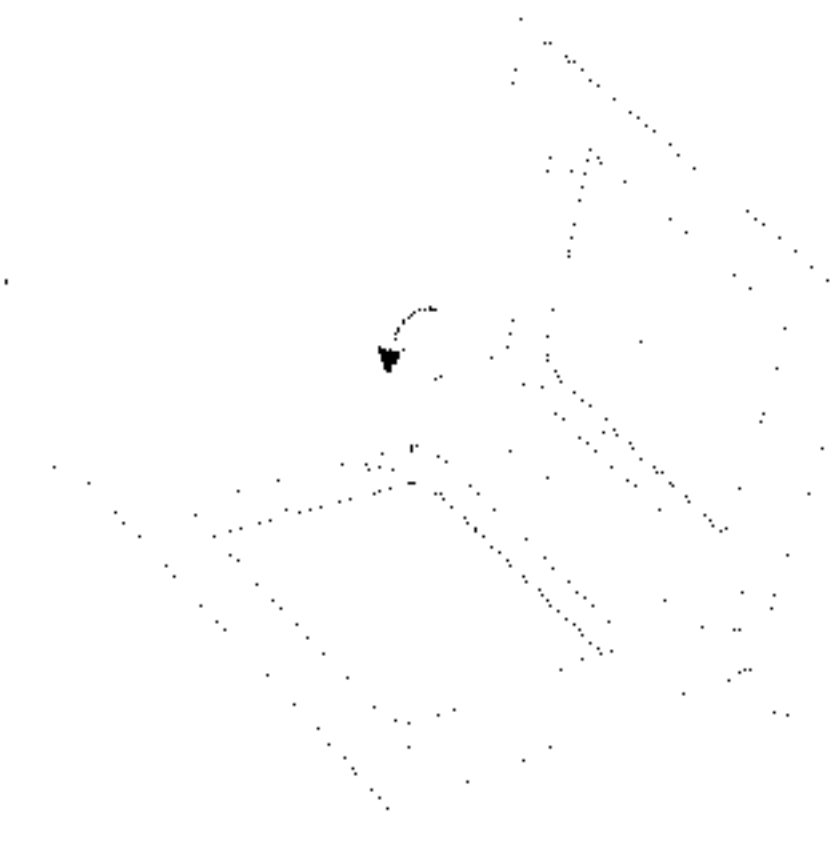
จากแผ่นทดสอบเบื้องต้นที่น้ำหนักมาตรฐาน $60 \pm 5 \text{ g/m}^2$ มีความหนาไม่เกิน 0.4 มิลลิเมตร โดยทั่วไปกล่องที่ทำจากกระดาษมีน้ำหนักมาตรฐานมากกว่า 350 gsm ขึ้นไปเมื่อนำวัสดุไปพัฒนาเพื่อการออกแบบบรรจุภัณฑ์ควรมีการเพิ่มความหนาของกระดาษให้มากขึ้น โดยความหนาของกระดาษจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับน้ำหนักมาตรฐาน

การออกแบบงานบรรจุภัณฑ์กันกระแทกต้องคำนึงหลายส่วนด้วยกันคือ

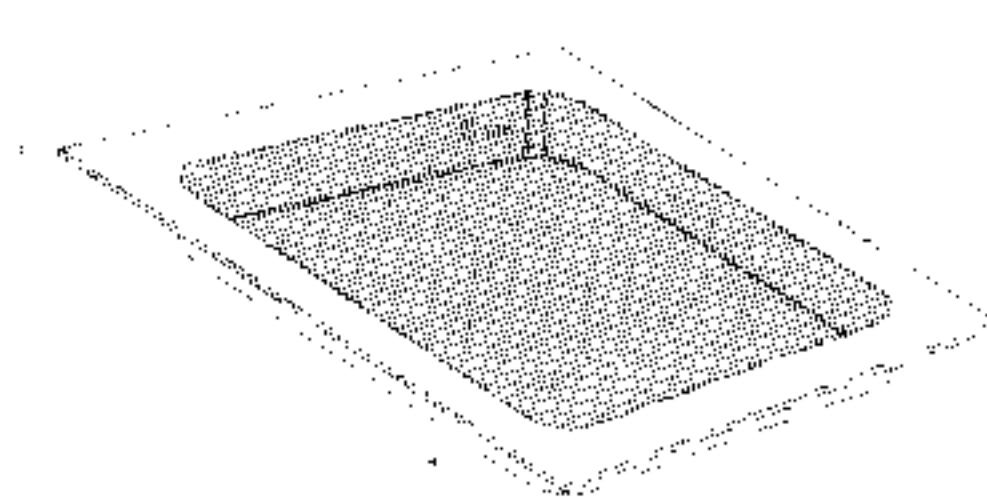
1. การออกแบบบรรจุภัณฑ์ขนส่งที่สามารถทนต่อสภาวะการขนส่งได้ดี
2. เลือกใช้วัสดุช่วยในการบรรจุที่เหมาะสมเพื่อบรรเทาความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์
3. เพิ่มความระมัดระวังในการขนย้าย ขั้นตอนบรรจุใส่และขนส่ง โดยเริ่มใส่ใจตั้งแต่การเก็บเกี่ยวจนกระทั่งสินค้าถึงมือผู้บริโภค
4. สามารถพัฒนาบรรจุภัณฑ์และทดสอบคุณสมบัติบางประการที่ทำได้โดยง่ายและเสียค่าใช้จ่ายไม่สูงนัก เช่น การทดสอบความแข็งแรงในการ เรียงซ้อน การตกกระแทก การเปลี่ยนแปลงของรสชาติของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น



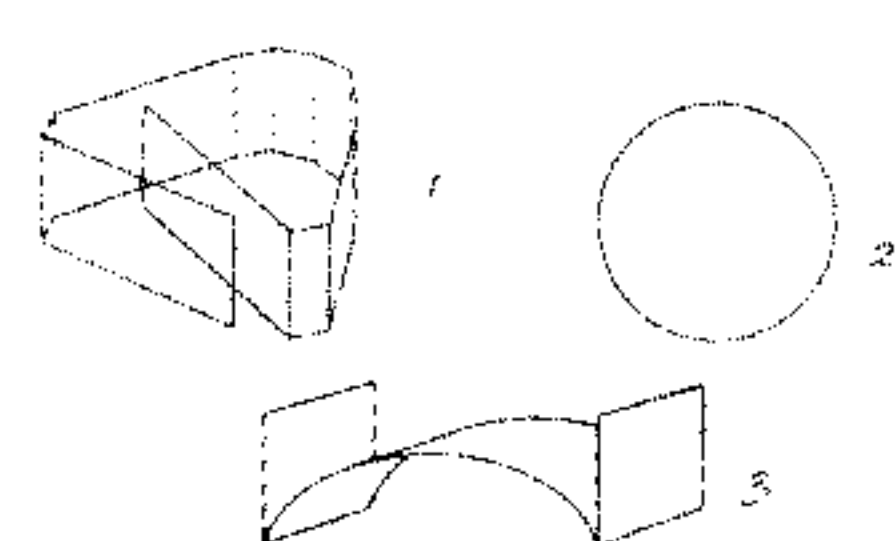
แบบที่ 1 (แบบฝาพับ)



แบบที่ 2 (แบบฝาพับ มีตัวล็อก)



แบบที่ 3 (2 ชั้นประกบ)



แบบ Crusion ภายในบรรจุภัณฑ์

ภาพที่ 3 รูปแบบของบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่ออกแบบเบื้องต้น

ผู้วิจัยคาดว่าข้อมูลที่ได้จะสามารถนำกลับมาปรับปรุงเพื่อการออกแบบบรรจุภัณฑ์กันกระแทกและการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมจะทำให้คุณภาพของชิ้นงานมีคุณภาพขึ้น

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2546. **อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กันกระแทกขึ้นรูปจากกระดาษไชเคิล.**

บ. ศูนย์วิจัยไทยพาณิชย์ จำกัด. กรุงเทพฯ.

ชูศรี วงศ์รัตน์. 2546. **เทคนิคการใช้สถิติเพื่องานวิจัย.** พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ. เทพนิมิตการพิมพ์.

ดำรงศักดิ์ ชัยสนิท และ ก่อเกียรติ วิริยะกิจพัฒนา. 2542. **การบรรจุภัณฑ์ (Packaging).**

พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ. ชูนนทการพิมพ์.

นวลแข ปาลิวนิช. 2542. **ความรู้เรื่องผ้าและเส้นใย.** กรุงเทพฯ. ซีเอ็ดยูเคชั่น. เม็ดทรายพริ้นติ้ง.

วุฒินันท์ คงทัด, ชัยพร สามพุ่มพวง และ

สาริมา สุนทรราช. 2550. **คุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษเส้นใยสับปะรดผสมสาที่ทำด้วยมือแบบไทย**

เพื่องานหัตถกรรม. สถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2548. **การทดสอบวัสดุและภาชนะบรรจุภัณฑ์.** กรุงเทพฯ.

สำนักงานเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน. 2541. **คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม**

โรงงานเยื่อและกระดาษ. กรมโรงงานอุตสาหกรรม . กรุงเทพฯ.

สำนักเทคโนโลยีชุมชน. 2546. **การผลิตกระดาษหัตถกรรมจากวัตถุดิบในท้องถิ่นและการผลิตภัณฑ์**

จากกระดาษหัตถกรรม. กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.