การพัฒนากระดาษรีไซเคิลเพื่อผลิตเชือกสำหรับงานประดิษฐ์

DEVELOPMENT OF RECYCLED PAPER FOR THE CRAFT - PRODUCTION OF ROPE

กฤษณะ โพธิเวส

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การพัฒนากระดาษรีไซเคิลเพื่อผลิตเชือกสำหรับงานประดิษฐ์

กฤษณะ โพธิเวส

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนากระดาษรีไซเคิลเพื่อผลิตเชือกสำหรับงานประดิษฐ์ Development of Recycled Paper for the Craft - Production of Rope
ชื่อ - นามสกุล	นายกฤษณะ โพธิเวส
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุภา จุฬคุปต์, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์สุรชัย ขันแก้ว, ปร.ด.
ปีการศึกษา	2562

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์, ปร.ด.)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนพรรณ บุณยรัตกลิน, DFA.)

.....กรรมการ
(อาจารย์สุรชัย ขันแก้ว, ปร.ด.)

.....กรรมการ
(อาจารย์สุภา จุฬคุปต์, Ph.D.)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาคร ชลสาคร, Ph.D.)
วันที่ 15 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2563

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนากระดาษรีไซเคิลเพื่อผลิตเชือกสำหรับงานประดิษฐ์
ชื่อ - นามสกุล นายกฤษณะ โพธิเวส
สาขาวิชา เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุภา จุฬคุปต์, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์สุรชัย ขันแก้ว, ปร.ด
ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษรีไซเคิลจากเยื่อรีไซเคิลชนิดต่างๆ ผสมเยื่อปอสาและศึกษาสมบัติทางกายภาพของกระดาษ 2) ศึกษากระบวนการผลิตเชือกกระดาษรีไซเคิล และศึกษาสมบัติทางกายภาพของเชือกกระดาษรีไซเคิลเพื่อประยุกต์ใช้ในงานประดิษฐ์ และ 3) สำรวจความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเชือกกระดาษรีไซเคิลและสำรวจความพึงพอใจผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิล

วิธีวิจัย ในการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของกระดาษรีไซเคิลชนิดต่างๆ ได้แก่ กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษพิมพ์เขียน และกระดาษคราฟท์กับเยื่อปอสา โดยแปรเป็น 4 ระดับ คือ 100:0 80:20 60:40 และ 50: 50 ตามลำดับ จะได้ตัวอย่างละ 4 สิ่งทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จากนั้นเตรียมแผ่นกระดาษ ใช้กรองกรวยบุชเนอร์ (ควบคุมพื้นที่ 91.56 ตารางเซนติเมตร) แล้วทำการผลิตเชือกกระดาษรีไซเคิลชนิดต่างๆ ตามอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วนำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพเพื่อเลือกชนิดเชือก นำเชือกที่ผ่านการทดสอบมาสำรวจความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน และสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากเชือกกระดาษจำนวน 100 คน ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล

ผลการวิจัยพบว่ากระดาษหนังสือพิมพ์ ที่อัตราส่วนกระดาษหนังสือพิมพ์ต่อเยื่อปอสา 50:50 มีค่าความต้านทานแรงดันทะลุ 2.97±0.11 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และค่าความต้านทานแรงฉีกขาดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p \geq 0.05$) กระดาษพิมพ์เขียนต่อเยื่อปอสา ที่อัตราส่วน 60:40 มีค่าความต้านทานแรงดันทะลุ 2.0±0.17 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และความต้านทานแรงฉีกขาดอยู่ที่ 530.00±20.82 มิลลินิวตันต่อเมตร และกระดาษคราฟท์ต่อเยื่อปอสาที่อัตราส่วน 60:40 มีค่าความต้านทานแรงดันทะลุ 2.40±0.43 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และความต้านทานแรงฉีกขาด 536.67±11.55 มิลลินิวตันต่อเมตร เชือกที่ได้จากกระดาษหนังสือพิมพ์ผสมเยื่อปอสามีความเหมาะสมมากที่สุดที่อัตราส่วน 50:50 มีค่าแรงดึง 10.57 นิวตัน ความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมาก(4.35±0.04) และความพึงพอใจของผู้บริโภคอยู่ในระดับมาก (4.02±0.01)

คำสำคัญ: กระดาษ การรีไซเคิล งานประดิษฐ์

Thesis Title	Development of Recycled Paper for Craft - Production of Rope
Name - Surname	Mr. Kritsana Pothivesa
Program	Home Economics Technology
Thesis Advisor	Mrs. Supa Chulacupt, Ph.D.
Thesis Co – advisor	Mr. Surachai Khankeaw, Ph.D.
Academic Year	2019

ABSTRACT

The objectives of this research were: 1) to investigate the suitable ratio of recycled pulp mixed with mulberry pulp in the production of recycled paper and the physical properties of the paper, 2) to examine recycled paper rope and the physical properties of recycled paper rope for the craft application, and 3) to survey expert satisfaction of recycled paper rope and consumer satisfaction of recycled paper rope products.

Research methods started at studying the suitable ratio of various types of recycled paper, including newspaper writing paper And kraft paper and mulberry paper pulp from 4 ratios: 100: 0 80:20 60:40 and 50: 50, so there were 4 samples for each experiment. The experiment in Factorial in CRD was then prepared a sheet of paper used to filter the cone butcher (Control area 91.56 square centimeters) and then various types of recycled paper rope were produced according to the suitable ratio and then the physical properties were tested to select the rope type. The satisfaction of the recycled paper from 5 experts and the satisfaction of paper rope products from 100 consumers were surveyed in Bangkok and its surrounding provinces.

The research showed that the newspaper at the ratio of newspaper to pulp 50:50 had the pressure resistance of 2.97 ± 0.11 kilograms per square centimeter. And the tear strength was not significantly different at the level of ($p \geq 0.05$). Writing paper per mulberry paper at the ratio of 60:40 had a pressure resistance of 2.0±0.17 kilograms per square. cm, and the tear strength of 530.00 ±20.82 millinewtons per meter. And kraft paper with mulberry paper at the ratio of 60:40 had a pressure resistance of 2.40±0.43 kilograms per square centimeter, and the tear strength of 536.67±11.55 millinewtons per meter. It was found that the newspaper rope mixed with pulp at 50:50 was the most suitable with tensile strength of 10.57 newtons. The expert satisfaction of recycled paper was at a high level (4.35±0.04) and the consumer satisfaction of the products of paper rope was at a high level (4.02±0.01).

Keywords: paper, recycle, crafts

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ได้รับความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ดร.สุภา จุฬคุปต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ดร.สุรชัย ขันแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ในการให้คำปรึกษาตั้งแต่หัวข้อวิทยานิพนธ์ ข้อมูลและคำแนะนำต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง โดยเฉพาะการวางเค้าโครง แนวทางการเขียนเนื้อหาและการวิเคราะห์ของงานวิจัย ซึ่งถือเป็นแรงกระตุ้นได้อย่างดียิ่ง อีกทั้งยังได้สละเวลาอันมีค่าเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของวิทยานิพนธ์ให้เป็นอย่างดี ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งใจและสำนึกในพระคุณ ขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนพรรณ บุญยรัตกลิน ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้กรุณาชี้แนะแนวทางและคำแนะนำ ตลอดจนข้อสังเกตต่างๆ ทำให้เกิดการพัฒนาแนวความคิดและไตร่ตรองปัญหา ได้อย่างรอบคอบ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ของเนื้อหาอย่างครบถ้วน

ขอขอบคุณ บริษัทอุตสาหกรรมกระดาษซินกวงฮั้ว (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในส่วนของการทำกระดาษ คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินการวิจัยและการเขียนงานวิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกระหว่างการดำเนินการวิจัย

ท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบคุณบิดา มารดา ที่ให้การอุปการะอบรมเลี้ยงดู ตลอดจนส่งเสริมการศึกษาและให้กำลังใจเป็นอย่างดี อีกทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา และขอขอบคุณเจ้าของผลงาน เอกสารและงานวิจัยทุกท่าน ที่ได้ให้ผู้เขียนค้นคว้าได้นำมาอ้างอิงในการวิจัย จนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กฤษณะ โพธิเวส

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญรูป	(9)
บทที่ 1 บทนำ	10
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	10
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	11
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	11
1.4 สมมติฐานของการวิจัย	11
1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย	12
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	12
บทที่ 2 วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
2.1 กระดาษและกระบวนการผลิต	13
2.2 ปอสา	20
2.3 เชือก	29
2.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษ และการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเชือก	33
2.5 การออกแบบผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์	38
2.6 ความพึงพอใจของผู้บริโภค	40
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	42
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	45
3.1 วัตถุดิบและณ์ที่ใช้ในการวิจัย	45
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	45
3.3 วิธีดำเนินงานวิจัย	46
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	51
3.5 ระยะเวลาในการวิจัย	51
3.6 สถานที่ในการวิจัย	51

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์	52
4.1 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะในการผลิตกระดาษรีไซเคิลผสมเยื่อปอสา และศึกษาสมบัติทางกายภาพของ กระดาษรีไซเคิล	52
4.2 การศึกษากระบวนการผลิตเชือกกระดาษและศึกษาสมบัติทางกายภาพของเชือกกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา	55
4.3 การสร้างต้นแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา	57
4.4 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญต่อเชือกกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา	57
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	63
5.1 สรุปผลการทดลอง	63
5.2 ข้อเสนอแนะ	64
บรรณานุกรม	65
ภาคผนวก	68
ภาคผนวก ก เอกสารตอบรับการเผยแพร่ผลงาน	69
ภาคผนวก ข แบบสอบถามความพึงพอใจ	71
ประวัติผู้เขียน	78

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	อิทธิพลของอายุของกิ่งปอสาต่อองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสา.....	22
ตารางที่ 2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของกิ่งต่อปริมาณโฮโลเซลลูโลส ผลผลิตเยื่อและความขาวสว่างของกระดาษ	22
ตารางที่ 2.3	ตัวอย่างมาตรฐานกระดาษสาไทย ขนาด 72 เซนติเมตร x 84 เซนติเมตร.....	26
ตารางที่ 4.1	ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษหนังสือพิมพ์รีไซเคิลผสมเยื่อปอสา	52
ตารางที่ 4.2	ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษพิมพ์เขียนรีไซเคิลผสมเยื่อปอสา..	53
ตารางที่ 4.3	ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษคราฟท์รีไซเคิลผสมเยื่อปอสา...	54
ตารางที่ 4.4	ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเชือกกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา	56
ตารางที่ 4.5	ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานผู้เชี่ยวชาญ.....	58
ตารางที่ 4.6	ความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญต่อเชือกกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา.....	59
ตารางที่ 4.7	ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานผู้บริโภค.....	60
ตารางที่ 4.8	ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา.....	61

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1.1	กรอบแนวคิดในการวิจัย	12
รูปที่ 2.1	การจำแนกและจัดกลุ่มอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ	15
รูปที่ 2.2	ขั้นตอนการผลิตเยื่อกระดาษ	16
รูปที่ 2.3	สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในการผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์	19
รูปที่ 2.4	ต้นปอสา	21
รูปที่ 2.5	กระดาษสา	23
รูปที่ 2.6	การเข้าเกลียวของเส้นด้ายและเชือก	32
รูปที่ 3.1	ขั้นตอนการผลิตเชือกกระดาษรีไซเคิล	49
รูปที่ 4.1	การสร้างเชือกกระดาษ(ก) กระดาษผ่านการตัดโดยมีความยาว 3 x 97 เซนติเมตร และ (ข)กระดาษที่นำมาเข้าเกลียวด้วยมือ ที่มีจำนวน 10 เกลียวต่อ 1 นิ้ว	55
รูปที่ 4.2	จากการสร้างต้นแบบกระเป๋า(ก) กระเป๋าสานทรง TOTE และ (ข) กระเป๋าทรงสี่เหลี่ยมนผ้าทำเฉพาะก้น และตกแต่งเป็นกระเป๋าถือด้วยผ้า	57

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาขยะมูลฝอยในประเทศไทยถือเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่เกิดขึ้นโดยมนุษย์ ซึ่ง มีปัญหาที่เกี่ยวเนื่องในหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นพฤติกรรมการบริโภค และการแยกขยะจากต้นทาง การกำจัดขยะที่ไม่ได้มาตรฐานก่อให้เกิดมลพิษ และไม่เกิดการนำกลับมาใช้ใหม่ หรือใช้ซ้ำอีกครั้ง [1] ในปี พ.ศ.2562 พบว่าปัญหาส่วนใหญ่ประเภทหนึ่งที่ส่งผลต่อมลภาวะของประเทศไทย คือ ขยะจากผลิตภัณฑ์ในรูปกระดาษที่ผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก และในจำนวนที่ผลิตออกมาอย่างมหาศาลนี้มีเพียงร้อยละ 30 ที่ได้มีการนำกระดาษที่ใช้แล้วไปทำผลิตภัณฑ์ใหม่อีกครั้ง ผลิตภัณฑ์จากกระดาษที่มีการผลิตขึ้นอย่างแพร่หลาย ซึ่งหลังจากอ่านแล้วจะทิ้งกลายเป็นขยะ ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ และสร้างปัญหาให้กับสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาพบว่ามีเพียงร้อยละ 3 ของกระดาษเท่านั้นที่สามารถนำไปผลิตเป็นสิ่งพิมพ์ได้ใหม่ จำนวนสิ่งพิมพ์ที่ใช้แล้วที่เหลือจึงกลายเป็นขยะอยู่ในแหล่งทิ้งขยะ ซึ่งนับว่าเป็นการใช้ทรัพยากรที่สิ้นเปลืองที่สุด เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระดาษส่วนใหญ่ คือ เส้นใยจากต้นไม้ [2] แม้ว่ากระดาษจะเป็นกระดาษที่มีคุณภาพต่ำ แต่ส่วนใหญ่ทำจากเยื่อไม้บด ซึ่งมีทั้งเยื่อใยสั้น และเยื่อใยยาวผสมกันสามารถนำมาผลิตใหม่หรือทำการรีไซเคิลได้อีก [3]

การรีไซเคิลกระดาษเป็นการนำกระดาษกลับมาใช้งานใหม่ ซึ่งสามารถทำได้ไม่เกิน 4 - 6 ครั้ง เท่านั้นเยื่อกระดาษจะสั้นลงเรื่อยๆ ดังนั้นในการผลิตกระดาษทางโรงงานรีไซเคิลต้องเติมเยื่อใหม่ลงไปด้วย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กลับกระดาษรีไซเคิลที่ผลิตออกมา [4] ซึ่งปอสามีคุณสมบัติที่มีเส้นใยยาวเมื่อนำมาผสมกับกระดาษที่ใช้ในการรีไซเคิลจะทำให้กระดาษมีคุณภาพ บทบาทในเชิงเศรษฐกิจในขณะนี้คือ เปลือกใน ซึ่งเป็นเปลือกที่อยู่ชั้นในที่สุดติดกับเนื้อไม้ มีสีขาวหรือครีมอมขาว บนผิวของเปลือกในสีขาวนี้จะมีชั้นของเปลือกในสีเขียวอยู่ถัดมา เปลือกในซึ่งใช้ทำกระดาษสานั้นเส้นใยยาวทำให้ได้เยื่อที่แข็งแรง สีขาวนวลตามธรรมชาติแม้จะยังไม่ได้ฟอกก็ตาม นอกจากนี้กระดาษสาเหมาะสำหรับใช้ในงานหัตถกรรมต่างๆ [5] การใช้ประโยชน์จากตลาดกระดาษสา ส่วนใหญ่เป็นบรรจุภัณฑ์ หรืองานศิลปะที่เน้นความสวยงามแล้ว ยังสามารถนำมาผลิตเป็นเส้นด้ายและเชือก เพื่อใช้ในงานประดิษฐ์หรืองานเคหะภัณฑ์ได้หลากหลายรูปแบบ เนื่องจากสมบัติด้านความแข็งแรง ความเหนียว และความยืดหยุ่นของเนื้อกระดาษ ที่จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความคงทน แต่ยังคงเอกลักษณ์ของลวดลาย และผิวสัมผัสของกระดาษสาอยู่ ซึ่งการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์จากกระดาษสา นอกจากจะทำให้ผู้ผลิตมีช่องทางการจำหน่ายกระดาษสาเพิ่มขึ้นแล้ว ยังจะส่งผลดีต่อการสร้างแรงจูงใจในการปลูกปอสาให้แก่เกษตรกรได้อีกทางหนึ่ง

จากข้อมูลการตรวจเอกสาร ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยมุ่งเน้นการแก้ปัญหาที่เกิดจากกระดาษที่ใช้แล้ว โดยนำกระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษพิมพ์เขียน และกระดาษคราฟท์เหลือใช้มารีไซเคิล โดยการประยุกต์เอาวิธีการผลิตกระดาษที่น้ำหนัก 80 แกรม มาศึกษาอัตราส่วนผสมของกระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษพิมพ์เขียน และกระดาษคราฟท์ผสมเยื่อปอสา เพื่อนำมาผลิตเป็นเชือกกระดาษรีเคิลใช้ในงานประดิษฐ์ เพื่อช่วยในเรื่องของปัญหาขยะมูลฝอยที่มีจำนวนมาก

แล้วยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ขยะมูลฝอย และนำขยะมาใช้งานอย่างคุ้มค่า สู่การพัฒนาในระบบอุตสาหกรรมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษจากเยื่อรีไซเคิลผสมเยื่อปอสา และทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษรีไซเคิล

1.2.2 เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเชือกกระดาษรีไซเคิล และทดสอบสมบัติทางกายภาพของเชือกจากกระดาษรีไซเคิล

1.2.3 เพื่อสำรวจความพึงพอใจของ ผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเชือกจากกระดาษรีไซเคิล และผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากเชือกกระดาษรีไซเคิล

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษากระบวนการผลิตกระดาษรีไซเคิล คือ กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษพิมพ์เขียน และกระดาษคราฟท์ โดยอัตราส่วนเยื่อกระดาษทั้ง 3 ชนิด ต่อเยื่อปอสาที่ 100 : 0 80 : 20 60 : 40 และ 50 : 50 ตามลำดับ และทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษรีไซเคิล เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมของแต่ละกระดาษมาปั่นเป็นเชือก

1.3.2 ศึกษากระบวนการผลิตเชือกจากกระดาษรีไซเคิลโดยการเข้าเกลียวเชือก ให้ได้ 10 เกลียว ต่อ 1 นิ้ว และทดสอบสมบัติทางกายภาพของเชือกกระดาษรีไซเคิลทั้ง 3 ชนิด

1.3.3 สำรวจความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเชือกจากกระดาษรีไซเคิล และผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิลในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านงานประดิษฐ์ 5 คน และผู้บริโภคจำนวน 100 คน

1.4 สมมติฐานของการวิจัย

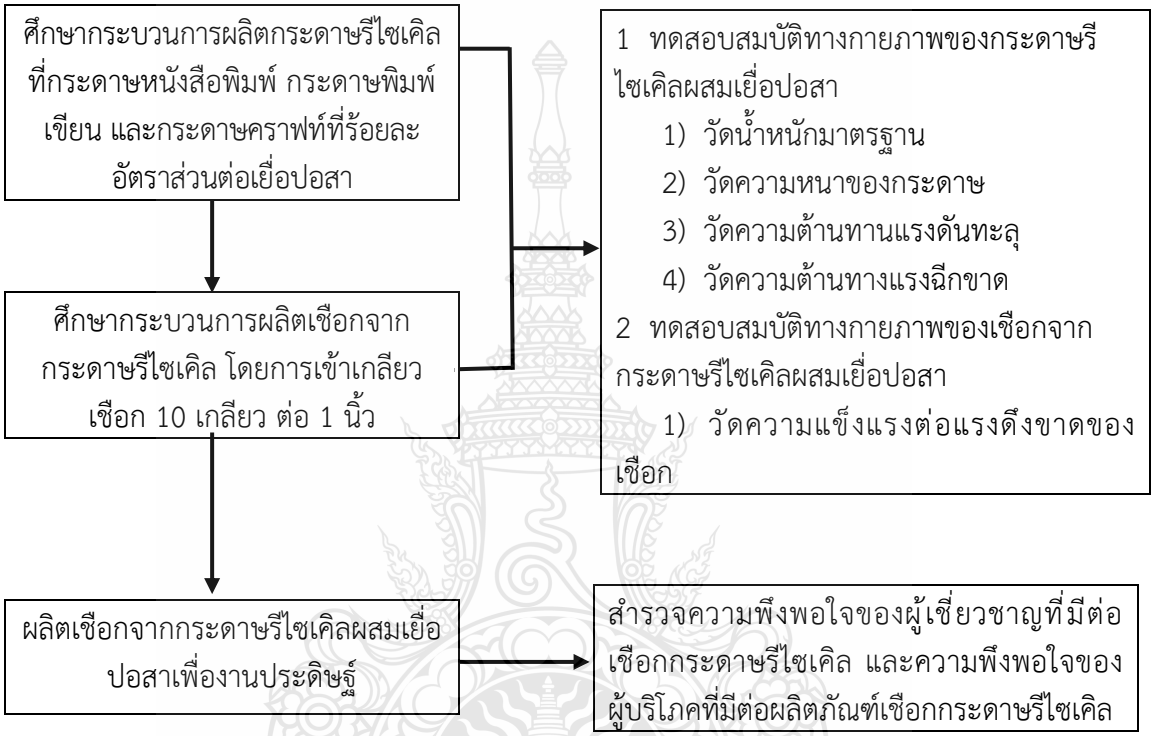
1.4.1 กระดาษรีไซเคิล ที่กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษพิมพ์เขียน และกระดาษคราฟท์ที่ร้อยละอัตราส่วนเยื่อกระดาษรีไซเคิลต่อปอสาที่แตกต่างกัน และมีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกัน

1.4.2 เชือกจากกระดาษรีไซเคิลที่มีจำนวนรอบเกลียวไม่ต่างกันจะทำให้มีคุณภาพที่แตกต่างกัน

1.4.3 ความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีเชือกกระดาษรีไซเคิล และผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เชือกจากกระดาษรีไซเคิล อยู่ในระดับมาก

1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีดังกล่าวผู้วิจัยได้ศึกษา และกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยไว้ดังนี้



รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบกระบวนการผลิตและอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษรีไซเคิล และทราบกระบวนการผลิตเชือกกระดาษรีไซเคิล

1.6.2 สร้างมูลเพิ่มค่าเพิ่มสำหรับขยะรีไซเคิลเพื่อทดแทนและต่อยอดให้กับงานประดิษฐ์

1.6.3 ทราบความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีเชือกกระดาษรีไซเคิล และความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิล

บทที่ 2
วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง การพัฒนากระดาษรีไซเคิลเพื่อผลิตเชือกสำหรับงานประดิษฐ์มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษรีไซเคิลจากเยื่อรีไซเคิลผสมเยื่อปอสา ทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษรีไซเคิล เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเชือกกระดาษรีไซเคิล และทดสอบสมบัติทางกายภาพของเชือกจากกระดาษรีไซเคิล สำรวจความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเชือกกระดาษรีไซเคิล และผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เชือกจากกระดาษรีไซเคิลสำหรับงานประดิษฐ์ ซึ่งผู้วิจัยทำการการตรวจสอบวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 กระดาษและกระบวนการผลิต
2.2 ปอสา
2.3 เชือก
2.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษ และการทดสอบสมบัติทางกายภาพเชือก
2.5 การออกแบบผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์
2.6 ความพึงพอใจของผู้บริโภค
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระดาษและกระบวนการผลิต

2.1.1 ประวัติและความเป็นมาของกระดาษ

กระดาษ เป็นสิ่งจำเป็นที่มีบทบาทสำคัญและเกี่ยวพันกับชีวิตมนุษย์นับแต่อดีตกาล เป็นเครื่องมือช่วยจารึกเรื่องราวต่างๆ ใช้เขียนอักษรโต้ตอบเพื่อการสื่อสาร รับใช้ศาสนา ความเป็นอยู่และประเพณีหรือแม้แต่บันทึกประวัติศาสตร์เป็นมรดกให้ลูกหลานได้รู้จักและภาคภูมิต่อ ชาติพันธุ์ของตน ก่อนยุคสมัยการใช้กระดาษ มนุษย์พยายามทดลองค้นหาวัสดุที่มีผิวเรียบชนิดต่างๆ มาใช้ เช่น นำดินเหนียวมาปั้นเป็นแผ่น ใช้กระดูกสัตว์ งาช้าง กระดองเต่า หิน โลหะ ซี่ไม้ไผ่ เปลือกไม้ ใบไม้ และผ้าไหม เป็นต้นใครค้นพบวิธีทำกระดาษเป็นชาติแรกแม้ว่าสิ่งต่างๆ ที่นำมาใช้บันทึกจะเป็นวัสดุที่ทนทาน แต่ก็ยากลำบากต่อการเก็บรักษา สิ้นเปลืองเนื้อที่ มีน้ำหนักมาก เคลื่อนย้ายไม่สะดวก จึงเป็นเหตุให้มีผู้คิดค้นวัสดุอื่นขึ้นมาใช้แทน ราว 2,000 - 8,000 ปี ก่อน ค.ศ. ชาวอียิปต์โบราณได้ประสบความสำเร็จจากการนำต้นปาปิรัส (Papyrus) มาบันทึกเรื่องราวต่างๆ ให้ชาวโลกได้รับทราบประวัติและวัฒนธรรมอียิปต์อย่างแพร่หลาย แต่นักวิจัยรุ่นหลังยังไม่ยอมรับว่าสิ่งนี้ คือ กระดาษ เนื่องจากวัสดุที่ใช้มิได้เป็นแผ่นเนื้อเดียวกัน เพียงแต่นำเยื่อมาติดซ้อนๆ กัน สิ่งที่ชาวโลกยอมรับว่าเป็นกระดาษที่แท้จริง คือ กระดาษที่เป็นแผ่นเนื้อเดียวกัน ค้นพบครั้งแรกในโลกที่ประเทศจีนประมาณ ค.ศ.105 (พ.ศ.648) และที่เชื่อกันว่า ขุนนางไซลั่น (Is'ai Lun) เป็นผู้คิดค้นวิธีทำกระดาษเป็นคนแรกนั้นไม่ถูกต้อง เนื่องจากมีการค้นพบกระดาษที่มีอายุเก่าแก่กว่านั้นประมาณ 140 ปีก่อน ค.ศ. ขุนนางผู้นี้อาจเป็นผู้เสนอการทำกระดาษเป็นทางการต่อ จักรพรรดิโฮ (Ho) และเป็นผู้ส่งเสริมและควบคุมรับผิดชอบการผลิตกระดาษให้กับราชสำนัก แต่การทำกระดาษถูกเก็บ

เป็นความลับไว้ในแผ่นดินจีนยาวนานกว่า 500 ปี จึงแพร่สู่เกาหลีและญี่ปุ่นเมื่อ ค.ศ.770 (พ.ศ.1313) และแพร่หลายเข้าสู่ยุโรปทางเส้นทางการค้าไหม โดยเข้าสู่อียิปต์เมื่อคริสต์ศตวรรษที่ 10 และกระจายเข้าสู่ยุโรปอย่างแท้จริงราวกลางคริสต์ศตวรรษที่ 12 ผ่านทางประเทศสเปนและอิตาลี จากนั้นจึงมีการใช้กระดาษแทนหนังแกะโรงงานกระดาษแห่งแรกของโลกสหรัฐอเมริกาเป็นผู้สร้างโรงงานทำกระดาษขึ้นเป็นชาติแรกเมื่อ ค.ศ.1690 (พ.ศ.2233) ณ เมืองฟิลาเดลเฟีย ส่วนเครื่องจักรทำกระดาษประดิษฐ์ขึ้นเป็นครั้งแรกเมื่อ ค.ศ.1804 (พ.ศ.2347) โดย เฮนรี่และซิลี ฟูดรินิแอร์ (Fourdrinier) สองพี่น้องชาวฝรั่งเศส

ทำไมจึงเรียกว่ากระดาษคำว่า กระดาษ แปลมาจากคำภาษาอังกฤษว่า Paper ซึ่งมีรากศัพท์มาจากคำว่า Papyrus ก็คือ ต้นปาปิรัส ที่ชาวอียิปต์นำมาบันทึกเรื่องราวต่างๆ นั่นเองแต่คำว่ากระดาษ นี้ไม่ใช่คำไทย หากเป็นคำที่แปลงจากคำภาษาโปรตุเกสที่เรียกว่า Cartas เข้าใจว่าโปรตุเกสเป็นผู้นำกระดาษแบบฝรั่งเข้ามาก่อนสมัยอยุธยา คำว่ากระดาษ จึงติดปากใช้กันมาตั้งแต่สมัยนั้นสมุดไทย สมุดข่อย ประเทศไทยมีกระดาษใช้มาแต่โบราณกาลแล้ว คาดว่ามีมาตั้งแต่สมัยสุโขทัย แต่ขณะนั้นคนไทยยังไม่รู้จักคำว่า กระดาษ ก็เรียกวัสดุนี้ว่า ใบสมุดเพราะคำว่า สมุด หมายถึง เล่ม อย่างคำว่า สมุดไทย เป็นต้น สมัยต่อมาได้วิวัฒนาการมาใช้เปลือกต้นข่อยตำทำเป็นแผ่นยาวๆ แล้วย้อมด้วยน้ำมะเกลือให้เป็นสีดำ ตากให้แห้งจึงเขียนด้วยรงค์ เรียกว่า สมุดข่อย ทั้งยังมีการเขียนด้วยเหล็กปลายแหลมลงใบลาน ภายหลังคนไทยภาคเหนืออาจได้รับอิทธิพลการทำกระดาษสาจากประเทศจีน ได้คิดทำกระดาษสาจากปอสาหรือต้นสาด้วยกรรมวิธีแบบง่ายๆ จึงได้กระดาษสาที่มีคุณภาพพอใช้ไม่ปรากฏหลักฐานว่าคนไทยเริ่มทำกระดาษมาแต่เมื่อใด จะมีเพียงหนังสือฉบับเก่าที่สุดของไทยที่เขียนลงบนกระดาษ คือพงศาวดารฉบับหลวงประเสริฐซึ่งเพียงเท่านี้ก็ไม่ทำให้เราทราบเวลาที่แน่ชัดได้เลย [4]

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์จากกระดาษที่มีการผลิตขึ้นเพื่อให้ข้อมูลข่าวสารซึ่งมีจำนวนมากมายมหาศาลในแต่ละวัน หลังจากการอ่านหรือใช้งานแล้วทิ้งไปกลายเป็นขยะ ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม มีเพียงร้อยละ 3 ของกระดาษเท่านั้นที่สามารถนำมาผลิตเป็นสิ่งพิมพ์ได้ใหม่ [2-3,6]

2.1.2 กระบวนการผลิตกระดาษในอุตสาหกรรมกระดาษ [7]

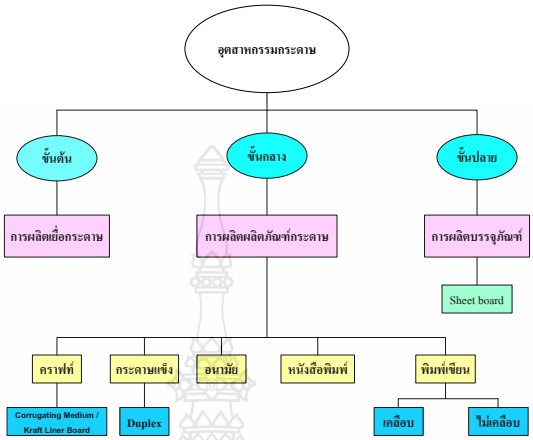
อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ทุนเข้มข้น มีลักษณะเป็นผู้ผลิตน้อยราย ในขณะที่อุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์ส่วนใหญ่จะเป็นขนาดกลางและเล็ก มีผู้ผลิตมากรายส่งผลให้อำนาจกาต่อรองระหว่างทั้ง 2 กลุ่ม ไม่เท่าเทียมกันและนำไปสู่ความขัดแย้งในบางครั้งโดยเฉพาะในช่วงที่อุปสงค์ของตลาดมีการขยายตัวขึ้นมาก อย่างไรก็ตาม ปัญหาดังกล่าวมีแนวโน้มบรรเทาลงเมื่ออุปสงค์ปรับลดลงและมีการประสานงาน รวมถึงการวางแผนร่วมกันทั้งสองกลุ่มดังที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

โครงสร้างการผลิตในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระดับ ตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ และกระบวนการผลิต คือ

2.1.2.1 อุตสาหกรรมกระดาษขั้นต้น จะเกี่ยวข้องกับการผลิตเยื่อกระดาษ (เยื่อบริสุทธิ์) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สำคัญสำหรับการผลิตกระดาษประเภทต่างๆ ของอุตสาหกรรมกระดาษขั้นกลางโดยอุตสาหกรรมขั้นต้นนี้จะครอบคลุมถึงการปลูกป่าเอกชนเพื่อนำไม้มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษด้วย

2.1.2.2 อุตสาหกรรมกระดาษขั้นกลาง ครอบคลุมการผลิตกระดาษในรูปแบบต่างๆ เช่น กระดาษคราฟท์ กระดาษพิมพ์เขียน กระดาษอนามัย และกระดาษหนังสือพิมพ์ เป็นต้น

2.1.2.3 อุตสาหกรรมกระดาษขั้นปลาย ซึ่งอุตสาหกรรมขั้นนี้จะนำเอาผลผลิตจากอุตสาหกรรมกระดาษขั้นกลางซึ่ง ได้แก่ กระดาษคราฟท์ กระดาษ Duplex มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทกล่องและบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าเพิ่มให้กับกระดาษได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การจำแนกและจัดกลุ่มอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ
ที่มา : [5]

2.1.2.4 อุตสาหกรรมกระดาษขั้นต้น อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษเป็นอุตสาหกรรมที่มีการลงทุนสูงเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมกระดาษ เยื่อกระดาษจัดเป็นวัตถุดิบที่สำคัญสำหรับนำไปใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กระดาษประเภทต่างๆ วัตถุดิบหลักที่สำคัญซึ่งนำมาใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษ ได้แก่ ไม้ ซึ่งในประเทศไทยไม้ที่นิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อ ได้แก่ ไม้ยูคาลิปตัส นอกจากนี้ยังมีการนำวัสดุประเภทอื่น เช่น ชานอ้อย มาเป็นวัตถุดิบ การผลิตเยื่อกระดาษด้วยเช่นกันดังแสดงในรูปที่ 2.2 การผลิตเยื่อกระดาษจะประกอบด้วยขั้นตอนการผลิตที่สำคัญดังนี้

1) การผลิตชิ้นวัตถุดิบ เป็นขั้นตอนที่นำวัตถุดิบมาลอกเปลือก ผ่าหรือเลื่อยให้มีขนาดเล็กนำเข้าเครื่องสับให้เป็นชิ้นเล็กตามขนาดที่ต้องการ

2) การต้มและการแยกเส้นใยโดยใช้ด่าง เป็นขั้นตอนที่นำวัตถุดิบชิ้นเล็กไปยังถังต้มเยื่อเพื่อแยกลินินออกจากเส้นใย โดยใช้สารเคมีไปทำปฏิกิริยากับลินิน ภายใต้การควบคุมสภาวะของอุณหภูมิ ความดัน และเวลา สารเคมีที่ใช้ในการต้มเยื่อจะนำมาใช้ใหม่ หลังจากได้รับการฟื้นฟูสภาพแล้ว

3) การแยกเยื่อ วัตถุดิบที่ผ่านการต้มแล้ว ในรูปของเยื่อกระดาษ และของเหลว จะส่งเข้าถังเป่าลม เพื่อแยกเยื่อออก

4) การล้างเยื่อ นำเยื่อที่แยกได้ผ่านตะแกรงหยาบ ผ่านเครื่องกรองระบบสูญญากาศ แล้วล้างด้วยน้ำร้อนเพื่อดึงส่วนที่เป็นน้ำดำออก

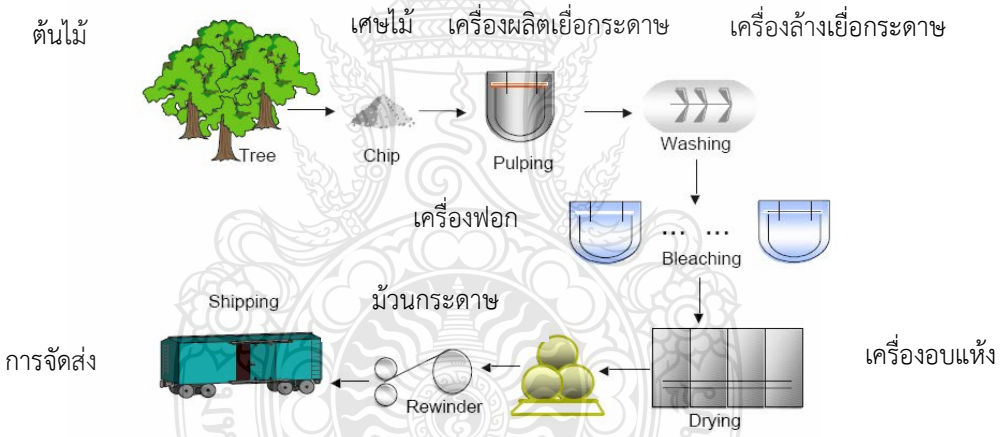
5) การแยกสิ่งสกปรก แยกโดยวิธีร่อนเยื่อผ่านตะแกรง ขนาดต่างๆ กัน แล้วแยกให้สะอาดอีกครั้งโดยผ่านเครื่องเหวี่ยง

6) การฟอกสี เยื่อกระดาษในขั้นตอนนี้ยังมีสีอยู่เนื่องจากไม่สามารถย่อยลินินได้หมด สีเหล่านี้จะมีตั้งแต่สีน้ำตาลเข้มจนถึงสีครีม ไม่สามารถใช้ผลิตกระดาษขาวได้ ความต้องการเยื่อกระดาษที่มีความขาวมาก ก็ต้องเพิ่มประสิทธิภาพในการฟอกเยื่อให้มากยิ่งขึ้น การฟอกสีจะเริ่มต้นด้วยการฟอกด้วยคลอรีน ผ่านถังที่มีโซดาไฟปรับปรุงสีเยื่อด้วยแคลเซียมไฮเปอร์คลอไรด์ แล้วตามด้วยการฟอกด้วยคลอรีนไดออกไซด์

7) การทำความสะอาดเยื่อ ภายหลังการฟอกสีเพื่อให้ได้เยื่อกระดาษที่มีคุณภาพดี มีเนื้อละเอียดขึ้น โดยใช้เครื่องเหวี่ยงทำความสะอาด

8) การทำให้แห้ง เยื่อที่สะอาดแล้วจะถูกส่งไปบีบน้ำออกในชุดลูกกดแล้วนำเข้าสู่ชุดลูกอบ ซึ่งมีไอน้ำไหลผ่านอยู่ภายในลูกกด ไล่น้ำให้ระเหยออกจนได้ความชื้น ร้อยละ 10 ตามที่ต้องการ

9) ระบบนำสารเคมีกลับคืน เป็นระบบที่นำสารเคมีที่เหลืออยู่หลังจากต้มเยื่อแล้วกลับมาใช้ใหม่ เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของโรงงานและลดปัญหามลภาวะ



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการผลิตเยื่อกระดาษ
ที่มา : [5]

2.1.2.5 อุตสาหกรรมกระดาษขั้นกลาง เป็นอุตสาหกรรมที่ต่อเนื่องจากอุตสาหกรรมกระดาษขั้นต้น โดยในขั้นกลางนี้ จะเป็นการนำเยื่อกระดาษมาใช้ในการผลิตเป็นกระดาษประเภทต่างๆ โดยจะนำมาผสมกับเยื่อที่ได้จากกระดาษรีไซเคิล และเยื่อใยยาวที่สั่งนำเข้ามาจากต่างประเทศ เนื่องจากประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตเยื่อใยยาวได้ อุตสาหกรรมกระดาษขั้นกลางจะประกอบด้วยการผลิตกระดาษประเภทต่างๆ เช่น กระดาษคราฟท์ กระดาษพิมพ์เขียน กระดาษอนามัย กระดาษหนังสือพิมพ์ และกระดาษแข็ง เป็นต้น

กระบวนการหรือขั้นตอนในการผลิตกระดาษประเภทต่างๆ ในอุตสาหกรรมกระดาษขั้นกลางนั้น จะมีความคล้ายคลึงกันอย่างมาก โดยทั่วไปจะประกอบด้วยขั้นตอนที่

สำคัญ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือ ขั้นตอนการเตรียมเยื่อ (Stock Preparation) และขั้นตอนการผลิตกระดาษ (Papermaking) ซึ่งในขั้นตอนนี้จะแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เรียกว่าช่วงเปียก (Wet End) ซึ่งจะครอบคลุมตั้งแต่ Machine Chest ซึ่งเป็นส่วนที่ทำการเก็บน้ำเยื่อ จนถึงส่วนที่ทำการกดรีดน้ำ (Pressing) และส่วนของช่วงแห้ง (Dry End) ซึ่งประกอบด้วยส่วนการทำอบแห้งกระดาษ (Drying) ส่วนการขัดมันกระดาษ (Calendering) และส่วนกรอแบ่งม้วนกระดาษ และตกแต่งผลิตภัณฑ์ (Reel and Finishing or Converting)

สำหรับพลังงานหลักที่สำคัญที่มีการใช้การผลิตกระดาษ คือพลังงานความร้อน ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไอน้ำ เพื่อใช้สำหรับการอบกระดาษให้แห้ง และพลังงานไฟฟ้า ซึ่งใช้ในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ เช่น มอเตอร์ ปั๊ม สายพานลำเลียง เป็นต้น สัดส่วนของการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตหลักๆ มีดังนี้ พลังงานความร้อนจากไอน้ำ จะถูกนำไปใช้ที่กระบวนการต้มเยื่อประมาณ ร้อยละ10 และอีกร้อยละ 90 จะถูกนำไปใช้ในส่วนของการอบแห้งกระดาษ (Dying Section) สำหรับพลังงานไฟฟ้านั้นพบว่าถูกนำไปใช้ในขั้นตอนของการปั่นเยื่อหรือตีเยื่อ (Pulping) ประมาณร้อยละ30 ขั้นตอนของการบดเยื่อ (Refining) ประมาณร้อยละ 25 ใช้ในเครื่องผลิตกระดาษ (Paper Machine) ประมาณร้อยละ 35 และอื่นๆ อีกร้อยละ10 [5]

กระดาษคราฟท์ (Kraft Paper) การผลิตกระดาษคราฟท์จะมีการใช้ทั้งเยื่อกระดาษรีไซเคิล และเยื่อใหม่ (Virgin Pulp) เยื่อที่ใช้จะเป็นเยื่อไม่ผ่านการฟอกซึ่งจะมีสีน้ำตาล เยื่อจะถูกป้อนเข้าถังตีเยื่อ (Pulper) เครื่องแยกสิ่งเจือปน และสิ่งสกปรกออก เยื่อที่แยกสิ่งเจือปนออกแล้วจะผ่านไปยังเครื่องบดเยื่อ (Refiner) ซึ่งจะนำไปบดให้เยื่อแตกเป็นเส้นใย เพิ่มความแข็งแรงให้เยื่อ จากนั้นจะถูกส่งไปพักไว้ ยังถังเก็บ เพื่อเตรียมป้อนเข้าเครื่องทำกระดาษ โดยผ่านทางถังจ่ายเยื่อ (Headbox) ซึ่งน้ำเยื่อจะถูกจ่ายลงบนตะแกรงลวดเดินแผ่น (Wire Section) เพื่อให้น้ำเยื่อวางตัวและขึ้นรูปเป็นแผ่น โดยมีเยื่อใหม่อยู่ชั้นบนสุดของเนื้อกระดาษ ชั้นกลางและชั้นล่างเป็นเยื่อเก่าที่มาจากกระดาษรีไซเคิลร้อยละ 100 เมื่อผ่านชุดทำแผ่น กระดาษจะมีความชื้นสูง จึงต้องทำการรีดน้ำออก (Pressing) ในส่วนนี้น้ำจะถูกรีดออกไปประมาณร้อยละ 50 ส่วนของน้ำที่เหลือจะถูกกำจัดออกไปโดยการอบแห้ง (Drying) หลังจากนั้นกระดาษจะผ่านไปยังเครื่องขัดผิว (Calendering) ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตกระดาษ กระดาษที่ได้จะถูกส่งไปกรอเป็นม้วน และถูกตัดแบ่งให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ ลักษณะของกระดาษคราฟท์ส่วนใหญ่จะมีเนื้อหยาบ สีน้ำตาลตามสีของเนื้อไม้ที่นำมาทำเยื่อแล้วใช้ผลิตกระดาษ แต่บางชนิดก็มีสีขาวเพราะใช้เยื่อฟอกขาวหรืออาจมีสีอื่นๆ ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตและความต้องการของตลาด กระดาษคราฟท์เป็นกระดาษที่มีความเหนียวและแข็งแรงกว่ากระดาษธรรมดา สามารถป้องกันแรงอัด และการทิ่มแทงจากการกระทบกระแทกจากภายนอกได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ยังมีคุณสมบัติในการต้านทานการเปียกน้ำ ต้านทานการเปรอะน้ำมัน ต้านทานการเสียดสี มีน้ำหนักกระดาษ มีความหนา และมีความเรียบสม่ำเสมอ สามารถติดกาวได้ดีและเหมาะสำหรับการพิมพ์

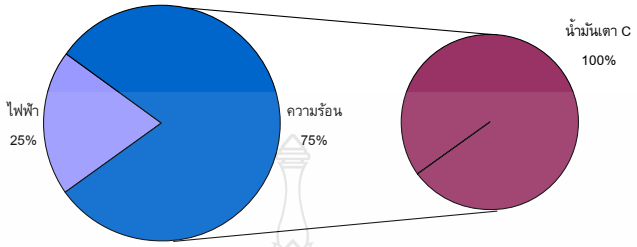
กระดาษพิมพ์เขียน (Printing & Writing Paper) ในการผลิตกระดาษพิมพ์เขียนนั้นจะใช้เยื่อที่ผ่านการฟอกขาวแล้ว ซึ่งจะถูกแปรสภาพเป็นน้ำเยื่อ ด้วยการเติมสารเคมีและน้ำก่อนจะตีให้แตกเป็นเส้นใย น้ำเยื่อจะถูกปล่อยผ่านหัวปล่อย ค่อยๆ เคลื่อนไปสู่ตะแกรงลวดเดินแผ่น (Wire Section) เกิดลักษณะเป็นแผ่นกระดาษ ซึ่งจะถูกส่งไปยังส่วนกดรีดน้ำ (Press Section) เพื่อ

ทำการกดรีดน้ำออก น้ำที่ยังเหลืออยู่ในกระดาษจะถูกกำจัดออกไปโดยการอบแห้งโดยใช้ลูกอบ (Dryer) ซึ่งกระดาษที่ผ่านการอบแห้งจะถูกส่งต่อไปฉาบผิวกระดาษ (Size-Press Section) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับผิวกระดาษ หลังจากนั้นกระดาษที่ผ่านการเคลือบแล้วจะถูกส่งไปอบแห้งอีกครั้ง กระดาษที่ผ่านการอบแห้งแล้วจะถูกส่งไปยังส่วนการขัดผิว (Calendering Section) เพื่อทำให้กระดาษบางลง มีความเรียบมากขึ้น และมีความหนาสม่ำเสมอขึ้น กระดาษที่ผ่านการขัดผิวแล้ว จะได้เป็นกระดาษไม่เคลือบผิวม้วนใหญ่ (Uncoated Jumbo Reel) หากต้องการปรับปรุงคุณภาพของผิวกระดาษให้มีความเรียบเพิ่มขึ้น เพื่อเพิ่มความสามารถในการพิมพ์ และมีความแข็งแรงขึ้น ก็สามารถนำกระดาษดังกล่าวไปทำการเคลือบผิว โดยผ่านเข้าเครื่องเคลือบผิว (Coater) ซึ่งทำหน้าที่นำสารเคลือบผิวซึ่งมีโฟมกับแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารเคมีหลัก และมีส่วนผสมของดินขาว หินปูน และลาเทกซ์อีกเล็กน้อยไปเคลือบที่ผิวกระดาษ การเคลือบผิวอาจเป็นแบบ “เคลือบด้านเดียว” หรือ ”เคลือบสองด้าน” ของกระดาษ และอาจจะ”เคลือบด้าน” หรือ”เคลือบมัน” ก็ได้ ทั้งนี้การเคลือบด้านหรือเคลือบมันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสารเคลือบผิวที่ใช้ รวมถึงความมันวาวของกระดาษที่นำมาเคลือบผิว และวิธีการที่ใช้ในการเคลือบผิวเป็นสำคัญ ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการเคลือบผิวกระดาษอาจเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องผลิตกระดาษ หรือแยกออกมาต่างหากก็ได้ กระดาษที่ผ่านการรีดผิว และเคลือบผิวมาแล้วเป็นกระดาษที่มีความเรียบและความมันวาวในระดับหนึ่ง หากต้องการเพิ่มความมันวาวของกระดาษให้มีมากขึ้น จะต้องนำกระดาษไปขัดผิวอีกครั้งหนึ่งโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า “Supercalender” ซึ่งจะสามารถเพิ่มความมันวาวของกระดาษให้มีมากขึ้นตามจำนวนครั้งที่กระดาษได้รับการขัดผิว

กระดาษหนังสือพิมพ์ (Newsprint Paper) ในการผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์ (Newsprint) จะมีการใช้ทั้งเยื่อใยสั้น เยื่อใยยาว และเยื่อจากกระดาษรีไซเคิล โดยเยื่อใยสั้นมีการผลิตจากกรรมวิธีผลิตเยื่อแบบเชิงกล เยื่อที่ได้จะมีลักษณะค่อนข้างหยาบกระด้าง เส้นใยที่ได้ส่วนใหญ่ไม่สมบูรณ์ มีการขาดและตัดเป็นท่อนๆ สำหรับเยื่อจากกระดาษรีไซเคิลนั้นจะใช้เยื่อที่ได้จากกระดาษหนังสือพิมพ์เก่า โดยมีการนำเยื่อใยยาวไปผสมกับเยื่อทั้งสองชนิดข้างต้น เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกระดาษ โดยมีการผสมเยื่อใยยาวเข้าไปในสัดส่วนประมาณร้อยละ 10 การผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์จะใช้เครื่องจักรผลิตกระดาษโฟร์ดีเนียร์แบบทวินไวร์ (Twin Wire) ซึ่งเครื่องผลิตกระดาษชนิดนี้จะมีตะแกรงลวดเดินแผ่นสองชั้น ซึ่งสามารถวิ่งได้เร็วกว่าเครื่องผลิตกระดาษโฟร์ดีเนียร์แบบปกติ เยื่อกระดาษที่ได้จะมีความสม่ำเสมอ และมีผิวที่เหมาะสมกับการพิมพ์ทั้งสองด้าน ซึ่งการปรับปรุงผิวกระดาษจะใช้วิธีการฉาบผิวบนเครื่องที่ใช้ฉาบผิว (Size Press) โดยใช้แป้งเป็นตัวฉาบ ในการผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์นั้นจะไม่มีการเติมสารกันซึม กระดาษหนังสือพิมพ์จะมีคุณสมบัติคือ น้ำหนักมาตรฐานต่ำ ความทึบแสงสูง ดูดซึมหมึกได้ดี อายุการใช้งานสั้น และเปลี่ยนสีง่าย กระดาษหนังสือพิมพ์จะมีคุณภาพต่างๆ กันหลายชนิดตามคุณภาพของเยื่อ และวิธีการผลิต บางชนิดมีสีคล้ำมาก บางชนิดมีสีค่อนข้างขาวและมีความเรียบต่างกัน

จากการเข้าสำรวจเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์ จำนวน 1 แห่ง พบว่า มีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 1,011,239 GJ (23.94 Ktoe) แบ่งเป็นพลังงานไฟฟ้า 113,793 MWh/ปี (409,655 GJ/ปี) คิดเป็นร้อยละ 25 ของพลังงานรวม และพลังงานความร้อน 601,584 GJ/ปี คิดเป็นร้อยละ75 ของพลังงานรวม ซึ่งพลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการ

ผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์นั้น ได้มาจากการใช้น้ำมันเตาทั้งหมด สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อน รวมถึงสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในการผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์

ที่มา : [5]

2.1.2.6 อุตสาหกรรมกระดาษขั้นปลาย เป็นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่ต่อเนื่องจากอุตสาหกรรมขั้นกลาง โดยการนำผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมกระดาษขั้นกลางซึ่ง ได้แก่ กระดาษคราฟท์ มาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ (กล่อง) ของสินค้าประเภทต่างๆ เช่น กล่องใส่เครื่องใช้ไฟฟ้า และกล่องใส่ผลไม้ เป็นต้น โรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมกระดาษขั้นปลายในประเทศไทย มีเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีทั้งผลิตแผ่นลูกฟูกและกล่องหรือมีการผลิตกล่องเพียงอย่างเดียว ซึ่งจากข้อมูลของสมาคมผู้ผลิตกล่องและแผ่นกระดาษลูกฟูกไทย พบว่าโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูกและผลิตกล่องด้วย มีจำนวนทั้งสิ้น 71 โรงงาน ในขณะที่โรงงานที่มีการผลิตกล่องเพียงอย่างเดียวมีจำนวน 96 โรงงาน [8]

2.1.3 การรีไซเคิลกระดาษ

การรีไซเคิล หรือการแปรรูปใช้ใหม่ (Recycle) สำหรับบรรจุภัณฑ์บางประเภทอาจจะใช้ซ้ำไม่ได้ จะมีการนำไปขายให้ร้านรับซื้อของเก่า ส่งไปขายต่อให้กับโรงงานสำหรับแปรรูป เพื่อนำไปผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เช่น การนำเศษกระดาษมาแปรรูปเป็นเยื่อกระดาษ เพื่อผลิตกระดาษใหม่รูปแบบกระดาษสารีไซเคิลนำมาใช้เป็นกระดาษห่อของขวัญ ตกแต่งเป็นกระดาษวาดภาพ และเพ้นท์สี รองเท้าแตะใช้สอยในบ้านเรือน เป็นต้น [9] ในการรีไซเคิลกระดาษนั้น สามารถทำได้สูงสุด 4 - 6 ครั้งเท่านั้น เมื่อผ่านกระบวนการรีไซเคิล เยื่อกระดาษจะสั้นลงเรื่อยๆ ดังนั้นในการผลิตกระดาษทางโรงงานรีไซเคิลต้องเติมเยื่อใหม่ลงไปด้วย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับกระดาษรีไซเคิลที่ผลิตออกมา ในการรับซื้อกระดาษของร้านรับซื้อเพื่อนำไปรีไซเคิลนั้น จะแบ่งกระดาษออกเป็นประเภทๆ ได้แก่ กระดาษปอนด์ขาวและดำ กระดาษแข็งสีน้ำตาล กระดาษหนังสือเล่ม กระดาษสมุด กระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษคอมพิวเตอร์ กระดาษแต่ละประเภทจะมีราคาซื้อและขายไม่เท่ากัน ขึ้นกับชนิดและคุณภาพ กระดาษคอมพิวเตอร์ กระดาษขาวดำและกระดาษสมุดจะมีราคาแพง รองลงมา ได้แก่ กระดาษกล่องสีน้ำตาล กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษบาง

ประเภทร้านรับซื้อของเก่าจะไม่รับซื้อ เช่น กระดาษที่เคลือบด้วยพลาสติก กระดาษห่อของขวัญ กระดาษเคลือบไข เป็นต้น การผลิตกระดาษ 1 ตัน ต้องตัดต้นไม้ถึง 17 ต้น และใช้พลังงานในการผลิตถึง 4,100 กิโลวัตต์ ซึ่งพอเพียงต่อการใช้กระแสไฟฟ้าในบ้านขนาดกลางถึง 6 เดือน [10]

2.2 ปอสา

2.2.1 ประวัติและความเป็นมาของปอสา

ปอสา หรือปอกระสา ชื่อสามัญเป็นภาษาอังกฤษเรียกว่า Paper Mulberry เป็นพืชในตระกูลเดียวกับหม่อนและขนุน เป็นไม้พุ่มยืนต้นขนาดกลาง ปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย ลำต้นส่วนที่เป็นเปลือกในของลำต้นจะมีเส้นใยยาวเหนียว เส้นใยปอสามีความเงามันและนุ่มเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว เหมาะสมกับการทำกระดาษ และผลิตภัณฑ์หัตถกรรมอื่นๆ กระดาษสามีสมบัติที่ดี คือ ทนทานไม่กรอบเปื่อยยุ่ย เก็บรักษาได้นาน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 [11] ต้นปอสาเป็นต้นไม้ประเภทไม่มีแก่น ลำต้นค่อนข้างเปราะแตกกิ่งก้านออกรอบต้น เปลือกมีสีขาวปนเทาหรือสีเขียวอ่อนใบมี 2 ชนิด คือ ใบหยักและใบไม่หยักใบมีขนเล็กน้อยต้นปอสาชอบขึ้นในพื้นที่ที่มีอากาศชื้น เช่นตามหุบเขา ตามริมห้วย หรือพื้นดินที่ชุ่มชื้นโดยปกติจะพบในพื้นที่ภาคเหนือ เช่น จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำปาง ใยจากเปลือกของต้นปอสามีคุณสมบัติพิเศษเหมาะสำหรับทำเป็นเชือกได้ แต่ส่วนมากมักถูกนำมาใช้ทำกระดาษปอสาที่นำมาใช้ทำกระดาษจะต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นประมาณ 7 - 10 เซนติเมตร หรือมีอายุประมาณ 3 – 4 ปี แหล่งผลิตที่สำคัญของประเทศไทย ส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคเหนือ คือ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน พะเยา น่าน อุตรดิตถ์ ลำปาง และสุโขทัย ที่ทำกันโดยทั่วไปในภาคเหนือของประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมในครอบครัวที่นับได้ว่าเป็นการสืบทอดศิลปวัฒนธรรมมาจากบรรพบุรุษ ส่วนใหญ่ทำขึ้นเพื่อใช้เป็นกระดาษทำร่ม ทำว่าว ทำกระดาษห่อของขวัญ ตลอดจน โคมไฟกระดาษสาซึ่งนับว่าเป็นที่นิยมอย่างมาก ในกลุ่มคนที่รักและชื่นชอบงานกระดาษสา ลักษณะการใช้งาน ใช้ตกแต่งบ้านเรือน เป็นโคมไฟหัวนอนใช้ถวายบูชา อีกทั้งยังมีราคาถูกเป็นที่ทุกคนสามารถซื้อได้ และการบำรุงรักษาง่าย สะดวกต่อการใช้งานการผลิตกระดาษสามีลักษณะการผลิตเพื่อใช้ในครัวเรือนเมื่อมีความต้องการและเห็นประโยชน์จากกระดาษสามากขึ้นจึงมีการปรับเปลี่ยนเป็นหัตถกรรมขนาดย่อม นอกจากจะประดิษฐ์เป็นของใช้แล้ว เช่น ยังมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นของที่ระลึกมากขึ้นในปัจจุบัน มีการนำเส้นใยต่างๆ เช่น ปอแก้ว หญ้าคา และกก มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กระดาษด้วย [12]

รูปที่ 2.4 ต้นปอสา
ที่มา : [7]

2.2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสา

ปัจจุบันการจำหน่ายผลผลิตปอสาส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเปลือกปอสาแห้ง คุณภาพเปลือกปอสาโดยทั่วไปพิจารณาจากความหนาของเปลือก สีของเปลือก และความชื้น เปลือกปอสาที่บางจะมีคุณภาพดีกว่าเปลือกหนา ควรเป็นเปลือกจากต้นที่มีอายุ 6 - 12 เดือน และไม่ควรเกิน 2 ปี เปลือกที่ดีควรมีสีขาว ปราศจากจุดดำ และเชื้อราองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสา ศึกษาโดยคัดเลือกสายพันธุ์ปอสาและศึกษาสมบัติทางเคมี เช่น ปริมาณเถ้า การละลายในน้ำร้อน การละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 การละลายในแอลกอฮอล์เบนซีน ปริมาณลินิน และปริมาณโฮโลเซลลูโลสสายพันธุ์ปอสา 5 สายพันธุ์ คือ ศรีสัชนาลัย น้ำโสม สวนผึ้ง แม่จริม และญี่ปุ่น โดยพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสามีความแตกต่างกัน ปริมาณเถ้าที่ได้จากการเผาเปลือกปอสาที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส เป็นตัวเลขที่บ่งบอกถึงปริมาณธาตุหนัก เช่น แคลเซียม ที่อยู่ในเปลือกปอสาเนื่องจากในพืชมีเพกทินยึดระหว่างเส้นใย เมื่อเพกทินทำปฏิกิริยากับแคลเซียม จะทำให้เกิดสารที่ไม่ละลายในน้ำร้อน แต่ละลายได้ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ถ้าปริมาณเถ้ามีมากมีผลทำให้การต้มเปลือกปอสาต้องใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์มากขึ้น ปริมาณละลายในน้ำร้อน เป็นตัวเลขที่บ่งบอกความสามารถในการละลายแทนลินิน ยาง น้ำตาล และแป้งออกจากเปลือกปอสาปริมาณการละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีเข้มข้นร้อยละ 1 เป็นตัวเลขที่บ่งบอกความสามารถในการละลายแทนนิน ยาง น้ำตาล สี แป้ง เฮมิเซลลูโลส และเนื้อเยื่อที่สูญเสียเนื่องจากถูกแสงและความร้อนออกจากเปลือกปอสาปริมาณการละลายในแอลกอฮอล์เบนซีนเป็นตัวเลขที่บ่งบอกความสามารถในการละลาย คาร์โบไฮเดรท เกลือ ไขมัน (Waxes และ Fat) ยางโปรโทสเตียรอล (Photosterol) และสารประกอบคาร์บอนที่ไม่ระเหย (Non-Volatile Carbon) ออกจากเปลือกปอสาปริมาณลินินเป็นตัวเลขที่บ่งบอกความเข้มข้นของสีในเยื่อปอสาที่ต้มได้ปริมาณโฮโลเซลลูโลสเป็นสารที่ประกอบด้วยแอลฟาเซลลูโลส ซึ่งเป็นส่วนที่จะเปลี่ยนเป็นกระดาษ [13]

เมื่อนำปอสามาต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะทำให้ได้เยื่อในปริมาณที่แตกต่างกัน และมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ เช่น ความขาวสว่าง (Brightness) ความต้านแรงดึง (Tensile Index) ความต้านแรงฉีกขาด (Tear Index) เป็นต้น อิทธิพลของอายุของกิ่งปอสาต่อองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสา แสดงดังในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 อิทธิพลของอายุของกิ่งปอสาต่อองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสา

ร้อยละขององค์ประกอบในเปลือกปอสา	อายุของกิ่งปอสา (เดือน)			
	6	12	24	ค่าเฉลี่ย
ขี้เถ้า	3.900	4.50	4.50	4.30
ละลายในน้ำร้อน	-	28.50	25.50	27.00
ละลายใน NaOH เข้มข้นร้อยละ 1	47.200	55.20	55.20	51.50
ละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีน	8.1	10.00	6.00	8.000
ลินิน	3.30	3.50	3.20	3.3
โฮโลเซลลูโลส	79.30	78.50	77.30	78.40

ที่มา : [13]

ผลจากการศึกษาแสดงว่าอายุของกิ่งปอสามีผลให้สมบัติทางเคมีสมบัติทางกายภาพของเปลือกปอสาแตกต่างกัน ดังนั้น อายุของกิ่งปอสามีอิทธิพลต่อองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสา ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของกิ่งต่อปริมาณโฮโลเซลลูโลส ผลผลิตเยื่อ และความขาวสว่างของกระดาษ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของกิ่งต่อปริมาณโฮโลเซลลูโลส ผลผลิตเยื่อ และความขาวสว่างของกระดาษ

อายุกิ่ง (ปี)	สายพันธุ์	โฮโลเซลลูโลส	ลินิน	เยื่อไม่ฟอก		เยื่อฟอก	
				ร้อยละของผลผลิต	ร้อยละของความขาว	ร้อยละของผลผลิต	ร้อยละของความขาว
1	ศรีสัชนาลัย	78.40	4.20	41.50	62.60	39.00	78.20
	น้ำโสม	75.80	3.50	40.90	51.30	39.00	78.80
	แม่จริม	79.70	3.30	45.40	56.60	40.70	75.60
	สวนผึ้ง	75.90	3.50	43.60	52.70	41.80	75.80
	ญี่ปุ่น	82.90	3.10	48.90	58.10	45.90	78.60
	ค่าเฉลี่ย	75.80	3.50	44.40	56.30	41.30	77.40
2	ศรีสัชนาลัย	75.30	2.60	44.10	53.10	38.60	76.00
	น้ำโสม	74.80	4.10	42.90	46.90	38.00	74.50
	แม่จริม	78.50	2.30	43.80	56.50	36.40	78.60
	สวนผึ้ง	75.600	3.40	47.20	41.20	39.50	73.40
	ญี่ปุ่น	82.2	3.40	45.20	57.10	41.70	77.80
	ค่าเฉลี่ย	77.30	3.20	44.60	51.00	38.80	76.10

ที่มา : [13]

ผลจากการศึกษาแสดงว่ากิ่งปอสาที่มีอายุ 12 เดือน มีแนวโน้มให้ผลผลิตเยื่อมากกว่ากิ่งปอสาที่มีอายุ 24 เดือน และให้เยื่อที่มีความขาวมากกว่า [13]

คุณสมบัติของกระดาษสาเกิดจากวัตถุดิบปอสาซึ่งเป็นพืชที่มีเยื่อเป็นเส้นใยยาวมีความเหนียวมากสามารถนำมาแปลสภาพโดยการทุบตีเยื่อไม้เพื่อนำมาทำเป็นกระดาษทำเชือกหรือใช้เป็นเยื่อผสมปูนขาว ปูนปลาสเตอร์ในการหล่อผลิตภัณฑ์โดยเสริมความแข็งแรงคงทนให้แก่ตัวผลิตภัณฑ์นั้นๆ ได้ การพัฒนากระดาษสาโดยการนำมาแปรรูปทำผลิตภัณฑ์จึงควรที่จะทำความเข้าใจกับคุณสมบัติพิเศษของวัตถุดิบปอสาและกระดาษสาเพื่อหยิบยกเอาความดีเด่นของคุณสมบัติเหล่านั้นออกมาใช้ให้สอดคล้องกับประโยชน์ใช้สอยตามความต้องการ ในด้านกระดาษสากับสิ่งแวดล้อมน้ำ เศษกระดาษสาที่เหลือจากการผลิตภัณฑ์สามารถนำมาหมุนเวียนใช้ใหม่ได้ โดยนำไปแช่น้ำ และตีเยื่อทำเป็นกระดาษสาแผ่นใหม่ได้นอกจากนี้ กระดาษสายังสามารถย่อยสลายให้กับเป็นปุ๋ยในดินหรือเป็นอาหารของพืชได้อีกด้วย [14]

2.2.3 กระบวนการผลิตกระดาษสา

การทำกระดาษด้วยมือมีอยู่ 3 แบบ ได้แก่ การทำกระดาษสาแบบไทย (Thai Handmade Paper) การทำกระดาษสาด้วยมือแบบญี่ปุ่น (Japanese Handmade Paper) และการทำกระดาษสาด้วยมือแบบตะวันตก (Western Handmade Paper) ดังแสดงในรูปที่ 2.5 โดยมีรายละเอียดดังนี้

รูปที่ 2.5 กระดาษสา
ที่มา : [4]

2.2.3.1 การทำกระดาษสาแบบไทย (Thai Handmade Paper) การทำกระดาษมีด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบช้อนและแบบแตะหรือแบบหล่อ ซึ่งแบบช้อนมักใช้กับกระดาษชนิดบาง สามารถทำได้ครั้งละจำนวนมากๆ เฉลี่ย 200 - 300 แผ่นต่อคนต่อวัน กระดาษที่ได้จะไม่ค่อยมีความสม่ำเสมอในแผ่น และแต่ละแผ่นจะมีน้ำหนักของกระดาษไม่เท่ากัน มีวิธีการทำโดยนำน้ำใส่อ่างช้อนเยื่อใส่สารกระจายเยื่อ โดยทั่วไปใช้ความเข้มข้นที่ร้อยละ 0.05 ของสารละลาย ถ้าใส่น้อยการกระจายเยื่อจะไม่ดี หรือใส่มากเกินไปก็จะทำให้การไหลผ่านของน้ำเยื่อออกจากตะแกรงช้าลงจากนั้นใช้ไม้คนสาร

กระจายเยื่อกับน้ำช้อนเยื่อ แล้วจึงค่อยใส่เยื่อที่ตีแล้วลงในน้ำช้อนเยื่อคนให้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งอ่าง นำตะแกรงจ้วงตักเยื่อจากจุดที่ห่างที่สุด แล้วลากเข้าหาตัวอย่างช้าๆ ความลึกของการจ้วงตักในแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับความหยาบของกระดาษที่ต้องการแล้วยกให้พ้นน้ำในแนวดิ่งรอจนน้ำหยดจากตะแกรงจนหมดจึงนำไปตากแดด และการทำกระดาษอีกวิธี คือ แบบแตะหรือการทำแบบหล่อเป็นวิธีการทำแผ่นกระดาษที่สามารถกำหนดความหนาของกระดาษได้ แต่การทำแผ่นจะช้ากว่าแบบช้อน กระดาษที่ได้จะมีความสม่ำเสมอมากกว่า ซึ่งวิธีการนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ วิธีปั้นก้อนเปียก โดยจะชั่งเยื่อสาที่ผ่านการสกัดน้ำออกแล้ว ปั้นเป็นก่อนไว้แต่ละก้อนให้ได้น้ำหนักแห้งตามความต้องการ จากนั้นตักน้ำใส่อ่างช้อนเยื่อที่มีสารกระจายเยื่อผสมอยู่ใส่ในถังเพื่อกระจายเยื่อก้อนที่เตรียมไว้แล้วใช้มือตีก้อนเยื่อให้แตกกระจายวางตะแกรงช้อนเยื่อในอ่างช้อนเยื่อแล้วใช้มือกดตะแกรงแล้วยกตะแกรงขึ้นรอให้น้ำไหลออกจนหมด แล้วจึงนำไปตากแดด และอีกวิธี คือ การควบคุมปริมาณเยื่อต่อน้ำ ซึ่งวิธีนี้จะทำแผ่นกระดาษได้เร็วกว่าวิธีปั้นก้อน แต่จะต้องควบคุมปริมาณน้ำต่อเยื่อให้ถูกต้อง และเวลาตวงน้ำเยื่อจะต้องกวนเยื่อให้กระจายอย่างสม่ำเสมอ โดยมีวิธีการคือใส่น้ำที่ผสมสารกระจายเยื่อแล้วลงในถังใส่เยื่อที่ชั่งน้ำหนักตามที่กำหนดไว้ลงในน้ำคนด้วยไม้ให้เยื่อกระจายอย่างสม่ำเสมอ ตวงน้ำเยื่อให้ได้ตามที่คำนวณไว้ เทลงบนตะแกรงแล้วยกขึ้นตรงๆ รอจนน้ำหยุด

การตกแต่งแผ่นกระดาษสาแบบไทย การตกแต่งแผ่นกระดาษสามีวัตถุประสงค์เพื่อให้กระดาษสาเกิดความสวยงามแตกต่างไปจากแผ่นกระดาษสาทั่วไปซึ่งจะเป็นกระดาษสาสีขาว โดยการตกแต่งอาจจะใส่ใบไม้ ดอกไม้ ใช้เยื่อต่างสีหรือผสมชนิดอื่นๆ ลงไปหรือเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร นอกจากจะให้ความแปลกใหม่ ความสวยงามแล้ว ยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับกระดาษสา การตกแต่งด้วยการใส่ดอกไม้ และใบไม้ ความสวยงามจะขึ้นอยู่กับการออกแบบ และชนิดดอกไม้ที่จะนำมาใส่โดยวิธีการ คือ ใส่ลงในเยื่อขณะทำแผ่นโดยวิธีการช้อนหรือวิธีการแตะก็ตาม เมื่อช้อนหรือแตะเยื่อให้กระจายเต็มพื้นที่ของตะแกรง แล้วจึงนำดอกไม้หรือใบไม้วางลงบนเยื่อกระดาษตามแบบที่ได้กำหนดไว้ใช้นิ้วกดดอกไม้หรือใบไม้ลงใต้เยื่อทับเอาไว้ จากนั้นยกขึ้นรอให้น้ำหยุดไหลจึงนำไปตากแดด ซึ่งวิธีการนี้สามารถทำได้เร็วแต่เยื่อที่ปิดดอกไม้หรือใบไม้จะปิดได้ไม่หมดและไม่สม่ำเสมอจึงทำให้บางส่วนหลุดออกมาได้ หรืออีกวิธีคือ วางบนเยื่อปิดทับด้วยแผ่นกระดาษบาง วิธีนี้จะต้องเตรียมแผ่นกระดาษสาชนิดบางไว้ก่อน โดยเริ่มจากการช้อนหรือแตะเยื่อให้กระจายทั่วตะแกรงในอ่าง แล้ววางดอกไม้ใบไม้ลงบนเยื่อ เมื่อเสร็จแล้วขณะวางต้องดึงเท่ากันทั้งแผ่น แผ่นกระดาษที่วางทับลงไปจะเปียกน้ำแล้วจะติดกันกับกระดาษแผ่นล่าง โดยวิธีนี้จะได้กระดาษที่มีความสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น และไม่มีการหลุดออกของใบไม้ และดอกไม้ การตกแต่งกระดาษอีกวิธีเป็นการตกแต่งโดยการผสมเยื่อต่างสีหรือผสมต่างชนิด การผสมเยื่อต่างชนิดส่วนใหญ่จะไม่ได้ย้อมสี จึงไม่เป็นปัญหาเรื่องการปนเปื้อนของสี จะใช้วิธีการช้อนหรือแตะก็ได้ตามความเหมาะสม สิ่งที่ควรพิจารณา คือ อัตราส่วนระหว่างเยื่อสากับเยื่อชนิดอื่น เมื่อทำแผ่นแล้วจะต้องมีความเหมาะสมและสวยงาม เยื่อที่ใช้ผสมจะต้องไม่มากจนหลุดออกได้ง่าย

การทำแห้งกระดาษ กระดาษสาแบบไทยไม่สามารถดึงออกจากตะแกรงในขณะเปียกได้ ดังนั้นจำเป็นต้องทำให้กระดาษแห้งทั้งตะแกรง ซึ่งมีด้วยกัน 2 วิธี คือ วิธีแรก คือ การตากแดด โดยอาศัยความร้อนจากแสงแดดซึ่งเป็นวิธีประหยัด โดยนำตะแกรงที่ช้อนเยื่อนำมาตั้งเอียง 45 องศา หันด้านที่มีกระดาษเข้าหาแดด แต่ถ้าเป็นกระดาษย้อมสีควรจะผึ่งแดดให้แห้งในที่ร่มเพื่อสี

ที่ย้อมจะไม่ซีด โดยปกติแล้วจะแห้งในเวลา 2 - 3 ชั่วโมง และอีกวิธีคือการใช้ตู้อบสามารถอบกระดาษได้ตลอดเวลา โดยไม่มีปัญหาของสภาพอากาศแต่ใช้การลงทุนค่อนข้างสูง ใช้อุณหภูมิในการอบประมาณ 40 - 45 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้ตาข่ายไนล่อนที่ใช้ทำตะแกรงหดตัวได้ใช้ระยะเวลาในการอบประมาณ 1 ชั่วโมง

การดึงกระดาษออกจากตะแกรง หลังจากที่กระดาษแห้งสนิทแล้ว ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำกระดาษ ซึ่งมีความสำคัญค่อนข้างมากเพราะคุณภาพของกระดาษจะต่ำลงหากกระดาษมีตำหนิ เช่น ลอยฉีกขาดหรือลอยหักพับจากการดึงกระดาษออกจากตะแกรง การดึงกระดาษออกจากตะแกรงให้ใช้ทั้งสองมือจับกระดาษที่ด้านบนให้มีระยะห่างเท่ากัน แล้วดึงกระดาษเข้าหาตัวในลักษณะยกขึ้นเล็กน้อย จนกระดาษหลุดออกจากตะแกรงทั้งแผ่น ในการดึงกระดาษออกจากตะแกรงให้ระมัดระวังอย่าให้เกิดรอยหักพับของกระดาษในขณะดึง และควรจะดึงออกทีละแผ่นแล้ววางซ้อนกันให้เรียบร้อยจึงค่อยดึงแผ่นต่อไป

การทำให้ผิวกระดาษเรียบ โดยทั่วไปกระดาษสาไทยจะมีผิวหน้าของกระดาษที่ไม่เรียบสม่ำเสมอ เนื่องจากไม่สามารถนำออกจากตะแกรงเข้าเครื่องกดไล่น้ำได้ การที่จะทำให้ผิวหน้าของกระดาษเรียบ ทำได้โดยขูดผิวหน้าของกระดาษด้วยภาชนะขอบและผิวเรียบ การขูดผิวหน้ากระดาษจะรอให้น้ำในแผ่นกระดาษระเหยออกไปประมาณร้อยละ 70 ก่อนเวลาครูดผิวหน้ากระดาษจะได้ไม่ขาด การครูดผิวของกระดาษจะไม่กดแรงเกินไป เพราะจะทำให้ขาดหรือมีตำหนิได้ อีกวิธี คือ การรีดด้วยเครื่องกระดาษ (Calender) โดยเครื่องรีดกระดาษจะประกอบด้วยลูกกลิ้งสองลูกซ้อนกันในแนวดิ่ง การรีดทำได้โดยใส่แผ่นกระดาษสาที่แห้งแล้วเข้าไประหว่างลูกกลิ้ง ถ้าต้องการให้เรียบมากให้เพิ่มน้ำหนักกดลงบนลูกกลิ้งตัวบน และรีดหลายๆ ครั้ง ลูกกลิ้งตัวล่างจะหมุนด้วยแรงดึงของสายพานที่ต่อมาจากมอเตอร์ทำให้ลูกกลิ้งตัวบนหมุนตาม การรีดด้วยเครื่องนี้ทำได้ง่ายและเร็ว กระดาษที่ใช้จะมีความเรียบที่สม่ำเสมอมีความเหนียวและแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย

การกำหนดมาตรฐานกระดาษสาไทย ที่ใช้ในโรงงานเทคโนโลยีต้นแบบการผลิตเยื่อและกระดาษ ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งได้แบ่งเกรดของกระดาษสาตามวัตถุประสงค์การใช้งาน ได้แก่ กระดาษสาเกรด A ใช้เป็นกระดาษห่อของ เกรด B ใช้ทำโบ เกรด C ใช้ทำใบไม้ เกรด D ใช้ทำกระดาษฉีกภาพประดิษฐ์ เกรด E ใช้ทำกรอบรูป กล่องกระดาษ เกรด F ใช้ทำปกสมุด เกรด G ใช้ทำกลีบดอกกุหลาบ และ เกรด H ใช้ทำเป็นการ์ดอวยพร เป็นต้น โดยในแต่ละเกรดจะมีราคาของกระดาษสาที่ต่างกัน ซึ่งมีน้ำหนักของกระดาษ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างมาตรฐานกระดาษสาไทย ขนาด 72 เซนติเมตร x 84 เซนติเมตร

เกรด	น้ำหนักกระดาษ (ก./แผ่น)	น้ำหนักมาตรฐาน (ก./ม^2)
A	22.90 - 25.40	40±20
B	32.00 - 34.50	55±20
C	41.10 - 43.60	70±20
D	50.10 - 52.60	85+20
E	59.20 - 61.70	100±20
F	68.30 - 70.80	115±20
G	77.40 - 79.90	130±20
H	86.40 - 88.90	145±20

ที่มา : [12]

2.2.3.2 การทำกระดาษสาแบบญี่ปุ่น (Japanese Handmade Paper) กระดาษสาญี่ปุ่นเป็นกระดาษสาที่มือชื่อเสียงมาก เนื่องจากมีความเรียบเนียนสม่ำเสมอ บางและเหนียวตลอดทั้งแผ่น ซึ่งกระดาษสาแบบญี่ปุ่น (Nagashizki) เป็นวิธีการเพิ่มความหนาของแผ่นกระดาษที่ละชั้นด้วยวิธีการไหลของเยื่อ (Flowing Method) จะได้กระดาษที่มีเนื้อเรียบเนียนโดยมีขั้นตอนในการทำดังนี้

1) การเตรียมอ่างและน้ำเยื่อสำหรับช้อนแผ่นอ่างช้อนเยื่อแบบญี่ปุ่น (Suki Bune) ตัวอ่างจะทำด้วยแผ่นสแตนเลส โดยด้านนอกจะใช้ไม้เป็นกรอบรูปอ่างจะเป็นรูปทรงเหลี่ยมผืนผ้า เมื่อเตรียมอ่างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้นำน้ำใส่ลงอ่างความสูงของระดับน้ำไม่เกินอ่างช้อนเยื่อ โดยปกติใช้น้ำสูงประมาณ 20 – 25 เซนติเมตร เพื่อจะได้ไม่ใช้สารกระจายเยื่อมากเกินไปจากนั้นให้เติมสารกระจายเยื่อ โดยปริมาณของสารกระจายเยื่อที่ใช้ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ตีด้วยไม้ไผ่ลวก เพื่อให้สารกระจายเยื่อให้ผสมกับน้ำให้สม่ำเสมอแล้วจึงค่อยใส่เยื่อที่ผ่านการตีด้วยเครื่องกระจายเยื่อมาแล้วลงไปครั้งละ 1 ก้อน น้ำหนักเปียกก้อนละประมาณ 1 กิโลกรัม ใช้ไม้ตีเยื่อให้กระจายทั่วอ่างช้อนเยื่อ

2) การช้อนแผ่นกระดาษ ก่อนการช้อนแผ่นกระดาษจำเป็นต้องเตรียมแบบ (Mould) ซึ่งประกอบด้วยตะแกรง (Frame หรือ Keta) และตะแกรง (Screen หรือ Su) นำมาแช่ในอ่างให้เปียกก่อนนำมาช้อนเยื่อ 5 นาที เพื่อให้เกิดการอุ้มน้ำและไม่ลื่น ขณะช้อนเยื่อทำแผ่นกระดาษจากนั้นนำกรอบตะแกรงมาวางบนไม้คาน 2 อัน ที่พาดอยู่บนอ่างช้อนเยื่อ เปิดกรอบด้านบนขึ้นใส่ตะแกรงแล้วยึดด้วยขอพับให้เรียบร้อย ผูกเชือกเข้ากับสปริงหรือปลายไม้ไผ่และใช้ไม้ทั้งสองจับให้ชิดมาทางขอบในเอียงแบบใช้ด้านข้างดันไม้รองทั้ง 2 อัน ไปชิดด้านข้างของอ่างข้างละอันแล้วจึงเริ่มช้อนแผ่นโดยขั้นแรกการสร้างด้านหลังกระดาษเรียก Kakenagashi หรือ Ubumizu โดยการใช้แบบตักลึกลงไปในน้ำเยื่อประมาณ 5 เซนติเมตร จากนั้นยกแบบขึ้นให้สูงกว่าขอบแบบด้านหลัง และผลักแบบออกไปด้านหน้าให้น้ำเยื่อไหลออก การผลักนี้คล้ายกับการสาดน้ำออกไปจากตะแกรง วิธีนี้จะสร้างกระดาษได้

หนึ่งชั้นขั้นตอนต่อมาเป็นการสร้างความหนาของกระดาษเรียกว่า Choshi การสร้างความหนาของแผ่นกระดาษโดยใช้แบบตักน้ำเยื่อในลักษณะเดิมยกขึ้นให้ขนานกับระดับผิวน้ำ ใช้การหักข้อมือขึ้นลง น้ำเยื่อจะไหลเต็มตะแกรงจากขอบตะแกรงหนึ่งไปยังขอบหนึ่งไปกลับเช่นนี้ 4 – 5 ครั้ง เยื่อจะเรียงทับที่ละชั้นหนาขึ้น เมื่อเยื่อบนตะแกรงเหลือน้อยให้สาดออก และขั้นสุดท้ายเป็นการสร้างหน้ากระดาษเรียกว่า Sutemizu ขั้นตอนนี้จะตักน้ำเยื่อเหมือนเดิม แต่ตอนสุดท้ายให้สาดน้ำออกไปด้านหน้า ให้น้ำเยื่อตกออกไปจากขอบแบบและกดขอบแบบให้ต่ำเพื่อให้น้ำเยื่อตกไปจนหมดช่วงนี้ถ้าไม่กดขอบแบบลงจะเกิดรอยย่นที่ขอบเยื่อ กระดาษจะมีตำหนิ

3) การวางแผ่นกระดาษลงบนแผ่นไม้ (Shito) และยกตะแกรงออกจากแผ่นกระดาษก่อนอื่นจะต้องเตรียมประกอบขาตั้งและวางแผ่นไม้เพื่อรองรับกระดาษประกอบไม้กับขอบตะแกรงรูปแผ่นสักหลาดหรือกระดาษสาที่เคลือบผงบุกมาแล้วบนแผ่นไม้จากนั้นเทน้ำลงบนกระดาษให้เปียกจนทั่ว และใช้มือรีดกระดาษให้เรียบติดกับแผ่นไม้อัดและไล่ฟองอากาศออกไปจนหมดการวางแผ่นกระดาษลงบนแผ่นไม้ (Shito) และยกตะแกรงออกทำได้โดยการปลดตะขอที่ล็อกขอบตะแกรงด้านบนออกใช้มือซ้ายยกตะแกรงบนขึ้นให้เอนไปด้านหลังแล้วใช้นิ้วมือขวาลูบเยื่อที่ติดอยู่กับขอบไม้ที่ติดอยู่กับขอบตะแกรงออกไปในลักษณะการลูบเอาเยื่อออก ใช้มือซ้ายจับตรงกลางของขอบตะแกรงด้านในแล้วยกขึ้นสอดมือขวาลอดผ่านใต้ตะแกรงไปจับขอบตะแกรงอีกด้านหนึ่ง ยกตะแกรงขึ้นและดึงขอบตะแกรงทั้งสองให้ตึงและยกไปลงที่แผ่นไม้ (Shito) เมื่อตะแกรงอยู่เหนือแผ่นไม้ (Shito) ให้ยกมือขวาไว้ปล่อยมือซ้ายลงตะแกรงจะห้อยลงในลักษณะตั้งฉากให้เลื่อนการจับขอบตะแกรงของมือซ้าย ไปทางด้านซ้ายของตะแกรง แล้ววางขอบตะแกรงลงบนแผ่นไม้ (Shito) ชิดกับไม้กันขอบทั้งสองอัน ปล่อยมือซ้ายมาแตะตรงกลางไม้ขอบตะแกรงล่างแล้วค่อยๆ ย่อนตะแกรงลงมาให้ตะแกรงไปสัมผัสกับแผ่นไม้ (Shito) อย่างสม่ำเสมอ ยกตะแกรงออกจากแผ่นกระดาษโดยใช้ทั้งสองมือจับที่ขอบตะแกรงที่ติดกับไม้กั้นพลิกขึ้นแล้วพับไปด้านหลังกดลงเล็กน้อยแล้วยกขึ้น โดยดึงเอียงไปด้านหลังให้ตะแกรงค่อย ๆ หลุดออกจากแผ่นกระดาษช้าๆ และต่อเนื่องจนสุดขอบกระดาษ แล้วจึงเริ่มซ้อนแผ่นต่อไปและวางกระดาษเหมือนเดิมมีเพียงเพิ่มเส้นขั้นระหว่างแผ่นของกระดาษเพื่อให้แยกแผ่นออกไปจากขอบของตะแกรง โดยใช้มือทั้งสองจับขอบปลายเส้นขั้นดึงให้ตึงวางลงบนแผ่นกระดาษข้างตะแกรงที่มีไม้ขั้นและจะต้องวางเส้นขั้นทุกๆ แผ่น

4) การบีบน้ำออกจากกระดาษ (Press) หลังจากการซ้อนแผ่นกระดาษได้ตามที่ต้องการ จากนั้นจะต้องบีบเอาน้ำออกจากกระดาษโดยการยกแผ่นไม้รองกระดาษพร้อมกับชั้นกระดาษเปียกลงบนพื้นที่มีไม้หน้าสาม 2 อัน ความยาวเท่ากับแผ่นไม้รองกระดาษ รองรับอยู่วางทับด้านบนของชั้นกระดาษเปียกด้วยแผ่นไม้อัดแล้วด้านบนของไม้อัดวางทับด้วยไม้หน้าสาม 2 อันความยาวเท่ากับไม้ด้านล่างแล้ววางทับไม้ทั้งสองด้วยแผ่นหิน 1 แผ่น ที่มีน้ำหนัก 10 กิโลกรัม แล้วเพิ่มแผ่นหินที่ละ 1 แผ่นทุกๆ 1 ชั่วโมง จนครบ 5 แผ่น การทยอยเพิ่มน้ำหนักกดลงบนแผ่นกระดาษเพื่อให้น้ำค่อยๆ ซึมออกไปจากกระดาษอย่างช้าๆ ถ้าเพิ่มน้ำหนักในครั้งแรกมากๆ จะทำให้กระดาษเกิดความเสียหายและมีรอยแตก จากนั้นนำกระดาษที่ผ่านการทับด้วยแผ่นหินอัดเอาน้ำออกด้วยเครื่องไฮดรอลิก โดยค่อยๆ เพิ่มน้ำหนักกดลงไปที่ละน้อยใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง ให้ความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 30 สำหรับการเอาน้ำออกจากกระดาษ

5) การทำแห้งกระดาษ (Drying) ในการทำแผ่นกระดาษสาสามารถทำได้ 2 วิธีโดยวิธี อบไอน้ำ (SteamDry) ซึ่งวิธีนี้ใช้ความร้อนจากไอน้ำที่ได้จากการต้มน้ำผ่านตามท่อเข้าสู่แผ่นสามเหลี่ยม (Triangle Hot Dry) ความร้อนที่เข้าสามารถปรับอุณหภูมิสูงหรือต่ำ โดยการหมุนวาล์ว อุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 40 - 45 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปกระดาษจะแห้งบิดงอ แต่ถ้าใช้อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปจะทำให้เสียเวลานานกว่าที่กระดาษจะแห้งโดยวิธีในการทำ คือ ลอกแผ่นกระดาษขึ้นมาทีละแผ่นวางลงบนแผ่นให้ความร้อน ดึงกระดาษให้เรียบไม่มีรอยย่น แล้วใช้แปรงขนม้ารูปที่ผิวกระดาษให้เรียบติดกับแผ่นให้ความร้อน การใช้วิธีนี้มีข้อดีตรงที่จะทำให้กระดาษแห้งเร็วแต่มีข้อเสีย กระดาษด้านที่ติดกับแผ่นไม้ให้ความร้อน เมื่อดึงกระดาษออกจากกระดาษจะเกิดขุยของกระดาษ (Fuzzy) ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ดี และการทำแห้งกระดาษอีกวิธี Drying Board (Ginko) เป็นวิธีการทำให้กระดาษแห้งโดยอาศัยธรรมชาติ วิธีการนี้ทำโดยนำแผ่นกระดาษวางแผ่นไม้ที่มีผิวหน้าเรียบ แล้วใช้แปรงขนม้าลูปผิวหน้ากระดาษให้เรียบติดกับหน้ากระดาษของแผ่นไม้การทำกระดาษให้แห้งด้วยวิธีนี้กระดาษจะมีผิวหน้าเรียบมากกว่าวิธีแรกและไม่เกิดขุยที่ผิวกระดาษการแห้งของกระดาษจะเร็วขึ้นหรือช้าขึ้นอยู่กับแหล่งความร้อนที่ได้จาก 3 แหล่ง คือ การตากแดด การผึ่งลมในที่ร่ม และอุณหภูมิห้องอบกระดาษการดึงกระดาษเมื่อแห้งแล้ว การดึงแผ่นกระดาษให้หลุดออกมาจะต้องมีความระมัดระวังค่อนข้างมาก เพราะมิฉะนั้นกระดาษจะมีรอยหักได้ โดยวิธีการใช้เล็บแกะที่มุมของการะดาษให้หลุดออกจากแผ่นที่ใช้ทำให้กระดาษแห้ง แล้วค่อยๆ ดึงแบบยกเข้าหาตัวให้หลุดออกจากแผ่นที่ทำแห้งจากนั้นนำกระดาษไปเรียงซ้อนกันไว้เพื่อเก็บรักษาอาจจะเก็บทั้งแผ่นหรือตัดขอบด้านข้างทั้งสี่ของกระดาษทิ้งไปก็ได้

2.2.3.3 การทำกระดาษด้วยมือแบบตะวันตก (Western Handmade Paper) เป็นการทำกระดาษโดยอาศัยการทับถมของเยื่อ (Accumulation) ทำให้เกิดความหนาของกระดาษจนเป็นแผ่นของกระดาษ กระดาษมีความสม่ำเสมอและมีความเรียบน้อยกว่ากระดาษญี่ปุ่น โดยวิธีการนี้คนญี่ปุ่นเรียกว่า Tamezuki ซึ่งขั้นตอนในการทำและอุปกรณ์ไม่มีความแตกต่างจากการทำกระดาษแบบญี่ปุ่น แต่แตกต่างกันที่ตัวตะแกรงและวิธีการช้อนที่ต่างไปจากการทำกระดาษแบบญี่ปุ่น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตะแกรงช้อนเยื่อแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ตะแกรงล่างและกรอบบนตะแกรงล่างประกอบด้วยกรอบที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดแล้วแต่ความเหมาะสมโดยทั่วไปเกิน 40 x 50 เซนติเมตร เนื่องจากจะมีน้ำหนักมากเวลาช้อนเยื่อ ภายในกรอบจะมีซี่ไม้ด้านบนเป็นสามเหลี่ยมสูงเสมอขอบ แต่ละซี่ห่างกัน 10 เซนติเมตร ตีติดกรอบทั้งสองข้างตลอดตามความกว้าง และด้านหลังของกรอบตีไม้พลาดกลางซี่และขอบอีก 1 อัน เพื่อเอาไว้สำหรับกดตะแกรงด้านบนของกรอบตะแกรงอันบนมีรูที่เล็กยึดติดกรอบให้แน่น โดยใช้ลวดแม็กยึดติดไว้ นอกจากจะมีตะแกรงแล้วยังต้องมีกรอบบนอีกหนึ่งกรอบขนาดเท่ากันกับด้านล่าง สามารถวางทับกับตะแกรงล่างได้พอดี โดยมีแผ่นอลูมิเนียมเป็นมุมฉากติดอยู่กับตรงข้ามกันมุมละอันเพื่อเอาไว้ล็อคตะแกรงอันล่างให้อยู่เมื่อสวมกรอบตะแกรงอันบนลงไป

การช้อนเยื่อ ทำโดยตะแกรงที่ได้อธิบายไว้ในข้างต้นนำมาประกบกันจากนั้นใช้มือทั้งสองข้างจับด้านข้างของขอบตะแกรง ยกขึ้นเหนืออ่างช้อนเยื่อให้ตะแกรงอยู่ในลักษณะตั้งฉากกับผิวน้ำลดตะแกรงลงไปในน้ำเยื่อให้ลึกประมาณ 15 – 20 เซนติเมตร แล้วปรับตะแกรงให้จมอยู่ใต้น้ำเยื่อ โดยให้ขนานไปกับผิวน้ำแล้วยกตะแกรงขึ้นตรงๆ ช้าๆ รอจนน้ำอยู่ไหลยกตะแกรงไปตั้งเอียงรอไว้ให้

น้ำไหลออกจนหมดแล้วจึงวางตะแกรงบนไม้รองถอดกรอบบนออกใช้มือจับขอบตะแกรงที่มีแผ่นกระดาษอยู่ ยกขึ้นแล้วนำไปวางลงบนแผ่นไม้ที่เตรียมไว้รองรับกระดาษใช้มือกดลงบนคานไม้ด้านหลังตะแกรงแล้วค่อยๆ ยกตะแกรงออก ในการทำแผ่นต่อไปก็ทำเช่นเดิมและใส่เส้นกั้นระหว่างแผ่น หลังจากนั้นทำเหมือนการทำกระดาษแบบญี่ปุ่นจนได้เป็นแผ่นกระดาษ [12]

2.3 เชือก

2.3.1 ประวัติและความเป็นมาของเชือก

เชือกนั้นเป็นผลผลิตที่ได้จากกระบวนการผลิตที่เรียกว่าการปั่นด้าย (Spinning) ซึ่งในหลักการทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ คือ เส้นด้ายจากการปั่นด้ายจากเส้นใยสั้น (Staple Fibre Spinning) และเส้นด้ายจากการปั่นด้ายโดยการพ่นฉีดเป็นเส้น (Extrusion) ซึ่งในแต่ละรูปแบบการปั่นด้ายยังให้ผลผลิตที่มีคุณลักษณะและคุณสมบัติปลีกย่อยแตกต่างกันไปอีก

วิวัฒนาการและการพัฒนาเส้นด้ายเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่อดีตจวบจนกระทั่งปัจจุบันและคงดำเนินการต่อไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุดตราบใดที่มนุษย์ยังต้องนุ่งห่มหรืออาจกล่าวว่าเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม ยังเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของมวลมนุษย์ทั้งหมด ในด้านความจำเป็นทางธรรมชาติและการตอบสนองความต้องการด้านธรรมชาติและตามความรู้สึก

การผลิตเชือกหรือการปั่นเชือก (Spinning) นั้นมีปัจจัยมากมายหลายประการที่ทำให้ผลผลิตของกระบวนการผลิตเป็นไปตามอย่างที่ผู้ผลิตต้องการให้เป็นทั้งนี้จะต้องมีระบบการควบคุมเพื่อให้รูปแบบการผลิตเป็นไปตามเงื่อนไขที่ดีที่สุดกล่าว คือ ได้ผลผลิตที่สูงสุดคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุดและสำคัญที่สุดคือค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำสุด

เชือกที่ใช้กันอยู่ในแวดวงอุตสาหกรรมสิ่งทอนั้น มีอยู่มากมายหลากหลายชนิดขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ว่าต้องการทำเป็นผลิตภัณฑ์อะไรกระบวนการผลิตเส้นด้ายจึงมีความหลากหลายเช่นกัน ผ้าพื้น ผ้าถัก และผลิตภัณฑ์สิ่งทออื่นๆ ที่ผลิตมาจากเส้นด้ายคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นล้วนเกิดจากอิทธิพลของวัสดุที่ป้อนเข้า (Input) คือ เส้นด้ายที่มีรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป [15]

2.3.2 ประเภทของเชือก

เชือกจากการปั่นด้ายจากเส้นใยสั้น (Staple Fibre Spinning) หมายถึง เชือกที่ได้จากการผลิตโดยใช้ใยสั้น (Staple) จากธรรมชาติหรือเส้นใยประดิษฐ์ที่มนุษย์สร้างขึ้นเป็นวัตถุดิบในการผลิต โดยที่เส้นใหญ่สั้นนี้แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ตามความยาวของเส้นใย คือ

2.3.2.1 เส้นใยสั้น

1) เส้นใยสั้น ขนาด 1 - 2 1/2 นิ้ว (Short Staple) เช่น ฝ้าย เส้นใยพืชชนิดบาง เส้นใยประดิษฐ์ตัดสั้น ให้ความยาวใกล้เคียงฝ้าย เป็นต้น

2) เส้นใยสั้นขนาด 3 - 12 นิ้ว (Long Staple) เช่น ขนแกะ ขนสัตว์บางชนิด เส้นใยพืชบางชนิด และเส้นใยประดิษฐ์ตัดสั้นให้ความยาวใกล้เคียงขนแกะ เป็นต้นการกำหนดขนาดความยาวของเส้นใหญ่สั้นเป็น 2 ลักษณะดังกล่าว เพื่อให้สอดคล้องกับระบบการปั่นได้จากเส้นใหญ่สั้น (Staple Fibre Spinning) ซึ่งสามารถแยกออกเป็นระบบหลักๆได้ คือ 1) Conton Ring Spinning 2) Woollen Spinning และ 3) Worsted Spinning

(1) Cotton Ring Spinning เป็นระบบการปั่นด้ายจากเส้นใยสั้น ขนาด 1-2 1/2 นิ้ว เส้นด้ายที่ผลิตจากการปั่นด้ายระบบนี้เรียกว่า Ring Spun Yarn วัตถุดิบอาจเป็นฝ้าย (Cotton) หรือเส้นใยอื่นๆ ที่มีขนาดความยาวตามที่กล่าวมาแล้ว ชื่อเส้นด้ายจากระบบอันนี้ยังสามารถแยกออกเป็นชนิดย่อยๆ ได้ คือ ด้ายสาง (Carded Yarn) และด้ายหวี (Combed Yarn) สำหรับกระบวนการปั่นด้ายของระบบนี้ได้ จะได้กล่าวถึงในลำดับต่อไป

(2) Woolley Spinning เป็นระบบการปั่นได้จากเส้นใยขนแกะเป็นหลัก เส้นใยที่ใช้เป็นวัตถุดิบจะมีความยาวตั้งแต่ 3 - 12 นิ้ว อาจจะเป็นเส้นใยที่มีค่าความละเอียดอ่อน (Fineness) มากหรือน้อยก็ได้ กระบวนการผลิตเส้นด้ายจากระบบนี้ เป็นการผสมผสานของการผลิตแบบเปียก (Wet Processing) และแบบแห้ง (Dry Processing) กล่าวคือ จะต้องมีการทำความสะอาดเส้นใยขนแกะด้วยน้ำสะอาด และสารเคมีบางอย่างก่อนที่จะนำมาทำให้แห้งแล้ว แล้วผ่านกระบวนการปั่นด้ายจนเป็นเส้นด้ายในที่สุด เส้นด้ายและกระบวนการปั่นด้าย แบบ Woollen Spinning นี้

(3) Worsted Spinning เป็นเส้นด้ายจากยายสั้นขนาด 3 - 12 นิ้ว ซึ่งสามารถปั่นได้จากเส้นใยหลายชนิด เช่น ขนแกะ ขนสัตว์ เส้นใยประดิษฐ์ตัดสั้น เส้นใยผสมระหว่างขนแกะ และเส้นใยประดิษฐ์ เป็นต้น มีกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนมากกว่าการปั่นด้ายแบบ Woollen Spinning เส้นด้ายที่ผลิตจากระบบนี้จะมีมูลค่าค่อนข้างสูงกว่าได้ที่ผลิต โดยระบบอื่นๆ เนื่องจากสามารถนำไปใช้ในการผลิตสิ่งทอที่มีคุณภาพ และราคาสูงและเช่นเดียวกันกับการปั่นด้ายระบบ Woollen Spinning กล่าวคือการปั่นด้ายจากเส้นใยขนแกะ หรือขนแกะผสม [15]

2.3.2.2 เส้นใยยาว เชือกโดยการปั่นด้ายจากการฉีดพ่นเป็นเส้น (Extrusion) เส้นด้ายในลักษณะนี้โดยความเข้าใจทั่วๆ ไป หมายถึงเส้นด้ายจากเส้นใยประดิษฐ์ (Man Made Fibre) ซึ่งในอุตสาหกรรมสิ่งทอทั่วไปจะมีใช้อยู่ประมาณ 4 ชนิดหลักๆ คือ โพลิเอสเตอร์ (Polyester) เรยอน (Rayon) อะครีลิก (Acrylic) และไนลอน (Nylon) เส้นด้ายในรูปแบบนี้จะมีความยาวต่อเนื่องกันอย่างมากๆ เรียกว่า Filament โดยที่ขนาดภาพตัดขวางจะถูกกำหนดให้จากขนาดของรูฉีด (Spinneret) ซึ่งจะมีรูปร่าง (Shape) แตกต่างกันไปหมดตามแบบที่กำหนดไว้

ในกระบวนการผลิตฟิลาเมนท์นั้น หลังจากที่เส้นใยหรือเส้นด้ายที่ถูกพ่นฉีดออกมา อาจจะนำไปผ่านกระบวนการดึงรีด (Drawing) อีกครั้ง ซึ่งการกระทำเป็นการเสริมสร้างความเหนียวของเส้นได้ให้สูงขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในของเส้นด้ายนั้นๆ ด้วยวิธีการทางฟิสิกส์หรือเคมี ซึ่งจะมีผลทำให้เส้นด้ายนั้นมีความเหนียวสูงขึ้น แต่การยืดตัวที่จุดดึงขาด (Extension at Break) จะมีค่าต่ำหรือลดลงได้

เส้นด้ายฟิลาเมนท์นี้แบ่งออกเป็นหลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการในการนำไปใช้งาน โดยอาจจะอยู่ในรูปของฟิลาเมนท์เส้นเดี่ยว (Monofilament) หรือฟิลาเมนท์หลายเส้น (Multifilament) ซึ่งฟิลาเมนท์ ทั้งสองชนิดดังกล่าว หากนำไปผ่านกระบวนการอื่นๆ อีกจะได้เส้นด้ายฟิลาเมนท์ที่มีรูปร่างลักษณะแตกต่างไปจากเดิม [15]

2.3.3 การผลิตเชือกปั่น

คำศัพท์ทางวิชาการที่มักพูดกันจนติดปากคำหนึ่ง ได้แก่ Spun Yarns ซึ่งหมายถึงเส้นด้ายที่ผ่านกระบวนการปั่นได้จากเส้นใยสั้น (Staple) ซึ่งในหลักการผลิตเส้นด้ายแบบนี้กระทำได้โดยการพยายามเอาเส้นใยสั้นๆเหล่านั้นมาต่อเรียงกันให้ขนานกัน โดยให้บางส่วนทับซ้อนกันและทำให้ติดเชื่อมกัน โดยการตีเกรียวหรือทำให้เส้นใหญ่เรานั้นบิดตัวไป โดยที่ผิวสัมผัสของเส้นใหญ่เรานั้นจับตัวกันได้ โดยอาศัยแรงเสียดทานระหว่างผิวของเส้นใหญ่ (Surface Interfriction) สร้างรูปร่างเป็นเส้นด้ายที่มีความเหนียวทนทานเหมาะกับการสภาพการใช้งานต่อไป เส้นใหญ่สั้นดังกล่าวอาจจะได้มาจาก ฝ้าย ขนแกะ เส้นใยประดิษฐ์ หรือแม้กระทั่งเศษไหม (Waste Silk) เป็นต้น [15]

2.3.3.1 ขนาดของเชือก (The Linear or Yarn Count) เบอร์ด้าย (Yarn Count) จะเป็นตัวกำหนดขนาดความเล็กใหญ่ของเชือก เช่นเดียวกับการกำหนดขนาดของเส้นลวดระบบที่กำหนดขนาดของเส้นเชือกในปัจจุบันมี 2 ระบบ คือ

1) ระบบตรง (Direct System) เป็นระบบที่กำหนดเบอร์ด้าย น้ำหนักต่อความยาว (Mass Per Unit Length) หน่วยของระบบตรงที่ นิยมเรียกกัน ได้แก่ Tex Denier ซึ่งแต่ละหน่วยจะมีนิยามของตัวเองในการกำหนด

2) ระบบกลับ (Indirect System)ในระบบนี้การคำนวณเบอร์ได้คิดจากข้อกำหนด ความยาวต่อน้ำหนัก หน่วยที่นิยมใช้ ได้แก่ Cotton Count Metric Count และ Woollen Count เป็นต้น ซึ่งในแต่ละหน่วยจะมีความยาวมาตรฐานจำเพาะที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นการคิดเบอร์ได้จึงมีความแตกต่างในรายละเอียดเช่น

1 Cotton Count = 1’S ได้แก่ เส้นด้ายยาว 840 หลา หนัก 1 ปอนด์

1 Metric Count = 1’S ได้แก่ เส้นด้ายยาว 1000 เมตร หนัก 1 กิโลกรัม

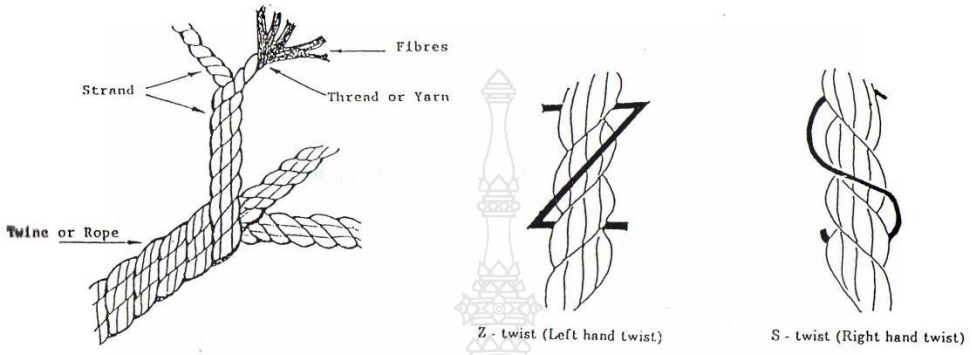
1 Worsted Count =1’S WO ได้แก่ เส้นด้ายยาว 560 หลา หนัก 1 ปอนด์

1 Woolley Count = 1’S Woollen ได้แก่ เส้นด้าย 256 หลา หนัก 1 ปอนด์

3) เบอร์ด้ายของด้ายตีเกลียว เมื่อนำเส้นด้ายตั้งแต่ 2 เส้นขึ้นไป มาตีเกลียว (Twisted Yarn) ด้วยจุดประสงค์ใดๆ ก็ตามเบอร์ด้ายใหม่นี้ จะเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นด้ายที่นำมาตีเกลียว และขนาดเบอร์ด้ายเดิมเป็นหลักระบบกลับ เมื่อนำด้ายมาตีเกลียวเข้าด้วยกัน เบอร์ด้ายรวมใหม่นี้จะน้อยกว่าเบอร์ด้ายเดิมของเส้นด้ายแต่ละเส้น [15]

2.3.3.2 เกลียวเชือก (Yarn Twist) มีคำนิยามที่กล่าวถึงเกลียวในเส้นด้ายหลายอย่าง แต่หน้าที่หลักของการมีเกลียวในเส้นด้ายคือ ทำให้เกิดแรงจับตัวกันของเส้นใยเป็นเส้นด้าย โดยเฉพาะการปั่นด้ายจากเส้นใยสั้น (Staple) เกลียวได้นับว่ามีความสำคัญต่อการผลิตเส้นด้ายเป็นอันมาก กล่าวคือ นอกจากจะมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติเส้นด้ายแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อไปถึงกระบวนการผลิตผ้าทอ ผ้าถัก ฟอก ย้อม ตกแต่งสำเร็จตลอดจนการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทออื่นๆ อีกด้วยเส้นด้ายที่มีเกลียวมากจะแข็งกระด้างและที่มีเกลียวน้อยจะอ่อนนุ่มต่อการสัมผัส [15] จึงสามารถดึงให้เป็นเส้นด้าย (Yarn) ได้ตามขนาดที่ต้องการโดยไม่ต้องนำมาปั่นเป็นเกลียว และเมื่อนำเส้นด้ายมาควบหรือรวมกันตามจำนวนที่ต้องการแล้วทำการตีเกลียวเข้าด้วยกันเราเรียกว่าด้ายควบ (Stand) และถ้านำด้ายควบหลายๆ เส้นมาตีเกลียวเข้าด้วยกันอีกก็จะได้ เป็นด้าย (Twine) หรือเชือก (Rope) การตีเกลียวของเส้นด้ายหรือ

เชือกนี้จะมีอยู่ 2 แบบ คือ การตีเกลียวตามเข็มนาฬิกา (S–Twist) และการตีเกลียวทวนเข็มนาฬิกา (Z-Twist) ซึ่งในการตีเกลียวนี้จะตีเกลียวสลับกันไปมาดังเช่นถ้านำเส้นด้ายมาควบกันเป็นด้ายด้วยการตีเกลียวแบบตามเข็มนาฬิกาแล้วนำด้ายควบนั้นมาตีเกลียวรวมกันเป็นด้ายหรือเชือกต้องตีเกลียวแบบทวนเข็มนาฬิกา [16] ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การเข้าเกลียวของเส้นด้ายและเชือก
ที่มา : [16]

2.3.4 การเรียกขนาดของด้ายและเชือก

การเรียกขนาดของด้ายและเชือกนั้น มีอยู่ด้วยกันหลายระบบสุดแท้แต่ความนิยม บางระบบเรียกโดยใช้ความยาวจำนวนหนึ่งต่อน้ำหนัก หรือโดยการวัดเส้นรอบวงและเส้นผ่านศูนย์กลางของด้ายและเชือก (Stang 1981) สำหรับการเรียกขนาดของด้ายนั้นมีระบบการเรียกที่นิยมใช้อยู่ 3 ระบบ ดังนี้คือ

2.3.4.1 ระบบนัมเบอร์ (Number System) นิยมใช้เรียกขนาดของพวกเส้นใยที่ได้จากพืชเป็นระบบที่บอกขนาดของเส้นด้าย (Yarn) โดยถือเอาน้ำหนักของเส้นด้ายต่อความยาวของเส้นด้ายนั้น ซึ่งที่นิยมใช้อยู่มี 3 แบบ คือ

1) แบบอังกฤษ ถือเอาน้ำหนักของเส้นด้าย 1 ปอนด์ ถ้ามีความยาว 840 หลา จะมีขนาดเท่ากับนัมเบอร์ 1 (1S or 1s') และในน้ำหนัก 1 ปอนด์นี้ ถ้าเส้นด้ายมีความยาวมากกว่า 840 หลา กี่เท่าก็จะเป็นนัมเบอร์เท่านั้น ฉะนั้นถ้าเส้นด้ายมีความยาว 1,680 หลา หนัก 1 ปอนด์ จะมีขนาดเท่ากับ (2S or 2S)

2) แบบฝรั่งเศส ถือเอาน้ำหนัก 1 กิโลกรัมต่อความยาว 2 กิโลเมตร เป็นเบอร์ 1 ฉะนั้น ถ้าเส้นด้ายหนัก 1 กิโลกรัม ยาว 4 กิโลเมตร ก็จะเป็นเส้นด้ายเบอร์ 2 ในระบบนี้การเรียกขนาดของด้าย จะบอกขนาดของเส้นด้าย (Yarn) ต่อมาจะบอกจำนวนด้ายควบ (Stand) และถัดมาจะบอกจำนวนเส้นด้าย (Yarn) ทั้งหมด ตัวอย่างเช่น 20S/3/15 จะหมายถึงด้ายที่ประกอบเส้นด้ายเบอร์ 20 จำนวนทั้งหมด 15 เส้น และมีด้ายควบ 3 เส้น ซึ่งแสดงว่าด้ายควบแต่ละเส้นจะประกอบด้วยเส้นด้ายจำนวน 5 เส้น

2.3.4.2 ระบบดีเนียร์ (Denier System) ระบบนี้ใช้นิยมเรียกขนาดของพวกเส้นใยสังเคราะห์ ถือเอาความยาวต่อน้ำหนักเช่นกัน โดยถือเอาเส้นด้ายมีความยาว 9,000 เมตร มีน้ำหนัก 1 กรัม จะมีขนาดเท่ากับ 1 ดีเนียร์ (1d) และถือว่าเส้นด้ายมีความยาวเท่านี้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นกี่เท่าก็เป็นจำนวนดีเนียร์เท่านั้น ในการเรียกขนาดของเส้นด้ายในระบบนี้ จะบอกขนาดของเส้นด้าย (Yarn) และบอกจำนวนด้ายควบ (Stand) ต่อจากนั้นก็บอกจำนวนเส้นด้ายในแต่ละด้ายควบ ตัวอย่างเช่น 210D/3/4 แสดงว่าด้ายนี้ประกอบด้วยเส้นด้ายทั้งหมด 12 เส้นหรืออาจเรียกตามขนาดนัมเบอร์ก็ได้

2.3.4.3 ระบบ Tex (Tex System) ระบบนี้นิยมใช้เรียกขนาดของเส้นใยโดยทั่วไป ถือเอาเส้นด้ายที่มีความยาว 1,000 เมตร หนัก 1 กรัม มีขนาดเท่ากับ 1 Tex และในความยาวนี้ถ้าน้ำหนักเพิ่มขึ้นกี่เท่าก็จะเป็นจำนวน Tex เท่านั้น สำหรับการเรียกขนาดของเส้นด้ายเป็นเช่นเดียวกับระบบดีเนียร์

จากระบบเรียกขนาดของเส้นด้ายทั้ง 3 ระบบ จะเห็นว่าในระบบนัมเบอร์นั้น ถ้าจำนวนนัมเบอร์เพิ่มขึ้นแสดงว่า เส้นด้ายมีขนาดเล็กลง ส่วนระบบดีเนียร์และระบบ Tex นั้น ถ้าจำนวนดีเนียร์ หรือ Tex เพิ่มขึ้นแสดงว่าเส้นด้ายโตขึ้น [16]

2.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษ และการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเชือก

2.4.1 สมบัติทางโครงสร้างของกระดาษ (Structural Properties) [12]กระดาษเป็นแผ่นวัสดุที่ไม่ได้มีเนื้อเดียวกันและมีความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษที่แตกต่างกัน ซึ่งเกิดจากโครงสร้างของกระดาษที่ประกอบขึ้นจากการสานตัวของเส้นใยลักษณะทางโครงสร้างของกระดาษจึงเป็นตัวบ่งชี้การจัดเรียงตัวขององค์ประกอบต่างๆ ภายในเนื้อกระดาษโดยมีเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

2.4.1.1 น้ำหนักมาตรฐาน (Basic Weight หรือ Grammage) คือ น้ำหนักของแผ่นกระดาษต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เก็บไว้ในสภาวะที่อุณหภูมิและความชื้นที่ได้มีการควบคุมตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษเป็นประโยชน์อย่างมากในการควบคุมปริมาณเนื้อเยื่อกระดาษที่ใช้ในการผลิต โดยหน่วยที่ใช้วัดน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษจะเป็นกรัมต่อตารางเมตร ตามระบบสากทั่วไป แต่บางระเทศจะมีการใช้เป็นหน่วยปอนด์ต่อตารางฟุต หรือปอนด์ต่อ 3000 ตารางฟุต โดยในปัจจุบันตามมาตรฐานของ ISO และมาตรฐานของ Tappi ซึ่งเป็นมาตรฐานในการทดสอบกระดาษใช้คำว่า แกรมแมจ (Grammage) แทนน้ำหนักมาตรฐาน ของกระดาษนอกจากใช้เป็นเกณฑ์ในการซื้อขายกระดาษแล้วยังเปรียบสมบัติในด้านอื่นๆ ของกระดาษ เช่น การเปรียบเทียบระหว่างกระดาษชนิดเดียวกันที่ผ่านกระบวนการผลิตในสภาวะเดียวกัน กระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐานที่มากกว่าจึงทำให้มีความแข็งแรง ความหนา และความทึบแสงมากกว่ากระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐานที่น้อยกว่า

2.4.1.2 ความหนา (Caliper) คือ ระยะห่างที่ตั้งฉากระหว่างผิวหน้าของกระดาษทั้งสองด้าน ภายใต้สภาวะการทดสอบที่ได้กำหนดไว้ ในสหรัฐอเมริกาหน่วยที่ใช้จะระบุเป็นนิ้ว (Inches) หรือมิล (Mil) ส่วนในระบบของ SI จะวัดค่าเป็นหน่วยไมโครเมตร (Micrometer) แต่ส่วนใหญ่จะวัดเป็นมิลลิเมตร (Millimeter) โดยความหนาของแผ่นกระดาษจะมาก หรือ น้อยจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักมาตรฐานแรงกดในขณะเดินแผ่นกระดาษ การบดเยื่อและชนิดของเยื่อที่นำมาใช้ในการผลิตกระดาษ

2.4.1.3 ความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษ (Formation) คือความแตกต่างของปริมาณเส้นใยที่เกิดการสานตัวหรือเกิดพันธะทางเคมีต่อกัน สมบัติดังกล่าวนี้ เป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับกระดาษพิมพ์ ความไม่สม่ำเสมอกันของเนื้อกระดาษเกิดขึ้นจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระดาษ ได้แก่ เส้นใย สารเติมแต่งต่างๆ ที่ใช้ผสมกันที่มีความแตกต่างกันของขนาด รูปร่าง ความหนาแน่น ดัชนีหักเหของแสง องค์ประกอบทางเคมีและขั้นตอนในการผลิต ซึ่งมีผลต่อการกระจายตัวและการจับตัวของสานผสม โดยการตรวจสอบความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษสามารถทำได้ โดยการยกแผ่นกระดาษขึ้นส่อกับแสงสว่างถ้าหากกระดาษมีความสม่ำเสมอต่ำ (Poor Formation) ซึ่งเห็นการกระจายเยื่อตัวของเนื้อกระดาษไม่สม่ำเสมอกันจะปรากฏเป็นดวงๆ หรือมองดูมีลักษณะคล้ายก้อนเมฆความสม่ำเสมอของกระดาษมีผลต่อสมบัติของกระดาษทั้งทางเชิงกลและความทึบแสงของกระดาษ

2.4.1.4 ทิศทางของเส้นใย (Directionally) คือ ทิศทางการเรียงตัวของเส้นใย เซลลูโลสในแผ่นกระดาษ เส้นใยเซลลูโลสส่วนมากมีการเรียงตัว ไปในทิศทางการไหลและการเคลื่อนที่ของตะแกรงบนเครื่องผลิตกระดาษ โดยแนวการเรียงตัวของเส้นใย หรือแนวเส้นใยของกระดาษ จะอยู่ในแนวขนานของเครื่อง (Machine Direction MD) หรือแนวเดรน (Grain Direction) ส่วนแนวของกระดาษที่ตั้งฉากกับแนวขนานของเครื่องจะเรียกว่าแนวขวางเครื่อง (Cross Direction CD) หรือแนวขวางแกรน (Cross - Grain Direction) ซึ่งการเรียงตัวของเส้นใยในแผ่นกระดาษทั้งสองแนว จึงมีความแตกต่างกันทำให้สมบัติของกระดาษทั้งสองแนวเกิดความแตกต่างกัน

2.4.1.5 ความแตกต่างของผิวกระดาษสองด้าน (Two - Sideness) คือ สองด้านของผิวกระดาษซึ่งมีตะแกรง (Wire Side WS) และด้านสักหลาด (Felt Side FS) โดยด้านตะแกรงหมายถึงด้านที่อยู่ตรงข้ามกับด้านตระแกรง หรือเป็นด้านบนเวลาทำแผนกระดาษจึงเรียกว่าด้านบน (Top Side) ในส่วนตะแกรงลวดเดินแผ่นจะมีการสั่นสะเทือนของเครื่องเพื่อทำไม่ให้เส้นใหญ่จับตัวกันน้ำเยื่อจะเริ่มก่อตัวเป็นแผ่นด้วยกระบวนการกรอง และแยกน้ำออก โดยการแยกน้ำจะมีอุปกรณ์ลมดูดเอาส่วนเยื่อละเอียด หรือสารเติมแต่งหลุดไปพร้อมกับน้ำ หากมองในทิศทางของ Z (Z Direction) หรือภาพตัดขวางของกระดาษทั้งแผ่น จะเห็นได้ว่ากระดาษทั้งสองด้านจะมีองค์ประกอบที่แตกต่างกันโดยด้านบนหรือด้านสักหลาด จะมีส่วนของเยื่อระเอียด (Fine) และส่วนที่ไม่ใช่เส้นใยอยู่มาก ในขณะที่ด้านตระแกรง ซึ่งเป็นด้านล่างจะมีส่วนที่เป็นเส้นใย และมีการจัดเรียงตัวตาม แนวแรนของเครื่องส่วนของเยื่อละเอียดและอนุภาคของสารเติมแต่งสามารถลอดผ่านตะแกรงไปได้ ผิวกระดาษด้านตะแกรงจะหยาบมากกว่าด้านสักหลาด

2.4.2 สมบัติเชิงกลของกระดาษ (Mechanical Properties) [17]สมบัติเชิงกลของกระดาษเป็นตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพในการใช้งานของกระดาษ การที่กระดาษมีความทนทานต่อการใช้งานและมีความสามารถในด้านการต้านทานแรงในด้านต่างๆ เช่น ความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงดันทะลุ ความต้านทานแรงฉีกขาดความทนทานต่อการพับขาด และความแข็งตึง ซึ่งแรงเหล่านี้เกิดขึ้นในหลายขั้นตอนในการผลิตกระดาษ การแปรรูปจนถึงการนำไปใช้งาน

2.4.2.1 ความต้านทานแรงดึงขาด (Tensile Strength) คือ ความสามารถในการปรับแรงดึงสูงสุดที่กระดาษจะทนได้ก่อนจะขาดจากกัน มีหน่วยเป็นแรงต่อความกว้างของกระดาษที่ใช้ทดสอบ เช่น กิโลนิวตันต่อเมตร (Kn/m) หรือปอนด์ต่อนิ้ว (Lb/in) ซึ่งค่าที่วัดได้เป็นสิ่งที่บ่งชี้ให้เห็นถึง

ความทนทาน และศักยภาพในการใช้งานของกระดาษซึ่งรับแรงในขณะใช้งาน หลักในการทดสอบความต้านทานแรงดึงขาด โดยนำกระดาษที่ได้รับการตัดแล้วตามมาตรฐานการทดสอบ นำไปยึดไว้ระหว่างปากจับชิ้นทดสอบ เป็นการดึงให้กระดาษขาดด้วยอัตราการยืดตัวคงที่ (Constant Straining) ที่วัดค่าแรงด้วย Load cell ปากจับข้างหนึ่งจนตึงอยู่กับ Load cell อีกข้างหนึ่งเคลื่อนที่ไปด้วยอัตราเร็วคงที่โดยเครื่องทดสอบประเภทนี้เรียกว่า เครื่องทดสอบแบบอิเล็กทรอนิกส์

2.4.2.2 ความต้านทานแรงดันทะลุ (Burst Strength) คือ ความสามารถของกระดาษที่มีความสามารถทนต่อแรงดันได้สูงสุด มีหน่วยเป็นแรงต่อความกว้างของกระดาษที่ใช้ในการทดสอบ หน่วยที่วัดได้เป็นกิโลปาสกาล (kPa) หรือกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือวัดได้เป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความต้านแรงดันทะลุมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความต้านแรงดึงในแนวขนานเครื่อง ความแข็งแรงต่อแรงด้านทะลุของกระดาษที่ผลิตได้จากเยื่อใยยาวจะมีมากกว่ากระดาษที่ผลิตได้จากเยื่อใยสั้น หลักการในการตรวจสอบความต้านทานแรงดันทะลุ คือวางชิ้นทดสอบระหว่างปากจับบนและล่าง ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นกลมมีช่องตรงกลางแล้วเดินเครื่องทำงาน กลีเซอลีนที่อยู่ภายในเครื่องจะดันแผ่นยางไดอะเฟรมจนโป่งขึ้นดันกระดาษจนแตกทะลุ

2.4.2.3 ความต้านทางแรงฉีกขาด (Tear Resistance) คือ ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงกระทำซึ่งจะทำให้ชิ้นทดสอบขาดออกจากรอยฉีกเดิมโดยเฉพาะในการวัดจะเป็นมิลลินิวตัน (mN) หรือกรัม (Gram) กระดาษที่จำเป็นจะต้องมีการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงฉีกขาดทำได้โดยนำชิ้นทดสอบที่มีขนาดตามมาตรฐานที่กำหนดในระหว่างปากจับบนแท่นเครื่อง และบนลูกตุ้มที่เคลื่อนที่ได้ และใช้ใบมีดตัดชิ้นทดสอบเป็นการฉีกนำยาวประมาณ 2 เซนติเมตรทำการทดสอบโดยปล่อยให้ลูกตุ้มเคลื่อนที่ชิ้นทดสอบจะฉีกขาด โดยเส้นใยยาวจะมีความแข็งแรงต่อแรงฉีกขาดมากกว่าเส้นใยสั้นการเพิ่มปริมาณการบดเยื่อก็มีผลทำให้ความแข็งแรงต่อแรงฉีกขาดของกระดาษเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน หากบดเยื่อมากเกินไปจนทำให้เส้นใยมีขนาดสั้นลงมาก ความแข็งแรงต่อแรงฉีกของกระดาษก็จะลดน้อยลง

2.4.3 สมบัติด้านทัศนศาสตร์ของกระดาษ (Optical Properties) [18] สมบัติด้านทัศนศาสตร์ของกระดาษ หมายถึงสมบัติทางแสงของกระดาษที่ปรากฏแก่สายตา ได้แก่ ความขาวสว่าง (Brightness) ความทึบแสง (Opacity) ความมันวาว (Gloss) และความขาว (Whiteness) สมบัติเหล่านี้ไม่สามารถวัดค่าได้จากหลักการทางฟิสิกส์ได้เพียงอย่างเดียวแต่จะต้องประกอบด้วยหลักการทางจิตวิทยาร่วมด้วย ดังนั้นในการวัดค่าสมบัติทางด้านทัศนศาสตร์จึงต้องประกอบด้วย 3 ส่วน ในการพิจารณา คือแหล่งกำเนิดแสง กระดาษที่ถูกส่องสว่างและดวงตามนุษย์ หรือเครื่องวัดแสง ที่ทำหน้าที่สังเกตการณ์ และแปลผลของการสะท้อนแสง หรือการส่องผ่านของแสงที่กระทำต่อกระดาษ

2.4.3.1 ความขาวสว่าง (Brightness) คือ ค่าการสะท้อนแสงของแสงสีน้ำเงินที่ช่วงคลื่น 457 นาโนเมตรเท่านั้น จุดประสงค์เพื่อการวัดความขาวสว่าง เพื่อต้องการดูผลของการฟอกเยื่อเป็นสำคัญเยื่อกระดาษที่ยังไม่ได้ฟอกส่วนมากจะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงเหลืองอ่อนเนื่องจากการดูดซับแสงสีน้ำเงินไว้ ทำให้ค่าการสะท้อนแสงที่ได้ในช่วงแสงสีน้ำเงินมีค่าต่ำแต่ถ้านำเยื่อไปฟอกโดยการขจัดลินินหรือ เปลี่ยนโครงสร้างแล้ว เยื่อฟอกขาวที่ได้จะให้ค่าการสะท้อนแสงสีน้ำเงินสูงขึ้นมาก

2.4.3.2 ความทึบแสง (Opacity) คือสมบัติที่จำเป็นสำหรับกระดาษพิมพ์และเขียน กระดาษจะต้องทึบแสงพอที่จะบังภาพ หรือตัวอักษรที่อยู่ด้านหลังไม่ให้ปรากฏจนเกิดปัญหาในการอ่าน และความชัดเจนของสิ่งพิมพ์ ซึ่งความทึบแสงสามารถวัดได้โดยการเปรียบเทียบค่าการสะท้อนแสงสีเขียวที่ช่วงคลื่น 557 นาโนเมตร ระหว่างกระดาษแผ่นเดียวที่รองหลังด้วยพื้นสีดำสนิท

2.4.3.3 ความมันวาว (Gloss) คือสมบัติด้านทัศนศาสตร์อย่างหนึ่งของกระดาษเคลือบผิว ซึ่งมุมสะท้อนจะเท่ากับมุมตกกระทบ สำหรับกระดาษนิยมใช้เชิงมุม 75 องศากับเส้นปกติ ถ้าแสงที่สะท้อนในเชิงมุมกระดาษบางประเภทที่มีความมันวาวมาก เช่น กระดาษชุบไข (Waxed Paper) อาจใช้มุมในการวัด 20 องศา

2.4.3.4 ความขาว (Whiteness) คือสมบัติที่แตกต่างจากความขาวสว่าง ถ้ากระดาษนั้นสะท้อนแสงในช่วงคลื่นตามองเห็นออกมาสม่ำเสมอกว่าการย้อม (Tinting) กระดาษขาวด้วยสีม่วง หรือสีน้ำเงิน ให้ดูขาวขึ้นก็เพราะแสงสีเหลืองและแสงสีแดงถูกดูดซับไว้มากขึ้น จึงถูกสะท้อนออกมาน้อยลงหากวัดค่าความขาวสว่างจะพบว่าลดลงเล็กน้อย เนื่องจากสีที่ใส่ลงไปในกระดาษจะถูกดูดกลืนแสงไว้ แต่สีน้ำเงินจะมีผลกระทบต่อค่าความขาวสว่างน้อยกว่าสีอื่น การใช้สารฟอกนวลในกระดาษเป็นการช่วยให้กระดาษมีการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นสีม่วงและสีน้ำเงินมากขึ้น กระดาษจึงดูขาวขึ้นเมื่อดูด้วยแสงแดดหรือแสงที่มีปริมาณรังสีอุลตราไวโอเลตใกล้เคียงกับแสงธรรมชาติ

2.4.4 ประเภทของการทดสอบเชือก [15]

2.4.4.1 การทดสอบทางกายภาพ (Physical Testing) เป็นการทดสอบเกี่ยวกับความแข็งแรงและความเหมาะสมในการใช้งานด้านต่างๆ โดยใช้เครื่องมือทดสอบ เช่น ความคงทนต่อแรงดึงขาด (Tensile Strength) ความคงทนต่อการฉีกขาด (Tear Strength) ความคงทนต่อการขัดถู (Abrasion Resisitant) และการตรวจสอบเบอร์เส้นด้าย (Yarn Count) เป็นต้น [21]

1) การทดสอบขนาดเชือก (Yarn Size Testing) จำนวนเกลียวและการเข้าเกลียวของเชือก มีผลต่อโครงสร้างผ้าในด้านความหนา บาง และผิวสัมผัสของผ้า ความหนาบางของผ้าฝ้ายแบ่งได้ 3 ชนิด คือ ผ้าฝ้ายเนื้อบาง เนื้อปานกลาง เนื้อหนา ความหนาบางของผ้านั้นดูจากจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้ว ทั้งด้ายพุ่งและด้ายยืน และดูจากขนาดของเส้นด้ายที่ใช้ทอด้วย ชนิดของผ้าฝ้ายสามารถแบ่งตามความหนาความบาง ดังนี้ ผ้าฝ้ายเนื้อบาง คือ ผ้าฝ้ายที่ทอด้วยเส้นด้ายขนาดเล็ก หรือมีจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้วน้อย มีช่องว่างระหว่างเส้นด้ายมาก ระยะห่างของเส้นด้ายทำให้เกิดความโปร่งแสง เมื่อส่องกับแสงจะเห็นเป็นเงาของวัตถุอีกด้าน นิยมใช้ตัดเย็บเสื้อผ้าสตรี เสื้อผ้าสำหรับเด็ก และผ้าม่านที่ต้องการความโปร่งแสง ผ้าฝ้ายเนื้อปานกลาง คือ ผ้าฝ้ายที่ทอด้วยจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้วมากกว่าผ้าฝ้ายเนื้อบาง ไม่มีช่องว่างระหว่างเส้นด้าย แต่มีความโปร่งแสงไม่มากเท่าผ้าฝ้ายเนื้อบาง นิยมใช้ตัดเย็บเสื้อผ้าบุรุษ เสื้อผ้าสตรี ผ้าฝ้ายเนื้อหนา คือ ผ้าฝ้ายที่ทอด้วยจำนวนเส้นด้ายต่อตารางนิ้วมากกว่าผ้าฝ้ายเนื้อบางและผ้าฝ้ายเนื้อปานกลาง ไม่มีช่องว่างระหว่างเส้นด้ายมีความโปร่งแสงน้อยมาก นิยมใช้ตัดเย็บเสื้อกันหนาว รองเท้า กระเป๋า และบุเครื่องเรือน

2) ขนาดของเชือกและเบอร์เชือก แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของความยาวและน้ำหนักของเชือก ซึ่งหมายถึง จำนวนของเชือก คือ ค่าของความหนาแน่นของเส้นเชือกในแนวยาว หรือเรียกว่าเบอร์เชือกก็ได้เช่นกัน จำนวนด้ายโดยตรง คือ มวลต่อหน่วยความยาวของด้าย จำนวน

ด้ายโดยอ้อม คือ ความยาวต่อหน่วยมวลของด้าย การนับจำนวนด้าย (Yarn Count Number) จำนวนที่นับได้ของด้ายมักใช้ได้กับด้ายฝ้าย เส้นขนสัตว์ และด้ายลินิน น้ำหนักและความยาวของด้ายมักขึ้นอยู่กับชนิดของด้ายที่แตกต่างกัน หากเบอร์ด้ายต่ำนั้นหมายความว่าด้ายมีน้ำหนักมาก ตัวอย่างด้ายฝ้ายนับจำนวนได้โดยเกณฑ์ของน้ำหนัก ตัวอย่างด้ายฝ้ายนับจำนวนได้โดยเกณฑ์ของน้ำหนักเป็นปอนด์ของเข็ดด้าย 1 ปอนด์ ขนาดยาว 840 หลา จำนวนที่นับได้ คือ จำนวนของเข็ดด้ายซึ่งยาว 840 หลา ต่อน้ำหนัก 1 ปอนด์ ยกตัวอย่างเช่น ด้าย 1 เข็ด (840 หลา) หนัก 1 ปอนด์ เท่ากับ เบอร์ด้าย (Yam Count) 1 S ด้าย 30 เข็ด (840 หลา x 30) หนัก 1 ปอนด์ เบอร์ด้ายจะเท่ากับ 30S ด้ายที่มีขนาดหนักจะมีเบอร์ 1S ด้ายที่มีขนาดปานกลางจะมีเบอร์ประมาณ 30S หากเป็นด้ายละเอียดมากเบอร์ของด้ายจะอยู่ในราว 160 S การวัดด้วยระบบดีเนียร์ (Denier System) Denier หมายถึงมวลของด้ายต่อหน่วยความยาวของด้าย โดยมากใช้วัดจำนวนด้ายของไหมและเส้นใยสังเคราะห์ (Man-Made Fibers) 1 Denier น้ำหนักเป็นกรัมของความยาวของด้ายที่ 9,000 เมตร ยกตัวอย่างเช่น ด้ายยาว 9,000 เมตร หนัก 2 กรัม เรียกว่า 2 Denier ในระบบดีเนียร์นี้ จะเห็นว่าถ้าตัวเลขจำนวนดีเนียร์ต่ำ ก็คือเส้นใยหรือด้ายนั้นมีความละเอียดมาก

3) เส้นด้ายจากใยสั้นใช้ระบบฝ้าย นับจำนวนเส้นด้ายเป็นแฮงค์ต่อน้ำหนัก 1 ปอนด์ (1 แฮงค์ ยาว 840 หลา) ขนาดของด้ายทอผ้าและด้ายเย็บผ้าใช้ระบบนี้ เส้นด้ายขนาดยิ่งเล็กนัมเบอร์ยิ่งสูง ด้ายลินินและด้ายวูแลน Woolen No. 1 วัดจากใยยาว 300 หลา (1 แฮงค์) หนัก 1 ปอนด์ ด้ายละเอียด Worsted วัดจากใยยาว 560 หลา ใยยาววัดโดยระบบเดเนียร์ ด้าย 1 เดเนียร์ คือ ด้ายยาว 9,000 เมตร หนัก 1 กิโลกรัม ด้ายระบบเท็กซ์ (Tex System) วัดด้ายจากใยทุกชนิด 1 เท็กซ์ ด้ายยาว 1,000 เมตร หนัก 1 เมตร

4) เส้นด้ายที่มีขนาดใหญ่ จะมีขนาดตั้งแต่ 280 - 600 ดีเนียร์ เส้นด้ายที่มีขนาดกลางมีขนาดตั้งแต่ 100 - 180 ดีเนียร์ และเส้นด้ายที่มีขนาดเล็ก มีขนาดตั้งแต่ 50 - 90 ดีเนียร์

2.4.4.2 การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดของเชือก (Yarn Breaking Strength Testing) [22] ความแข็งแรงของเชือก ความทนทานต่อแรงดึงของเชือกเดี่ยว (Single Yam Strength) หรือความทนทานต่อแรงดึงของเชือกเป็นกลุ่ม (Lea Strength) การใช้งานเชือกที่มีความแข็งแรงต่ำจะถูกนำไปใช้งานที่ทนทานต่อแรงดึงน้อย การใช้งานเส้นด้ายที่มี ความแข็งแรงสูง จะถูกนำไปใช้งานที่ทนทานต่อแรงดึงสูง และการใช้งานเส้นด้ายที่มีความแข็งแรงสูงมาก จะถูกนำไปใช้งานที่ทนทานต่อแรงดึงสูงมาก

1) ความเหนียว หมายถึง ความยาวยืดจนขาด ปกติเส้นด้ายใยสั้นหน่วยเป็นเซนตินิวตันต่อเท็กซ์ และสำหรับเชือกใยยาวหน่วยเป็นเซนตินิวตันต่อเดซิเท็กซ์

2) การยืดขาด คือ การยืดที่ถูกบันทึกความแข็งแรงสูงสุดที่ได้ระหว่าง การทดสอบความแข็งแรงตามมาตรฐาน หน่วยเป็นร้อยละ

3) เชือกจะต้องมีความแข็งแรงเพียงพอเพื่อต้านทานการยืดที่เกิดขึ้น ขณะถักด้วยเครื่องจักร โดยเฉพาะระหว่างการเอาออกจากโคนและในส่วนของเข็มถัก ซิงเกอร์ และจานเข็มระหว่างการเกิดห่วงถัก ซึ่งยังให้ความคงที่ที่ต้องการของผ้า

4) ความแข็งแรงในเชือกใยสั้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระดับการตีเกลียวที่ใส่เข้าไประหว่างการปั่นเชือก การตีเกลียวที่สูงกว่าจะทำให้เส้นด้ายมีความแข็งหรือแข็งแรงมากกว่าแต่ไม่เป็นที่ต้องการสำหรับผ้าถักสวมใส่ซึ่งถือเอาการสัมผัสที่อ่อนนุ่มเป็นสำคัญ ความสัมพันธ์ที่คงที่เป็นสิ่งที่ต้องการ

5) การตกแต่งผิวเชือกใยยาวทำให้ความแข็งแรงลดลง ในทางปฏิบัติ ความเหนียวของเชือกที่ถูกตกแต่งผิวจะต้องมีค่าอย่างน้อยประมาณ 3.0 เซนตินิวตันต่อเดซิเท็กซ์

6) การยืดของเชือกเป็นสิ่งที่ต้องการ ซึ่งสามารถต้านทานการยืดโค้งหรือการหักล้างกันของการยืดที่ไม่ก่อให้เกิดการขาด

7)การยืดของเชือกใยสั่นแปรผกผันกับสัดส่วนระดับการตีเกลียว เปรียบเทียบกับเส้นด้ายใยยาวการยืดของเส้นด้ายใยสั้นมีค่าต่ำกว่าอย่างมาก

2.4.4.3 การทดสอบความไม่สม่ำเสมอของเชือก (Yarn Unevenvess Testing) ความไม่สม่ำเสมอและความไม่สมบูรณ์แบบของเชือก อาจกำหนดได้จากขนาดการเปลี่ยนแปลงในเชือกซึ่งเกิดขึ้นได้จากกระบวนการผลิต โดยปกติจะแสดงค่าในทางสถิติ คือ เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (Coefficient of Variation) มีอักษรย่อ คือ ร้อยละ CV หรือ การแปรปรวนของมวลของเส้นด้าย (The Mass Variation) มีอักษรย่อ คือ ร้อยละ U และ ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (Coefficient of Variation) หรือการแปรปรวนของมวลของเส้นด้าย (The Mass Variation) นี้จะเป็นค่าบ่งบอกถึงความสามารถในการปั่นด้ายอย่างหนึ่ง คือ หากค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (Coefficient of Variation) หรือการแปรปรวนของมวลของเส้นด้าย (The Mass Variation) มีค่าสูง หมายถึง ว่าด้ายมีความไม่สม่ำเสมอและหากค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร (Coefficient of Variation) หรือการแปรปรวนของมวลของเส้นด้าย (The Mass Variation) มีค่าต่ำแสดงว่าความไม่สม่ำเสมอต่ำ

2.5 การออกแบบผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์

การออกแบบ หมายถึง การถ่ายทอดรูปแบบจากความคิดออกมาเป็นผลงานที่ผู้อื่นสามารถมองเห็น รับรู้ หรือสัมผัสได้ เพื่อให้มีความเข้าใจในผลงานร่วมกัน

2.5.1 ความสำคัญของการออกแบบ [19]

2.5.1.1 ในแง่ของการวางแผน การทำงาน งานออกแบบ จะช่วยให้การทำงานเป็นไปตามขั้นตอนอย่างเหมาะสมและประหยัดเวลา ดังนั้นอาจถือว่าการออกแบบ คือ การวางแผนการทำงานก็ได้

2.5.1.2 ในแง่ของการนำเสนอผลงาน ผลงานออกแบบจะช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องมีความเข้าใจตรงกันอย่างชัดเจน ดังนั้นความสำคัญในด้านนี้ คือ เป็นสื่อความหมายเพื่อความเข้าใจระหว่างกัน

2.5.1.3 เป็นสิ่งที่อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับงานบางประเภทอาจมีรายละเอียดมากมายซับซ้อนผลงานออกแบบจะช่วยให้ผู้เกี่ยวข้อง และผู้พบเห็นมีความเข้าใจที่ชัดเจนขึ้นหรืออาจกล่าวได้ว่าผลงานออกแบบ คือ ตัวแทนความคิดของผู้ออกแบบได้ทั้งหมด

2.5.1.4 แบบจะมีความสำคัญอย่างที่สุดในกรณีที่นักออกแบบกับผู้สร้างงานหรือผู้ผลิตเป็นคนละคน เช่น สถาปนิกกับช่างก่อสร้าง นักออกแบบกับผู้ผลิตในโรงงานหรือถ้าจะเปรียบไปแล้วนักออกแบบก็เหมือนกับคนเขียนบทละครนั้นเอง

2.5.1.5 การออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product Design) เป็นการออกแบบเพื่อการผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ งานออกแบบสาขานี้มีขอบเขตกว้างขวางมากที่สุดและแบ่งออกได้มากมายหลายลักษณะ นักออกแบบรับผิดชอบเกี่ยวกับประโยชน์การใช้สอย และความสวยงามของผลิตภัณฑ์

2.5.2 องค์ประกอบของการผลิตหัตถกรรมพื้นบ้านและผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ [17]

หัตถกรรมพื้นบ้านและผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์มีอยู่ทั่วไปทุกท้องถิ่นภูมิภาคของประเทศ แต่หัตถกรรมของแต่ละท้องถิ่นจะแตกต่างกันไปตามองค์ประกอบต่างๆ ที่เข้ามามีอิทธิพลต่องานหัตถกรรม ซึ่งมีอยู่หลายประการ สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ กล่าวถึงองค์ประกอบที่เป็นเงื่อนไขและ มีอิทธิพลต่องานหัตถกรรมพื้นบ้าน ดังนี้

2.5.2.1 วัสดุ วัสดุที่มีในท้องถิ่นหรือมีในภูมิภาคต่างๆ เป็นเงื่อนไขบังคับให้ชาวบ้านในท้องถิ่นคิดแก้ปัญหา โดยนำเอาวัสดุที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์คุ้มค่าที่สุด และให้ได้รูปแบบสอดคล้องกับหน้าที่ใช้สอย เช่น ในท้องถิ่นที่ไชมีไม้ไผ่ก็มีเครื่องจักรสานที่ทำเป็นภาชนะเครื่องใช้ต่างๆ ในท้องถิ่นที่มีดินเหมาะสมแก่การปั้นก็จะมีเครื่องปั้นดินเผา เป็นต้น

2.5.2.2 สภาพทางเศรษฐกิจ คือ ในสังคมของชาวบ้านมีส่วนเป็นอย่างมากที่ทำให้ชาวบ้านต้องทำสิ่งของเครื่องใช้ต่างๆ ขึ้นใช้เองภายในครอบครัวเพื่อแก้ปัญหา โดยมักจะใช้วัสดุที่หาง่ายในท้องถิ่น

2.5.2.3 ความจำเป็นในการใช้สอย ความจำเป็นในการใช้สอยของชาวบ้านแต่ละท้องถิ่นอาจมีเหมือนๆ กันหรืออาจแตกต่างกันได้ เพราะเหตุนี้เองรูปแบบของงานช่างฝีมือพื้นบ้านจึงเกิดขึ้นเหมือนๆ กันหรือแตกต่างกันก็ได้

2.5.2.4 สภาพภูมิศาสตร์ สภาพดินฟ้าอากาศ มีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดมีช่วงเวลาสำหรับการสร้างสรรค์งานศิลปหัตถกรรม เช่น ในฤดูแล้งแทนที่ชาวบ้านจะทำเครื่องมือจับสัตว์น้ำก็อาจจะทอเสื่อ ทำกรงนกหรืออื่นๆ ตามความเหมาะสม

2.5.2.5 ลัทธิความเชื่อ ลัทธิความเชื่อมีส่วนเกี่ยวพันกับการสร้างสรรค์งานช่างฝีมือที่เห็นได้ชัด เช่น การสลักหยวกในงานพิธีลดน้ำศพ และการแกะสลักหน้าพรานเพื่อใช้ในการแสดงมโนราห์ เป็นต้น

2.5.3 ประเภทของผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ [12]

งานประดิษฐ์ต่างๆ สามารถเลือกทำได้ตามความต้องการและประโยชน์ใช้สอย ซึ่งอาจแบ่งประเภทของงานประดิษฐ์ได้ตามโอกาส ดังนี้

2.5.3.1 ประเภทใช้เป็นของเล่น เป็นของที่ผู้ใหญ่ในครอบครัวทำให้ลูกหลานเล่นเพื่อความเพลิดเพลิน เช่น งานปั้นเป็นสัตว์ สิ่งของ งานจักสานใบลานเป็นโมบาย งานพับกระดาษ

2.5.3.2 ประเภทของใช้ ทำขึ้นเพื่อเป็นของใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การสานกระบุงตะกร้า การทำเครื่องใช้จากดินเผา จากผ้าและเศษวัสดุ

2.5.3.3 ประเภทงานตกแต่ง ใช้ตกแต่งสถานที่บ้านเรือนให้สวยงาม เช่น งานแกะสลักไม้ การทำกรอปรูปดอกไม้ประดิษฐ์

2.5.3.4 ประเภทเครื่องใช้ในงานพิธี ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อใช้ในงานเทศกาลหรือประเพณีต่างๆ เช่น การทำกระทงลอย ทำพานพุ่ม มาลัย บายศรี เป็นต้น

2.5.4 คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ [12]

2.5.4.1 ความแปลกใหม่ (Innovative) เป็นผลิตภัณฑ์ไม่ซ้ำซาก มีการนำเสนอความแปลกใหม่ในด้านต่างๆ เช่น ประโยชน์ใช้สอยรูปแบบใหม่ วัสดุใหม่ หรือให้มีความเหมาะสมกับสภาพความต้องการของผู้บริโภค

2.5.4.2 มีที่มา (Story) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีต้นกำเนิดในด้านการผลิต และวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตตลอดจนถึงกรรมวิธีในการผลิต รวมถึงความคิดรวบยอดของการออกแบบให้ผู้บริโภคทราบ

2.5.4.3 ระยะเวลาที่เหมาะสม (Timing) การนำเสนอผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดนั้น เหมาะสมตามฤดูกาลหรือตามความจำเป็น ตลอดจนความเหมาะสมต่อความต้องการของผูบริโภคในช่วงเวลานั้นหรือไม่

2.5.4.4 ราคาพอสมควร (Price) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาขายเหมาะสมกับกำลังซื้อของผู้ บริโภคในตลาด โดยอาศัยการศึกษาวิจัยกลุ่มผู้บริโภค ให้ได้ข้อมูลก่อนทำการออกแบบผลิตภัณฑ์

2.5.4.5 มีข้อมูลข่าวสาร (Information) ข้อมูลข่าวสารของผลิตภัณฑ์ควรจะสื่อให้ผู้บริโภคได้ทราบ และเข้าใจอย่างถูกต้องในด้านประโยชน์และวิธีการใช้งาน เป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีแก่องค์กรและผลิตภัณฑ์

2.5.4.6 เป็นที่ยอมรับ (Regio Acceptance) ผลิตภัณฑ์นั้นจะต้องเป็นที่ยอมรับของสังคมหรือกลุ่มสังคมเป้าหมายไม่เป็นสิ่งที่ทำให้เสื่อมเสียหรือขัดต่อขนบธรรมเนียมประเพณี วัฒนธรรมหรือศาสนา

2.5.4.7 มีอายุการใช้งาน (Life Cycle) ผลิตภัณฑ์นั้นจะต้องมีความแข็งแรงคงทนต่อสภาพของการใช้งาน หรือมีอายุการใช้งานที่เหมาะสมกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ และราคาจำหน่าย

2.6 ความพึงพอใจของผู้บริโภค

2.6.1 แนวคิดและความหมายเกี่ยวกับความพึงพอใจ

ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกหรือความคิดเห็นไม่ว่าจะเป็นทางบวกหรือลบซึ่งเป็นผลจากประสบการณ์ ความเชื่อ ซึ่งจะขอกล่าวถึง ความหมาย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ ดังนี้

2.6.1.1 พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน [20] ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจหมายถึง พอใจ ชอบใจพฤติกรรมเกี่ยวกับความพึงพอใจของมนุษย์คือความพยายามที่จะขจัดความตึงเครียด หรือ ความกระวนกระวาย หรือภาวะไม่ได้ดุลยภาพในร่างกาย ซึ่งเมื่อมนุษย์สามารถขจัดสิ่งต่างๆ ดังกล่าว ได้แล้ว มนุษย์ย่อมได้รับความพึงพอใจในสิ่งที่คนต้องการ

2.6.1.2 สายจิตร สุขสงวน [21] ได้สรุปความพึงพอใจเป็นความรู้สึกที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งเป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบแต่ถ้าเมื่อใดที่สิ่งนั้นสามารถตอบสนองความต้องการหรือทำให้บรรลุจุดมุ่งหมายได้ก็จะเกิดความรู้สึกทางบวกแต่ในทางตรงกันข้ามถ้าสิ่งใดสร้างความรู้สึกผิดหวัง

2.6.1.3 สุภา จุฬคุปต์ [22] ได้ให้ความหมายความพึงพอใจในการปฏิบัติงานเป็นเรื่องของความรู้สึกที่มีความรู้สึกของบุคคลที่มีต่องานที่ปฏิบัติอยู่และความพึงพอใจจะส่งผลต่อขวัญกำลังใจในการปฏิบัติงาน อย่างไรก็ดีความพึงพอใจของแต่ละบุคคลไม่มีวันสิ้นสุดเปลี่ยนแปลงได้เสมอตามกาลเวลาและสภาพแวดล้อมบุคคลจึงมีโอกาสที่จะไม่พึงพอใจในสิ่งที่เคยพึงพอใจมาแล้วฉะนั้น ผู้บริหารจำเป็น

จะต้องสำรวจตรวจสอบความพึงพอใจในการปฏิบัติให้สอดคล้องกับความต้องการของบุคคลากรตลอดไป ทั้งนี้เพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายขององค์กรหรือหน่วยงานที่ตั้งไว้

2.6.1.4 สุภาลักษณ์ ชัยอนันต์ [23] ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกส่วนตัวที่รู้สึกเป็นสุขหรือยินดีที่ได้รับการตอบสนองความต้องการในสิ่งที่ขาดหายไป หรือสิ่งที่ทำให้เกิดความไม่สมดุล ความพึงพอใจเป็นสิ่งที่กำหนดพฤติกรรมที่จะแสดงออกของบุคคล ซึ่งมีผลต่อการเลือกที่จะปฏิบัติในกิจกรรมใดๆ นั้น

2.6.1.5 อรรถพร คำคม [24] ได้สรุปว่าความพึงพอใจหมายถึงทัศนคติหรือระดับความพึงพอใจของบุคคลต่อกิจกรรมต่างๆ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกิจกรรมนั้นๆ โดยเกิดจากพื้นฐานของการรับรู้ ค่านิยมและประสบการณ์ที่แต่ละบุคคลได้รับ ระดับของความพึงพอใจจะเกิดขึ้นเมื่อกิจกรรมนั้นๆ สามารถตอบสนองความต้องการแก่บุคคลนั้นได้

2.6.1.6 เทพพนม เมืองเมน และสวิง สุวรรณ [25] กล่าวว่าความพึงพอใจเป็นสภาวะของความพึงพอใจ หรือสภาวะที่อารมณ์อยู่ในทางบวก

2.6.1.7 การญจนา อรุณสุขรุจี [26] ความพึงพอใจของมนุษย์ เป็นการแสดงออกของพฤติกรรม ไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปร่างได้ การที่เราจะรับรู้ว่า บุคคลนั้นมีความพึงพอใจ หรือ ไม่มี สามารถสังเกตได้ โดยการแสดงออก

2.6.1.8 อุทัยพรรณ สุกใจ [27] ความพึงพอใจหมายถึงความรู้สึกหรือทัศนคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยอาจจะเป็นไปในเชิงประเมินค่าว่าความรู้สึกหรือทัศนคติต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดนั้นเป็นไปในทางบวกหรือทางลบ

จากความหมายที่กล่าวมาสรุปได้ว่าความพึงพอใจในการปฏิบัติงานเป็นเรื่องของความรู้สึกของบุคคลที่มีต่องานที่ปฏิบัติอยู่และความพึงพอใจจะส่งผลต่อขวัญในการปฏิบัติงาน นักการจัดการจำเป็นจะต้องสำรวจตรวจสอบความพึงพอใจในการปฏิบัติให้สอดคล้องกับความต้องการของบุคคลากรตลอดไป ทั้งนี้เพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายขององค์กรหรือหน่วยงานที่ตั้งไว้

2.6.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ [20]

นักวิชาการได้พัฒนาทฤษฎีที่อธิบายองค์ประกอบของความพึงพอใจ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจกับปัจจัยอื่นๆ ไว้หลายทฤษฎีโคร์แมน ได้จำแนกทฤษฎีความพึงพอใจในงานออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

2.6.2.1 ทฤษฎีการสนองความต้องการ กลุ่มนี้ถือว่าความพึงพอใจ ในงานเกิดจากความต้องการส่วนบุคคลที่มีความสัมพันธ์ต่อผลที่ได้รับจากงานกับการประสบความสำเร็จตามเป้าหมายส่วนบุคคล

2.6.2.2 ทฤษฎีการอ้างอิงกลุ่ม ความพึงพอใจในงานมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับคุณลักษณะของงานตามความปรารถนาของกลุ่ม ซึ่งสมาชิกให้กลุ่มเป็นแนวทางในการประเมินผลการทำงาน

2.6.2.3 ส่วนมัมฟอร์ด ได้จำแนกความคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจงานจากผลการวิจัยออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1) กลุ่มความต้องการทางด้านจิตวิทยา กลุ่มนี้ได้แก่ Maslow, A.H., Herzberg. F และ Likert R. โดยมองความพึงพอใจงานเกิดจากความต้องการของบุคคลที่ต้องการความสำเร็จของงานและความต้องการการยอมรับจากบุคคลอื่น

2) กลุ่มภาวะผู้นำมองความพึงพอใจงานจากรูปแบบและการปฏิบัติของผู้นำที่มีต่อผู้ใต้บังคับบัญชา กลุ่มนี้ได้แก่ Blake R.R., Mouton J.S. และ Fiedler R.R.

3) กลุ่มความพยายามต่อรองรางวัล เป็นกลุ่มที่มองความพึงพอใจจากรายได้เงินเดือน และผลตอบแทนอื่นๆ กลุ่มนี้ ได้แก่ กลุ่มบริหารธุรกิจของมหาวิทยาลัยแมนเชสเตอร์ (Manchester Business School)

4) กลุ่มอุดมการณ์ทางการจัดการมองความพึงพอใจจากพฤติกรรมการบริหารงานขององค์กร ได้แก่ Crogier M. และ Couler G.M.

5) กลุ่มเนื้อหาของงานและการออกแบบงาน ความพึงพอใจงานเกิดจากเนื้อหาของตัวงานกลุ่มแนวคิดนี้มาจากสถาบันทาวิสตอค (Tavistock Institute) มหาวิทยาลัยลอนดอน

2.6.3 การวัดความพึงพอใจ [20]

การวัดความพึงพอใจ เป็นเรื่องที่เปรียบเทียบได้กับความเข้าใจทั่วๆ ไปซึ่งปกติจะวัดได้โดยการสอบถามจากบุคคลที่ต้องการจะถาม มีเครื่องมือที่ต้องการใช้ในการวิจัยหลายๆ อย่าง อย่างไรก็ดีถึงแม้ว่าจะมีการวัดอยู่หลายแนวทางแต่ละศึกษาความพึงพอใจอาจแยกตามแนวทางวัดได้สองแนวคิดตามความคิดเห็นของ ซาลีซนิคค์ คริสเทนส์ กล่าวคือวัดจากสภาพทั้งหมดของแต่ละบุคคล เช่น ที่ทำงาน ที่บ้านและทุกๆ อย่างที่เกี่ยวข้องกับชีวิตการศึกษาตามแนวทางนี้จะได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ แต่ทำให้เกิดความยุ่งยากกับการที่จะวัดและเปรียบเทียบวัดได้โดยแยกออกเป็นองค์ประกอบ เช่น องค์ประกอบที่เกี่ยวกับงานการนิเทศงาน เกี่ยวกับนายจ้าง

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 พรชัย บุญญิกา [12] ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ทดลองผลิตกระดาษจากเปลือกโสนห่างไก่สะท้อนน้ำทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ และสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่กับโซเดียม ไฮดรอกไซด์ ร้อยละ10 - 15 และ 20 ใช้ระยะเวลาในการต้ม 2 และ 3 ชั่วโมง แล้วคัดเลือก สิ่งทดลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุด เพื่อนำไปผลิตเป็นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำที่ปริมาณสารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ร้อยละ 3 4 และ 5 ของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำแล้วนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพได้แก่ น้ำหนักมาตรฐานความหนา ความต้านทานแรงดันทะลุความต้านแรงฉีกขาดและทดสอบความสะท้อนน้ำเพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองที่มีสมบัติทางกายภาพและมีความสะท้อนน้ำดีที่สุด ทะลุความต้านแรงฉีกขาดและทดสอบความสะท้อนน้ำเพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองที่มีสมบัติทางกายภาพและมีความสะท้อนน้ำดีที่สุด นำไปผลิตเป็นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำและดำเนินการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคโดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์จำนวน 20 คน และผู้บริโภคจำนวน 100 คน ผลการวิจัยพบว่าที่อัตราส่วนของสารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ร้อยละ 3 มีความเหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำมากที่สุดโดยมีน้ำหนักมาตรฐาน 145 กรัม/ตารางเมตร ความหนา 0.412 มิลลิเมตร ค่าความต้านแรงดันทะลุ 76.7 กิโลพาสคัส ค่าความต้านแรงฉีกขาด 1161 มิลลินิวตัน

และมีผลการทดสอบความสะท้อนน้ำอยู่ในระดับ 80 คือผิวด้านหน้าเปียกเฉพาะบริเวณที่ถูกพ่นจากการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคทั้ง 2 กลุ่ม คือผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์และผู้บริโภคให้ความพึงพอใจต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำอยู่ในระดับมากมีค่าเฉลี่ยรวม 4.41 และ 4.48 ตามลำดับ

2.7.2 บุญศรี คู่สุขธรรม และมนูญ จิตต์ใจฉ่ำ [11] ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยปอสา งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยปอสา เส้นใยสกัดออกมาจากเปลือกของต้นปอสาขั้นแรกนำเปลือกปอสามาสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 - 3 ชั่วโมง และฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 60 - 90 องศาเซลเซียส 10 - 120 นาที จากนั้นเส้นใยที่ได้จะนำไปปั่นให้เป็นเส้นด้ายผลจากการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหับการเตรียมเส้นใยปอสา คือ การสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 (ปริมาตร/ปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยเส้นใยที่ได้จากกการเตรียมมีเซลลูโลสปริมาตรร้อยละ 84.41 (โดยน้ำหนัก) การปั่นเส้นใยปอสาผสมกับเส้นใยฝ้ายให้เป็นเส้นด้ายมีความเป็นไปได้ รวมทั้งสมบัติเชิงกลของเส้นด้ายเหมาะสมกับการใช้งานทางสิ่งทอ

2.7.3 สุภา จุฬคุปต์ และคณะ [22] ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาการผลิตกระดาษเชิงหัตถกรรมใยมะพร้าว การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาการผลิตกระดาษใยมะพร้าวเชิงหัตถกรรม ด้วยกระบวนการต้มเยื่อด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 15 โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ของน้ำหนักใยแห้ง ที่ระยะเวลาในการต้ม 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 95 - 100 องศาเซลเซียส และสร้างมูลค่าเพิ่มของเส้นใยมะพร้าวด้วยวิธีการฟอกขาวโดยใช้ไฮดรอเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 6 9 และ 12 ตามลำดับ ผลการศึกษาวิจัยพบว่าลักษณะเส้นใยมะพร้าวที่เหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นกระดาษคือเส้นใยที่ฟอกขาวด้วยไฮดรอกเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 12 ค่าความขาวสว่าง (L*) 94.92 และจากการศึกษาคุณลักษณะที่ต้องการใยมะพร้าวจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คน ได้ค่าเฉลี่ยลักษณะเส้นใยโดยรวมที่ 4.00 นำใยมะพร้าวที่ได้มาทำเป็นกระดาษ กระดาษที่ได้มีคุณสมบัติทางกายภาพดังนี้ ความหนาเฉลี่ย 1.52 มิลลิเมตร ดัชนีความต้านทานแรงดันทะลุเท่ากับ 3.866 kg/cm2 ส่วนค่าดัชนีความต้านทางแรงฉีกขาด กระดาษใยมะพร้าวจะไม่ขาด ผลการศึกษาความพงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์จากกระดาษใยมะพร้าวจำนวน 100 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมีอายุต่ำกว่าหรือเท่ากับ 30 ปี มีการศึกษาในระดับปริญญาตรี อาชีพนักเรียน/นักศึกษา และรองลงมาคือ รับราชการ/รัฐวิสาหกิจมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 5001 - 10,000 บาทขึ้นไป สำหรับความพึงพอใจจองผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ใยมะพร้าว พบว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจมากที่สุดในเรื่องวัสดุที่ใช้ตกแต่งและความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ รองลงมาคือความสวยงามของสี ส่วนลักษณะโดยรวมของผลิตภัณฑ์จากกระดาษใยมะพร้าวผู้บริโภคมีความพึงพอใจในระดับมากใยมะพร้าวมีศักยภาพสามารถทำแผ่นกระดาษเพื่อใช้ประโยชน์ได้ แต่ต้องใช้ร่วมกับสารกระจายเยื่อ (กาว Sumifloc FA-40) ซึ่งเป็นสารที่ช่วยในการกระจายเยื่อและการยึดติดของใยมะพร้าว ใยมะพร้าวเป็นเส้นใยธรรมชาติที่แข็งแรง แต่ไม่ประสานหรือ

ยึดเกาะเส้นใยกันเองจึงต้องใช้สารช่วยติด หรือซ้อนแผ่นร่วมกับเยื่อกระดาษชนิดอื่น เช่น กระดาษเหลือใช้ กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษลังไข่ เป็นต้น

2.7.4 ณิชาภา มินาบูลย์ สนธยา กงกองแก้ว และวรัญญู เหลาโชติ [2] ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การประยุกต์ใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ที่ใช้แล้วแทนที่ทรายเพื่อลดการแตกร้าวจากการหดตัวของปูนฉาบ เพื่อการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกระดาษที่เหลือใช้มาผสมในปูนซีเมนต์ ซึ่งการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การศึกษาหาการหดตัวของปูนฉาบผสมกับหนังสือพิมพ์ และนำหนักการหดตัวของปูนฉาบผสมกระดาษหนังสือพิมพ์ ใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทรายของปูนฉาบที่ 1:3 โดยแทนที่กระดาษด้วยทรายร้อยละ 0 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ของน้ำหนัก ซึ่งในแต่ละสัดส่วนการแทนที่ทรายด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ จากนั้นเป็นตัวอย่างขนาด 5x5x5 เซนติเมตร แล้วนำไปทดสอบการหดตัว ที่อายุการบ่ม 1, 7, 14, 21 และ 28 จากการศึกษาพบว่า เมื่อสัดส่วนปริมาณกระดาษมากขึ้น การหดตัวจะมากขึ้นและน้ำหนักจะน้อยลงตามปริมาณของกระดาษหนังสือพิมพ์ที่เพิ่มขึ้น การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C 596-96

2.7.5 พรศิริ หลงหนองคูณ [15] ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาเส้นด้ายผสมปั่นมือจากเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการแยกเส้นใยใบอ้อยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 0.4 ของน้ำหนักใบอ้อยสด และเวลาในการต้ม 90 นาที มีร้อยละของผลผลิตสูงสุดร้อยละ 0.50 ผลการศึกษาอัตราส่วนในการผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้ายร้อยละ 10:90 มีความเหมาะสมในการปั่นมือมากที่สุด และผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเส้นด้ายผสมเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย พบว่า ความสม่ำเสมออยู่ในระดับ Grade F ความแข็งแรงต่อแรงดึงขาด 142.71 N การยืดตัวก่อนขาดร้อยละ 139.55 เบอร์ 4.44 Ne เกลียว 9.60 เกลียวต่อนิ้ว และความหยิกงอร้อยละ 30.02

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การพัฒนากระดาษรีไซเคิลเพื่อผลิตเชือกสำหรับงานประดิษฐ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษรีไซเคิลจากเยื่อรีไซเคิลผสมเยื่อปอสา และทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษรีไซเคิล เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเชือกกระดาษรีไซเคิล และทดสอบสมบัติทางกายภาพของเชือกจากกระดาษรีไซเคิล สำรวจความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเชือกจากกระดาษรีไซเคิล และผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิลสำหรับงานประกิษฐ์ ซึ่งการตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้การวิจัย

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 กระดาษหนังสือพิมพ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบแว๊ค (อายุไม่เกิน 1 เดือน) โดยกำหนดให้เป็นกระดาษรีไซเคิล A

3.1.1.2 กระดาษพิมพ์เขียน (ขาวดำพิมพ์หน้าเดียวอายุไม่เกิน 1 เดือน)โดยกำหนดให้เป็นกระดาษรีไซเคิล B

3.1.1.3 กระดาษคราฟท์ (อายุไม่เกิน 1 เดือน)โดยกำหนดให้เป็นกระดาษรีไซเคิล C

3.1.1.4 เปลือกชั้นในปอสาหรือ Kozo ที่ผ่านการต้มด้วยโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์) (NaOH)) และฟอกขาวจากบริษัทอุตสาหกรรมกระดาษชินกวงฮั้ว (ประเทศไทย) จำกัด โดยกำหนดให้เป็น KZ

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 อุปกรณ์การผลิตกระดาษ

3.2.1.1 กล่องพลาสติกใสขนาด 10 x 19 x 12 เซนติเมตร

3.2.1.2 ปากกาตราม้าสีน้ำเงิน

3.2.1.3 กรรไกรยี่ห้อ Elephant ขนาด 8 นิ้ว

3.2.1.4 ขวดกรองสารแบบมีแขน

3.2.1.5 เครื่องแก้วบิกเกอร์ 150 ml

3.2.1.6 แท่งแก้วคนสาร

3.2.1.7 เครื่องทำสุญญากาศ

3.2.1.8 กรวยบุชเนอร์เซรามิคที่มี พื้นที่วงกลมขนาด 91.56 ตารางเซนติเมตร ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10.8 เซนติเมตร

3.2.1.9 ยางรองบุชเนอร์

3.2.1.10 กระดาษกรอง Whatman

3.2.1.11 มีดคัตเตอร์

3.2.1.12 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบแบน ตราสิงค์คู่ 20 กิโลกรัม

3.2.1.13 เครื่องอบลมร้อน ยี่ห้อ Link Rich รุ่น DH 4B – B

3.2.1.14 เครื่องกระจายเยื่อ

3.2.1.15 เฟรมสำหรับการร่อนกระดาษ (Keita) ขนาด 67 x 97 เซนติเมตร

3.2.1.16 เสื่อลองเยื่อ (Mizu)

3.2.1.17 อ่างผสมเยื้อ

3.2.1.18 แผ่นยางรองตัด ขนาด 450 x 300 มิลลิเมตร

3.2.1.19 ไม้บรรทัด ขนาด 30 เซนติเมตร

3.2.1.20 ดินสอ

3.2.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

3.2.2.1 อุปกรณ์ทางการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1) เครื่องวัดน้ำหนักเครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง รุ่น PA214 (Pioneer) ยี่ห้อ OHAUS

2) เครื่องวัดความหนาอย่างละเอียด หรือ ไมโครมิเตอร์ ยี่ห้อ Teclok รุ่น Upright Stand Type US – 22B

3) เครื่องวัดความต้านทานแรงดันทะลุ (Bursting Strength Tester)

4) เครื่องวัดความต้านทานแรงฉีกขาด (Tear Tester)

5) เครื่องวัดความต้านทานแรงดึงขาด ยี่ห้อ DESK รุ่น DS - 500

3.2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญและผู้บริโภค

3.2.3.2 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านงานประดิษฐ์ จำนวน 5 คน

3.2.3.1 กลุ่มผู้บริโภคเพศชาย และเพศหญิง จำนวน 100 คน

3.3 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.3.1 การเตรียมเยื่อกระดาษ และเยื่อสา มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.3.1.1 เตรียมเยื่อรีไซเคิล A B และ C โดยการฉีกหรือตัดกระดาษให้มีขนาดประมาณ 2 – 3 เซนติเมตร จากนั้นนำไปใส่กล่องพลาสติกเพื่อทำงานแช่ในน้ำสะอาด ที่อัตราส่วน 2 : 10 ส่วน เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง และนำเปลือกชั้นในปอสาหรือ Kozo ที่ผ่านการต้มด้วยโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)) มาทำงานแช่ในน้ำสะอาด ที่อัตราส่วน 2 : 10 ส่วน เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

3.3.1.2 นำเยื่อรีไซเคิล A B และ C ที่ผ่านการแช่มาปั่นด้วยเครื่องปั่นแบบใบพัดสี่แฉก ที่ความเร็วรอบ 1200 ต่อ 1 นาที เป็นเวลา 30 นาที

3.3.1.3 นำเยื่อที่ผ่านการปั่น และเยื่อสา มาทำการอบเยื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 60 – 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มาชั่งในเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง แล้วนำมาคำนวนหาค่าความชื้นเพื่อนำไปใช้ในการเตรียมต่อไปดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ความชื้นของเยื่อกระดาษ และเยื่อปอสา

A (*g*) ถ้วยเปล่า	B (*g*) เยื่อเปียก	C (*g*) เยื่อแห้ง+ถ้วยเปล่า	C-A=D (*g*) นน.เยื่อแห้ง	%เยื่อ
1=3.2641 (*A*)	1.0047	3.5241	0.2600	
2=3.5259 (*A*)	1.0064	3.7744	0.2485	25.36%
3=3.214 (*A*)	1.0068	3.7582	0.2568	
1=3.1673 (*B*)	1.0036	3.4611	0.2938	
2=3.3045 (*B*)	1.0053	3.5899	0.2854	32.55%
3=2.9441 (*B*)	1.0022	3.2959	0.4007	
1=3.1447(C)	1.0044	3.4528	0.3092	
2=3.2577(*C*)	1.0016	3.5435	0.2858	29.45%
3=3.3138(*C*)	1.0027	3.6049	0.2911	
1=3.1158(kz)	1.0041	3.5561	0.4346	
2=3.1650(kz)	1.0020	3.5925	0.4211	41.52%
3=3.1493(kz)	1.0023	3.5482	0.3934	

หมายเหตุ A=หนังสือพิมพ์ B=กระดาษคราฟท์ C=กระดาษพิมพ์เขียน KZ=เยื่อปอสา

3.3.2 ในการเตรียมกระดาษจากเยื่อกระดาษรีไซเคิลชนิดต่างๆ ปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ อัตราส่วนระหว่างเยื่อกระดาษรีไซเคิลชนิดต่างๆ กับปอสาโดยแปรเป็น 4 ระดับ 100:0 80:20 60:40 และ 50:50 ตามลำดับ วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.3.2.1 ทำการผลิตกระดาษจากเยื่อรีไซเคิลจะต้องคำนวณ น้ำหนักอ เยื่อแห้ง พื้นที่บุชเนอร์

น้ำหนักเยื่อแห้ง = <u>พื้นที่บุชเนอร์ x น้ำหนักที่เราต้องการ</u>

พื้นที่กระดาษ 100 x 100 เซนติเมตร

$$100\%) = \frac{\mathbf{91.56}\ (\text{พื้นที่บุชเนอร์})\boldsymbol{x}\ \mathbf{80}\text{กรัม}(\text{น้ำหนักกระดาษมาตฐาน})}{\mathbf{10000}\text{ตร.ซม.}}$$

100% = 0.733 กรัม(กระดาษแห้ง100%)

$$80\ \% = \frac{\mathbf{0.733}(\text{กระดาษแห้ง}\mathbf{100\%})\boldsymbol{x}\mathbf{80\%}}{\mathbf{10000}\ \text{ตร.ซม.}} = 0.5864 \text{ กรัม}$$

$$60\% = \frac{\mathbf{0.733}(\text{กระดาษแห้ง}\mathbf{100\%})\boldsymbol{x}\mathbf{60\%}}{\mathbf{10000}\ \text{ตร.ซม.}} = 0.44 \text{ กรัม}$$

$$50\% = \frac{\mathbf{0.733}(\text{กระดาษแห้ง}\mathbf{100\%})\boldsymbol{x}\mathbf{50\%}}{\mathbf{10000}\ \text{ตร.ซม.}} = 0.3665 \text{ กรัม}$$

$$40\% = \frac{\mathbf{0.733}(\text{กระดาษแห้ง}\mathbf{100\%})\boldsymbol{x}\mathbf{40\%}}{\mathbf{10000}\ \text{ตร.ซม.}} = 0.5864 \text{ กรัม}$$

$$20\ \% = \frac{\mathbf{0.733}(\text{กระดาษแห้ง}\mathbf{100\%})\boldsymbol{x}\mathbf{20\%}}{\mathbf{10000}\ \text{ตรซม.}} = 0.1466 \text{ กรัม}$$

3.3.2.2 นำเครื่องแก้วบิกเกอร์ มาทำการชั่งน้ำหนักในเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง และทำการเคลียร์น้ำหนักของเครื่องแก้วบิกเกอร์ให้เป็น 0 กรัม ทุกครั้งก่อนที่ผสมเยื่อ A B C และ KZ เข้าด้วยกัน

3.3.2.3 นำกระดาษกรอง Whatman ใส่ลงกรวยบุชเนอร์พื้นที่วงกลม ขนาด 91.56 ตารางเซนติเมตร และทำการฉีดน้ำใส่กระดาษกรองให้ทั่ว

3.3.2.4 นำเยื่อที่ได้การจากชั่งตามอัตราส่วนที่กำหนดมาใส่ลงในกรวยบุชเนอร์

3.3.2.5 นำกรวยบุชเนอร์ที่มีเยื่อผสมอยู่ มาใส่ในขวดกรองสารแบบมีแขนแล้วนำไปทำการไล่น้ำออกด้วยเครื่องทำสูญญากาศบุชเนอร์

3.3.2.6 ทำการแยกแผ่นเยื่อกับกระดาษกรองออกจากกันแล้วนำกระดาษที่ได้มาเข้าเตาอบลมร้อนที่ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที แล้วนำแผ่นกระดาษที่ได้จากการคำนวณตามอัตราส่วน มาพักในอุณหภูมิห้องปกติ ก่อนทำการทดสอบ

3.3.2.7 ทดสอบสมบัติทางกายภาพกระดาษรีไซเคิลผสมสา

1 น้ำหนัก

2 ความหนา

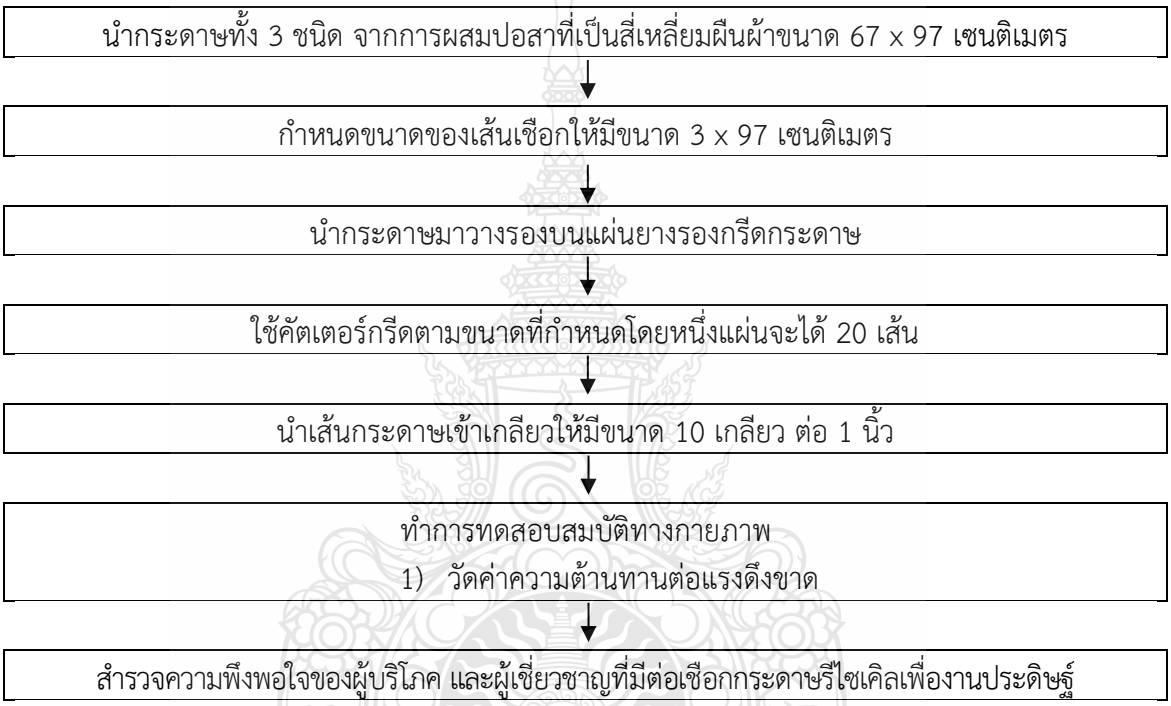
3 ความต้านทานแรงดันทะลุ

4 ความต้านทางแรงฉีกขาด

จากการการวิเคราะห์ ร้อยละอัตราส่วนของกระดาษทั้ง 3 ชนิด ผสมปอสาที่ผลิตได้ทั้ง 12 สิ่งทดลอง ที่ผ่านการอบจนแห้งนำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพเพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองที่มีความเหมาะสมของแต่ละอัตราส่วนของกระดาษ นำไปทำการผลิตกระดาษเชิงอุตสาหกรรมจากกระดาษทั้ง 3 ชนิด ผสมปอสาสำหรับผลิตภัณฑ์เชือกเพื่องานประดิษฐ์

3.3.3 กระบวนการผลิตเชือกจากกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา

ทำการผลิตกระดาษรีไซเคิลจากเยื่อกระดาษรีไซเคิลชนิดต่างๆ กับปอสาตามอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วนำมาผลิตเชือกตามกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตเชือกกระดาษรีไซเคิล

หลังจากนั้นนำเชือกที่ได้มาทดสอบสมบัติความต้านทานแรงดึงขาดแล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ความแปรปรวนแปรปรวน (Analsis of Variance: ANOVA) ถ้าพบนัยสำคัญทางสถิติจะคำนวณค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan ' s new Multiple Range Test (DMRT) และพิจารณาจากเชือกที่มีค่าความต้านทานแรงดึงขาดสูงสุด

3.3.4 การเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชือกกระดาษผสมปอสา

ผู้วิจัยเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา จำนวน 1 อัตราส่วน ต่อ 1 สิ่งทดลอง โดยพิจารณาจากผลการศึกษาลักษณะที่ปรากฏ ค่าความต้านทานแรงดึงขาดของอัตราส่วนผลิตเชือกกระดาษ โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analsis of Variance: ANOVA) ถ้าพบนัยสำคัญทางสถิติจะคำนวณค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan ' s new Multiple Range Test (DMRT) แล้วนำมาคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำมาขึ้นรูปเชือกกระดาษเพื่องานประดิษฐ์

3.3.5 การสำรวจความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเชือกกระดาษรีไซเคิลเพื่องานประดิษฐ์

3.3.5.1 การสำรวจความพึงพอใจของเชี่ยวชาญ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญเพศชาย และเพศหญิง จำนวน 5 คน โดยใช้วิธีเก็บข้อมูลแบบ Home Use Tests ซึ่งอยู่ในเขต กรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเชือกกระดาษรีไซเคิลแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ สถานที่ประกอบการ ระดับการศึกษา ลักษณะการตอบคำถามแบบตรวจสอบรายการ (Check List)

ตอนที่ 2 สำรวจความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเชือกกระดาษรีไซเคิล ลักษณะการตอบแบบสอบถามตรวจสอบรายการ (Check List) ได้แก่ ความสวยงามของเชือกรีไซเคิล ผิวสัมผัสของเชือกรีไซเคิล หน้าที่การใช้งานของเชือกรีไซเคิล การถักสานของเชือกรีไซเคิล สีของเชือกรีไซเคิล ความแข็งแรงของเชือกรีไซเคิล ใช้งานได้จริงของเชือกรีไซเคิล ความพึงพอใจโดยรวม มีลักษณะการตอบคำถามแบบตรวจสอบรายการ (Check List) [26] และระดับความพึงพอใจที่มีต่อเชือกกระดาษรีไซเคิล ใช้เกณฑ์การประเมินแบบมาตราส่วนประมาณลิเคิร์ท (Likert Scale) [26] โดยแปรเป็น 5 ระดับ

5 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด
4 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก
3 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง
2 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย
1 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

ทำการวิเคราะห์ความพึงพอใจผู้ตอบแบบสอบถามโดยมาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แล้วแปรค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์ของเบสท์ และคาห์น มีค่าระดับดังนี้ [26]

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.50 - 5.00 หมายถึง พึงพอใจระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.50 - 4.49 หมายถึง พึงพอใจระดับมาก
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.50 - 3.49 หมายถึง พึงพอใจระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.50 - 2.49 หมายถึง พึงพอใจระดับน้อย
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 - 1.49 หมายถึง พึงพอใจระดับน้อยที่สุด

3.3.5.2 การสำรวจความพึงพอใจจากผู้บริโภค ทั่วไป จำนวน 100 คน เป็นกลุ่มผู้บริโภค ที่มีอายุตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป โดยใช้วิธีแบบสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิลเพื่องานประดิษฐ์ แบ่งออกเป็น 2 ตอนคือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ สถานที่ประกอบการ ระดับการศึกษา ลักษณะการตอบคำถามแบบตรวจสอบรายการ (Check List)

ตอนที่ 2 สำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิลเพื่องานประดิษฐ์ ลักษณะการตอบแบบสอบถามตรวจสอบรายการ (Check List) ได้แก่ ความสวยงามของผลิตภัณฑ์ ผิวสัมผัสของผลิตภัณฑ์ หน้าที่การใช้งานของผลิตภัณฑ์ ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ ใช้งานได้จริง ความพึงพอใจโดยรวม มีลักษณะการตอบคำถามแบบตรวจสอบรายการ (Check List) [26] และ

ระดับความพึงพอใจที่มีต่อเชือกกระดาษรีไซเคิล ใช้เกณฑ์การประเมินแบบมาตราส่วนประมาณ ลิเคิร์ท (Likert Scale) [26] โดยแปรเป็น 5 ระดับ

5 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด
4 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก
3 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง
2 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย
1 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนากระดาษรีไซเคิลเพื่อเชือกสำหรับงานประดิษฐ์ ได้มีการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษจากกระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษพิมพ์เขียน และกระดาษคราฟท์ ผสมปอสาโดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD โดยมีการออกแบบสิ่งทดลองคือ หาอัตราส่วนผสมของเยื่อกระดาษรีไซเคิลทั้ง 3 ชนิดผสมปอสาแปรเป็น 4 ระดับคือ 100:0 80:20 60:40 และ 50:50 ตามลำดับ มีสิ่งทดลองทั้งหมด 12 สิ่งทดลอง ซึ่งมีการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษทั้ง 3 ชนิด ผสมปอสา และศึกษากระบวนการผลิตเชือกกระดาษทั้ง 3 ชนิด ผสมปอสา เพื่อเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของเชือกจากกระดาษรีไซเคิล ทั้ง 3 ชนิดผสมปอสาโดยใช้สถิติการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) แสดงผลในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการสำรวจความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเชือกกระดาษรีไซเคิล และผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เชือกเพื่องานประดิษฐ์

3.5 ระยะเวลาในการวิจัย

ในการทำงานวิจัยเรื่องนี้ เริ่มดำเนินการตั้งแต่ เดือนกันยายน พ.ศ.2561 และสิ้นสุดลงในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2563

3.6 สถานที่ในการวิจัย

3.6.1 บริษัทอุตสาหกรรมกระดาษซินกวงฮั้ว (ประเทศไทย) จำกัด
3.6.2 คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
3.6.3 คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิจารณ์

การวิจัยเรื่องการพัฒนากระดาษรีไซเคิลเพื่อผลิตเชือกสำหรับงานประดิษฐ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษรีไซเคิลจากเยื่อรีไซเคิลผสมเยื่อปอสา และทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษรีไซเคิล ศึกษากระบวนการผลิตเชือกกระดาษรีไซเคิล และทดสอบสมบัติทางกายภาพของเชือกจากกระดาษรีไซเคิล สำรวจความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเชือกจากกระดาษรีไซเคิล และผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิลสำหรับงานประดิษฐ์ ซึ่งมีผลการทดลองและการวิจารณ์ดังนี้

4.1 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะในการผลิตกระดาษรีไซเคิลผสมเยื่อปอสา และศึกษาสมบัติทางกายภาพของ กระดาษรีไซเคิล

จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษรีไซเคิลจำนวน 3 ชนิดประกอบด้วย กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษพิมพ์เขียน และกระดาษคราฟท์ เพื่อนำมาผสมเยื่อปอสา ในอัตราส่วน 100:0 80:20 60:40 และ 50:50 ตามลำดับได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1 4.2 และ 4.3

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษหนังสือพิมพ์รีไซเคิลผสมเยื่อปอสา

สิ่งทดลอง	อัตราส่วนเยื่อต่อปอสา	น้ำหนัก^{ns} (g)	ความหนา^{ns} (mm)	ความต้านทานแรงดันทะลุ (kg/cm^2)	ความต้านทานแรงฉีกขาด^{ns} (mN/m)
1	100:00	81.42±0.02	0.26±0.10	1.37^{d}±0.15	476.67±11.55
2	80:20	80.22±0.01	0.26±0.10	2.07^{c}±0.15	510.00±20.00
3	60:40	80.33±0.02	0.26±0.07	2.70^{b}±0.10	530.00±10.00
4	50:50	78.69±0.01	0.28±0.10	2.97^{a}±0.11	463.33±136.50

หมายเหตุ : ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
abc ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษหนังสือพิมพ์รีไซเคิลผสมปอสา โดยการทดสอบ น้ำหนัก ความหนา และความต้านทานแรงฉีกขาดของกระดาษหนังสือพิมพ์ผสมปอสาทั้ง 4 สิ่งทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p \geq 0.05$) และในการทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุ พบว่าสิ่งทดลองที่ 4 มีค่าความต้านทานแรงดันทะลุมากที่สุด เท่ากับ 2.97±0.11 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื่องจากปริมาณเส้นใยยาวจากเยื่อปอสา ที่มีมากขึ้น และอัตราส่วนเยื่อกระดาษหนังสือพิมพ์ลดลง เมื่อนำมาทำการผลิต ทำให้สิ่งทดลองที่ 4 มีค่า

ความต้านทานแรงดันทะลุสูงที่สุด เนื่องจากกระดาษหนังสือพิมพ์ เป็นกระดาษที่มีส่วนผสมของเยื่อใยสั้น ซึ่งส่งผลให้กระดาษหนังสือพิมพ์ที่ผสมเยื่อปอสา ในอัตราส่วนที่สูงขึ้น มีค่าความต้านทานแรงดันทะลุลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ นงค์นุช กลิ่นพิกุล และคณะ [29] ศึกษาเรื่องการพัฒนากระดาษเหนียวแบบฟอกขาวประเภทผิวกล่องจากใบสัปปะรดที่เหมาะสมต่อการพิมพ์บรรจุภัณฑ์

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษพิมพ์เขียนรีไซเคิลผสมเยื่อปอสา

สิ่งทดลอง	อัตราส่วนเยื่อต่อปอสา	น้ำหนัก^{ns} (g)	ความหนา (mm)	ความต้านทานแรงดันทะลุ (kg/cm^2)	ความต้านทานแรงฉีกขาด (mN/m)
1	100:00	80.00±04	0.25^{ab}±0.10	1.2^{c}±0.06	463.33^{b}±50.33
2	80:20	80.00±.02	0.24^{ab}±0.07	1.6^{bc}±0.36	506.67^{ab}±20.82
3	60:40	77.16±.01	0.29^{a}±0.09	2.0^{ab}±0.17	530.00^{a}±20.82
4	50:50	77.27±.01	0.21^{b}±0.07	2.4^{a}±0.32	546.67^{a}±10.00

หมายเหตุ : ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
abc ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.2 พบว่าผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษพิมพ์เขียนรีไซเคิลผสมปอสา ในการทดสอบน้ำหนักของกระดาษพิมพ์เขียนผสมปอสาทั้ง 4 สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p \geq 0.05$) สำหรับสิ่งทดลองที่ 3 มีค่าความหนามากที่สุดอยู่ที่ 0.29 มิลลิเมตร ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเส้นใยขนาดเล็ก ที่มีอยู่ในสิ่งทดลองมากกว่าตัวอย่างอื่นๆ ซึ่งเกิดจากการปั่นเยื่อหรือการตักเยื่อที่มีน้ำผสมอยู่ จึงทำให้เกิดปริมาณเส้นใยขนาดเล็กในระบบเป็นจำนวนมากจึงส่งผลให้ความหนามีค่าสูงกว่าตัวอย่างอื่น ๆอย่างเห็นได้ชัด สอดคล้องกับงานวิจัยของ พิวัส สุขณียุทธ และคณะ[30] ทำการศึกษาผลของชนิดเส้นใยต่อสมบัติกระดาษ และสภาพพิมพ์พิมพ์ได้ ด้านความต้านทานแรงดันทะลุทั้ง 4 สิ่งทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 มีค่าความต้านทานแรงดันทะลุ อยู่ที่ 2.0±0.17 และ 2.4±0.32 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทั้งนี้เนื่องจากอัตราส่วนของเยื่อใยยาวที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อสมบัติต่างๆ ของสิ่งทดลองมีแนวโน้มที่แตกต่างกันในแต่ละด้าน สอดคล้องกับงานวิจัยของ พิวัส สุขณียุทธ และคณะ [30] ทำการศึกษาผลของชนิดเส้นใยต่อสมบัติกระดาษ และสภาพพิมพ์ได้ ด้านความต้านทานแรงฉีกขาดทั้ง 4 สิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 มีค่าความต้านทานแรงฉีกขาดอยู่ที่ 530.00±20.82 และ 546.67±10.00 มิลลินิวตันต่อเมตร ทั้งนี้เนื่องจากอัตราส่วนของเยื่อใยยาวที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อสมบัติต่างๆ ของสิ่งทดลองมีแนวโน้มที่แตกต่างกันในแต่ละด้าน เยื่อกระดาษมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณของเยื่อปอสาที่ใช้มากขึ้น แสดงว่าเยื่อปอสาจะมีความต้านทานแรงฉีกขาดที่ดีกว่าเยื่อกระดาษรีไซเคิล เพราะเส้นใยปอสามีความเหนียว และมีการยืดตัวได้มากกว่าเยื่อกระดาษรีไซเคิล ดังนั้นการผสมเยื่อปอสาจะช่วยเพิ่มความต้านทานแรงฉีกขาดได้ดีขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ วุฒินันท์ คงทัด

และคณะ[31] ทำการศึกษาเรื่องคุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษเส้นใยสับปะรดผสมสาที่ทำด้วยมือแบบไทยเพื่องานหัตถกรรม

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษคราฟท์รีไซเคิลผสมปอสา

สิ่งทดลอง	อัตราส่วนเยื่อต่อปอสา	น้ำหนัก^{ns} (g)	ความหนา^{ns} (mm)	ความต้านทานแรงดันทะลุ (kg/cm^2)	ความต้านทานแรงฉีกขาด (mN/m)
1	100:00	77.05±0.01	0.19±0.06	2.00^{b}±0.10	573.33^{a}±25.17
2	80:20	77.16±0.01	0.22±0.07	2.43^{ab}±0.25	573.33^{a}±32.15
3	60:40	76.62±0.00	0.20±0.07	2.40^{ab}±0.43	536.67^{ab}±11.55
4	50:50	76.62±0.00	0.24±0.08	2.87^{a}±0.20	490.00^{b}±36.06

หมายเหตุ : ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
abc ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

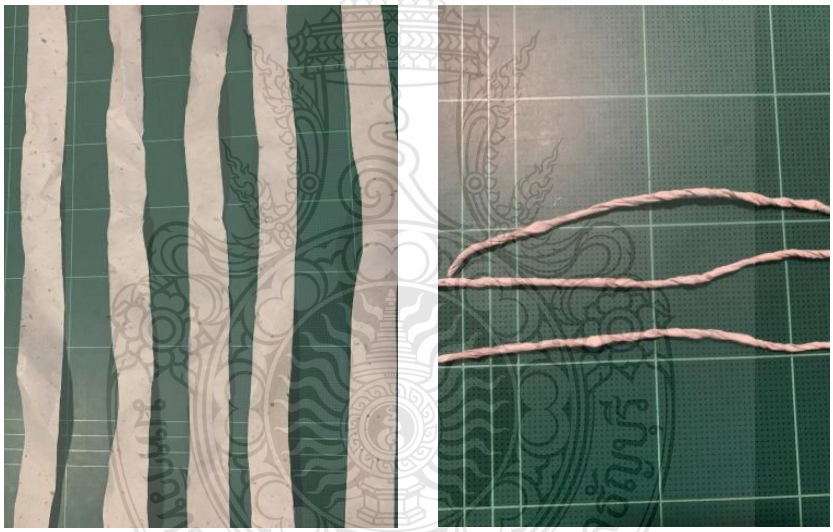
จากตารางที่ 4.3 พบว่าผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษคราฟท์รีไซเคิลผสมปอสาในการทดสอบน้ำหนัก และความหนาของทั้ง 4 สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p \geq 0.05$) ส่วนความต้านทานแรงดันทะลุ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p \geq 0.05$) ซึ่งพบว่าสิ่งทดลองที่ 2 3 และ 4 มีค่าความต้านทานแรงดันทะลุอยู่ที่ 2.43±0.25 2.40±0.43 และ 2.87±0.20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากอัตราส่วนของเยื่อใยยาวที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อสมบัติต่าง ๆ ของสิ่งทดลองมีแนวโน้มที่แตกต่างกันในแต่ละด้าน โดยสมบัติทางโครงสร้างความต้านทานแรงดันทะลุที่ปรากฏสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิวัส สุขณียุทธ [30] ทำการศึกษาผลของชนิดเส้นใยต่อสมบัติกระดาษ และสภาพพิมพ์ ด้านความต้านทานแรงฉีกขาดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p \geq 0.05$) ซึ่งสิ่งทดลองสิ่งทดลองที่ 1 2 และ 3 มีค่าความต้านทานแรงฉีกขาด อยู่ที่ 573.33±25.17 573.33±32.15 และ 536.67±11.55 มิลลินิวตันต่อเมตร ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเส้นใยขนาดเล็กที่อยู่ในสิ่งทดลองมีอยู่มากซึ่งเกิดจากการปั่นเยื่อ จึงทำให้เกิดปริมาณเส้นใยขนาดเล็กในระบบเป็นจำนวนมากจึงส่งผลให้ความต้านทานแรงฉีกขาด มีค่าสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ พิวัส สุขณียุทธ และคณะ [30] ทำการศึกษาผลของชนิดเส้นใยต่อสมบัติกระดาษ และสภาพพิมพ์ได้

จากการศึกษาเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพสำหรับใช้ในการวิเคราะห์คุณณสมบัติทางกายภาพกระดาษรีไซเคิลเพื่อผลิตเชือกสำหรับงานประดิษฐ์ประกอบด้วย น้ำหนัก ความหนา ความต้านทานแรงดันทะลุ และความต้านทานแรงฉีกขาด มีลักษณะ และสมบัติทางกายภาพร่วมกันทั้ง 4 ด้าน ผู้วิจัยจึงเลือกกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา 3 สิ่งทดลอง ประกอบด้วย กระดาษหนังสือพิมพ์ในอัตราส่วนที่ 50:50 กระดาษพิมพ์เขียนในอัตราส่วนที่ 60:40 และกระดาษคราฟท์ในอัตราส่วนที่ 60:40 เพื่อนำไปผลิตเชือกสำหรับใช้ในงานประดิษฐ์

4.2 การศึกษากระบวนการผลิตเชือกกระดาษและศึกษาสมบัติทางกายภาพของเชือกกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา

4.2.1 สร้างเชือกกระดาษจากกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา

การผลิตเชือกกระดาษจากกระดาษรีไซเคิล โดยนำกระดาษที่ได้จากการขึ้นรูปกระดาษที่มีพื้นที่ขนาด 69 x 97 ตารางเซนติเมตร มาตัดให้มีขนาด 3 x 97 ตารางเซนติเมตร (1 แผ่น 20 ชิ้น) โดยที่ทำการเข้าเกลียวด้วยมือ 10 เกลียว ต่อ 1 นิ้ว



(ก) (ข)

รูปที่ 4.1 การสร้างเชือกกระดาษ (ก) กระดาษผ่านการตัดโดยมีความยาว 3 x 97 เซนติเมตร และ (ข) กระดาษที่นำมาเข้าเกลียวด้วยมือ ที่มีจำนวน 10 เกลียวต่อ 1 นิ้ว

4.2.2 การทดสอบความต้านทานแรงดึงขาด

จากการทดสอบของกระดาษหนังสือพิมพ์รีไซเคิล กระดาษพิมพ์เขียน และกระดาษคราฟท์ ทั้ง 3 สิ่งทดลอง ทดสอบซ้ำสภาวะละ 3 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงขาดของเชือกกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา

สิ่งทดลอง	ชนิดของกระดาษ	อัตราส่วน	แรงดึงขาด
1	หนังสือพิมพ์	50 : 50	$10.57^{a}\pm 0.78$
2	กระดาษพิมพ์เขียน	60 : 40	$8.63^{b}\pm 0.51$
3	กระดาษคราฟท์	60 : 40	$11.53^{a}\pm 0.75$

หมายเหตุ : abc ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเชือกกระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษพิมพ์เขียน และกระดาษคราฟท์ ด้านความต้านทานแรงดึงขาดพบว่าสิ่งทดลองที่ 1 และ 3 มีค่าความต้านทานแรงดึงขาดอยู่ที่ 10.57 และ 11.53 นิวตัน ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติเชิงกลของความต้านทานแรงดึงขาดมีค่าสูงขึ้นตามสัดส่วนของเส้นใยยาวที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิวัส สุขณียุทธ และคณะ [30] ทำการศึกษาผลของชนิดเส้นใยต่อสมบัติกระดาษ และสภาพพิมพ์พิมพ์ได้

จากการศึกษาเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพสำหรับใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพเชือกกระดาษรีไซเคิลสำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ด้านความต้านทานแรงดึงขาดทั้ง 3 สิ่งทดลองพบว่าสิ่งทดลองซึ่งเป็นเชือกจากกระดาษหนังสือพิมพ์รีไซเคิลผสมปอสาในอัตราส่วน 50:50 มีลักษณะและสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงเลือกสิ่งทดลองดังกล่าว เพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เชือกสำหรับงานประดิษฐ์เพราะต้นทุนวัตถุดิบมีราคาแตกต่างกันค่อนข้างสูง กับสิ่งทดลองที่ 3 และการคลายตัวของเกลียวเชือกที่ช้ากว่า

4.3 การสร้างต้นแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา

4.3.1 สร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิล

การสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์จากเชือกกระดาษรีไซเคิล โดยกำหนดรูป และโครสร้างของเชือกกระดาษรีไซเคิลให้สัมพันธ์กับหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.2

(ก) (ข)

รูปที่ 4.2 จากการสร้างต้นแบบกระเป๋า (ก) กระเป๋าสานทรง TOTE และ (ข) กระเป๋าทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำ

เฉพาะก้น และตกแต่งเป็นกระเป๋าถือด้วยผ้า

4.4 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญต่อเชือกกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา

ผลการสำรวจความพึงพอใจของของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเชือกกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา โดยมีผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 5 คน และผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา โดยมีผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 100 คน ในเขตพื้นที่กรุงเทพ และปริมณฑลโดยแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน

4.4.1 การทดสอบความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญต่อเชือกกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา โดยมีผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 5 คน ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.5 ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานผู้เชี่ยวชาญ N = 5

ข้อมูลพื้นฐานของผู้เชี่ยวชาญ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1.1 เพศ		
ชาย	1	20.00
หญิง	4	80.00
รวมทั้งสิ้น	5	100.00
1.2 อายุ		
50 – 54 ปี	1	20.00
55 – 59 ปี	3	60.00
60 ปีขึ้นไป	1	20.00
รวมทั้งสิ้น	5	100.00
1.3 ระดับการศึกษา		
มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช.	0	0.00
ปวส. / อนุปริญญา	1	20.00
ปริญญาตรี	3	60.00
ปริญญาโท	1	20.00
ปริญญาเอก	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	5	100.00
1.4 รายได้		
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท	0	0.00
10,001 – 15,000 บาท	0	0.00
15,001 - 20,000 บาท	0	0.00
20,001 – 25,000 บาท	1	20.00
25,001 – 30,000 บาท	3	60.00
มีรายได้มากกว่า 30,000 บาท	1	20.00
รวมทั้งสิ้น	5	100.00

จากตารางที่ 4.5 ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ด้านอายุ พบว่า ผู้ชี่ยวชาญส่วนใหญ่มีอายุ 55 – 59 ปี จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ด้านระดับการศึกษา พบว่า ผู้ชี่ยวชาญส่วนใหญ่ศึกษาระดับปริญญาตรี

จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 60 และด้านรายได้ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่มีรายได้ 25,001 - 30,000 บาท จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 60

ตารางที่ 4.6 ความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญต่อเชือกกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา

รายการปะเมิน	$\bar{x}$ ± S.D.	การแปลความหมาย
1. ความสวยงามของเชือกกระดาษไซเคิล	4.40±0.24	มาก
2. ผิวสัมผัสของเชือกกระดาษรีไซเคิล	4.40±0.24	มาก
3. หน้าที่การใช้งานของเชือกกระดาษรีไซเคิล	4.60±0.28	มาก
4.การถักสานของเชือกกระดาษรีไซเคิล	4.20±0.20	มาก
5.สีของเชือกกระดาษรีไซเคิล	4.20±0.28	มาก
6. ความแข็งแรงของเชือกกระดาษรีไซเคิล	4.20±0.20	มาก
7. ใช้งานได้จริงของเชือกรีกระดาษไซเคิล	4.40±0.28	มาก
8. ความพึงพอใจโดยรวม	4.40±0.28	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.35±0.04	มาก

จากตารางที่ 4.6 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษหนังสือพิมพ์รีไซเคิล จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน มีความพึงพอใจในระดับมากทุกรายการ ความสวยงามของเชือกกระดาษรีไซเคิลได้รับความพึงพอใจมาก คะแนนเฉลี่ยรวม 4.40±0.24 ผิวสัมผัสของของเชือกกระดาษรีไซเคิลได้รับความพึงพอใจมาก คะแนนเฉลี่ยรวม 4.40±0.24 . หน้าที่การใช้งานของเชือกกระดาษรีไซเคิลได้รับความพึงพอใจมาก คะแนนเฉลี่ยรวม 4.60±0.28 การถักสานของเชือกกระดาษรีไซเคิล ได้รับความพึงพอใจมาก คะแนนเฉลี่ยรวม 4.20±0.20 .สีของเชือกกระดาษรีไซเคิล ได้รับความพึงพอใจมาก คะแนนเฉลี่ยรวม 4.20±0.28 และความแข็งแรงของเชือกกระดาษรีไซเคิล ได้รับความพึงพอใจมาก คะแนนเฉลี่ยรวม 4.20±0.20 ใช้งานได้จริงของเชือกรีกระดาษได้รับความพึงพอใจมาก คะแนนเฉลี่ยรวม 4.40±0.28 และความพึงพอใจโดยรวมได้รับความพึงพอใจมาก คะแนนเฉลี่ยรวม 4.40±0.28

4.4.2 การทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา โดยมีผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 100 คน ดังแสดงในตารางที่ 4.7 – 4.8

ตารางที่ 4.7 ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานผู้บริโภค N = 5

ข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภค	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1.1 เพศ		
ชาย	40	40.00
หญิง	60	60.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
1.2 อายุ		
20 – 29 ปี	5	5.00
30 – 39 ปี	16	16.00
40 – 49 ปี	8	8.00
50 – 59 ปี	22	22.00
60 ปีขึ้นไป	49	49.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
1.3 ระดับการศึกษา		
มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช.	34	34.00
ปวส. / อนุปริญญา	5	5.00
ปริญญาตรี	53	53.00
ปริญญาโท	8	8.00
ปริญญาเอก	0	0.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00
1.4 อาชีพ		
นักเรียน/นักศึกษา	2	2.00
รับราชการ พนักงาน ลูกจ้างของรัฐ/ พนักงานรัฐวิสาหกิจ	27	27.00
พนักงาน/ลูกจ้างเอกชน	24	24.00
ธุรกิจส่วนตัว/ประกอบอาชีพอิสระ	47	47.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00

ตารางที่ 4.7 ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานผู้บริโภค (ต่อ) N = 5

ข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภค	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1.5 รายได้		
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท	6	6.00
10,001 – 15,000 บาท	7	7.00
15,001 - 20,000 บาท	11	11.00
20,001 – 25,000 บาท	16	16.00
25,001 – 30,000 บาท	15	15.00
มีรายได้มากกว่า 30,000 บาท	45	45.00
รวมทั้งสิ้น	100	100.00

จากตารางที่ 4.7 ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 60 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ด้านอายุ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 49 คน คิดเป็นร้อยละ 49 ด้านระดับการศึกษา ผู้บริโภคส่วนใหญ่ศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 53 คน คิดเป็นร้อยละ 53 ด้านอาชีพ ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอาชีพธุรกิจส่วนตัว/ประกอบอาชีพอิสระ จำนวน 47 คน คิดเป็นร้อยละ 47 และด้านรายได้ ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีรายได้มากกว่า 30,000 บาท จำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 45

ตารางที่ 4.8 ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา

รายการปะเมิน	$\bar{X}$ ± S.D.	การแปลความหมาย
1. ความสวยงามของผลิตภัณฑ์	4.00±0.22	มาก
2. ผิวสัมผัสของผลิตภัณฑ์	3.87±0.22	มาก
3. หน้าที่การใช้งานของผลิตภัณฑ์	3.93±0.22	มาก
4. ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์	4.04±0.20	มาก
5. ใช้งานได้จริง	4.12±0.19	มาก
6. ความพึงพอใจโดยรวม	4.15±0.20	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.02±0.01	มาก

จากตารางที่ 4.8 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษหนังสือพิมพ์รีไซเคิล จากผู้บริโภค จำนวน 100 คน พบว่า ความพึงพอใจโดยรวม ได้รับความพึงพอใจมาก คะแนนเฉลี่ยรวม 4.15±0.20 ใช้งานได้จริง ได้รับความพึงพอใจมาก คะแนนเฉลี่ยรวม 4.12±0.19 ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ ได้รับความพึงพอใจมาก คะแนนเฉลี่ยรวม 4.04±0.20 ความสวยงามของผลิตภัณฑ์ ได้รับความพึงพอใจมาก คะแนนเฉลี่ยรวม 4.00±0.22 หน้าที่การใช้งานของผลิตภัณฑ์ ได้รับความพึงพอใจมาก คะแนนเฉลี่ยรวม 3.93±0.22 และผิวสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ได้รับความพึงพอใจมาก คะแนนเฉลี่ยรวม 3.87±0.22

บทที่5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนากระดาษรีไซเคิลเพื่อผลิตเชือกสำหรับงานประดิษฐ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษจากเยื่อรีไซเคิลผสมเยื่อปอสา และทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษรีไซเคิล ศึกษากระบวนการผลิตเชือกกระดาษรีไซเคิล และทดสอบสมบัติทางกายภาพของเชือกจากกระดาษรีไซเคิล สำรวจความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเชือกจากกระดาษรีไซเคิล และสำรวจความพึงใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิลสำหรับงานประดิษฐ์ ซึ่งสรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษจากกระดาษรีไซเคิล และทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษรีไซเคิล

จากการศึกษาอัตราส่วนกระดาษรีไซเคิลเพื่อผลิตเชือกสำหรับงานประดิษฐ์ โดยปัจจัยนี้ทำการศึกษา มี 2 ปัจจัย คือ หาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษพิมพ์เขียน และกระดาษคราฟท์ ของเยื่อกระดาษต่อปอสา โดยแปรเป็น 4 ระดับ คือ 100:0 80 20 60:40 และ 50:50 ตามลำดับ เพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองที่ดีที่สุดของแต่ละกระดาษมาปั่นเป็นเชือกกระดาษรีไซเคิล วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จะได้สิ่งทดลองทั้งหมด 12 สิ่งทดลองโดยแบ่งเป็นกระดาษหนังสือพิมพ์ 4 สิ่งทดลอง กระดาษพิมพ์เขียน 4 สิ่งทดลอง และกระดาษคราฟท์ 4 สิ่งทดลอง โดยคัดเลือกจาก น้ำหนักมาตรฐาน ค่าความหนามากที่สุด ค่าความต้านทานแรงดันทะลุมากที่สุด และค่าความต้านทานแรงฉีกขาดมากที่สุด กระดาษหนังสือพิมพ์ผสมปอสา ด้านน้ำหนัก ความหนา และความต้านทานแรงฉีกขาดของกระดาษหนังสือพิมพ์ผสมปอสาทั้ง 4 สิ่งทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p \geq 0.05$) และด้านความต้านทานแรงดันทะลุ พบว่าสิ่งทดลองที่ 4 มีค่าความต้านทานแรงดันทะลุมากที่สุดอยู่ที่ 2.97±0.11 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร กระดาษพิมพ์เขียนผสมปอสา ด้านน้ำหนักทั้ง 4 สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p \geq 0.05$) ด้านความหนาสิ่งทดลองที่ 3 มีค่าความหนามากที่สุดอยู่ที่ 0.29 มิลลิเมตร ด้านความต้านทานแรงดันทะลุ ของสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 มีค่าความต้านทานแรงดันทะลุ อยู่ที่ 2.0±0.17 และ 2.4±0.32 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ด้านความต้านทานแรงฉีกขาดสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 มีค่าความต้านทานแรงฉีกขาดอยู่ที่ 530.00±20.82 และ 546.67±10.00 มิลลินิวตันต่อเมตร และกระดาษคราฟท์รีไซเคิลผสมปอสา ความต้านทานแรงดันทะลุสิ่งทดลองที่ 2 3 และ 4 มีค่าความต้านทานแรงดันทะลุอยู่ที่ 2.43±0.25 2.40±0.43 และ 2.87±0.20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ด้านความต้านทานแรงฉีกขาดของทดลองที่ 1 2และ 3 มีค่าความต้านทานแรงฉีกขาด อยู่ที่ 573.33±25.17 573.33±32.15 และ 536.67±11.55 มิลลินิวตันต่อเมตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตาม

สมมติฐาน ที่ตั้งไว้คือ ปริมานเยื่อกระดาษรีไซเคิลกับเยื่อปอสาที่แตกต่างกัน มีผลต่อการผลิต และคุณภาพของกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา

จากการศึกษาการพัฒนากระดาษรีไซเคิลเพื่อผลิตเชือกสำหรับงานประดิษฐ์ โดยเลือกจากสิ่งทดลองที่ 4 ของกระดาษหนังสือพิมพ์โดย น้ำหนัก ความหนา ความต้านทานแรงดันทะลุ และความต้านทานแรงฉีกขาด มีลักษณะ และสมบัติทางกายภาพร่วมกันทั้ง 4 ด้าน ผู้วิจัยจึงเลือกกระดาษรีไซเคิลผสมปอสา 3 สิ่งทดลอง ประกอบด้วย กระดาษหนังสือพิมพ์ในอัตราส่วนที่ 50:50 กระดาษพิมพ์เขียนในอัตราส่วนที่ 60:40 และกระดาษคราฟท์ในอัตราส่วนที่ 60:40 เพื่อนำไปผลิตเชือกสำหรับใช้ในงานประดิษฐ์

5.1.2 ผลการศึกษากระบวนการผลิตเชือกกระดาษรีไซเคิล และทดสอบสมบัติทางกายภาพของเชือกจากกระดาษรีไซเคิล

จากการศึกษากระบวนการผลิตเชือกกระดาษรีไซเคิล ทั้ง 3 สิ่งทดลองโดยทำการเข้าเกลียว 10 เกลียว ต่อ 1 นิ้ว แล้วนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพด้านความต้านทานแรงดึงขาด โดยสิ่งทดลองที่ 1 และ 3 มีค่าความต้านทานแรงดึงขาดอยู่ที่ 10.57 และ 11.53 นิวตัน ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน ที่ตั้งไว้คือ จำนวนรอบเกลียวไม่ต่างกันจะทำให้มีคุณภาพที่แตกต่างกัน จากนั้นเลือกสิ่งทดลองที่ 1 เพื่อนำไปสำรวจความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ และสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบเพื่อนำไปสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภค

5.1.3 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเชือกกระดาษรีไซเคิล และผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิล

5.1.3.1 จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเชือกกระดาษรีไซเคิล จำนวน 5 คน มีความพึงพอใจต่อเชือกกระดาษรีไซเคิล ด้านความสวยงามของเชือกกระดาษไซเคิล ด้านผิวสัมผัสของเชือกกระดาษรีไซเคิล ด้านหน้าที่การใช้งานของเชือกกระดาษรีไซเคิล ด้านการถักสานของเชือกกระดาษรีไซเคิล ด้านสีของเชือกกระดาษรีไซเคิล ด้านความแข็งแรงของเชือกกระดาษรีไซเคิล ด้านใช้งานได้จริงของเชือกรีกระดาษไซเคิล และความพึงพอใจโดยรวม อยู่ในระดับมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเชือกกระดาษรีไซเคิลอยู่ในระดับมาก

5.1.3.2 จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิล จำนวน 100 คน มีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิล ด้านความสวยงามของผลิตภัณฑ์ ด้านผิวสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้านหน้าที่การใช้งานของผลิตภัณฑ์ ด้านใช้งานได้จริง และความพึงพอใจโดยรวม อยู่ในระดับมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิลอยู่ในระดับมาก

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งนี้

5.2.1.1 การขึ้นรูปด้วยกรองกรวยบุชเนอร์อาจทำให้พื้นผิวของกระดาษมีความเรียบเนียนไม่สม่ำเสมอกันอาจส่งผลต่อค่าความหนาขอกระดาษ ควรมีลูกกลิ้งเป็นตัวช่วยในการที่จะทำให้กระดาษมีความเรียบเนียนอย่างสม่ำเสมอ ได้มากขึ้น

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

5.2.2.1 อาจเพิ่มการเติมสีเข้าไปในการทำเชือกกระดาษเพื่อให้เกิดความแปลกใหม่

บรรณานุกรม

[1] *สถานการณ์ปัญหาขยะในประเทศไทย(ออนไลน์)*, 2561, สืบค้นได้จาก: https://www.schoolofchangemakers.com/knowledge/1167, (19 สิงหาคม 2562).

[2] ณิชาภา มินาบูลย์, สนธยา กงกองแก้ว, และวรัญญู เหลาโชติ, "การประยุกต์ใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ที่ใช้แล้วแทนที่ทรายเพื่อลดการแตกร้าวจากการหดตัวของปูนฉาบ,"รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชมงคลรัตนโกสินทร์, กรุงเทพมหานคร, 2559.

[3] เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรัวษี, "การนำกระดาษหนังสือพิมพ์ผสมยางธรรมชาติทำผลิตภัณฑ์ยางใหม่" *วารสารFor Quality*, ปีที่ 15, ฉบับที่ 131, นน. 132 - 136, 2551.

[4] หอสมุดแห่งชาติเฉลิมพระเกียรติ์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิจต์พระบรมราชินีนาถนครพนม *"ตำนานกระดาษ," (ออนไลน์)* , มปป. สืบค้นได้จาก : http://www.finearts.go.th/nakhonphanomlibrary/parameters/km/item/ ตำนานกระดาษ (22 สิงหาคม 2562).

[5] *การจำแนกและการจัดกลุ่มอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ (ออนไลน์)*, ม.ป.ป, สืบค้นได้จาก : http://www2.dede.go.th/kmberc/datacenter/page/paper.html (19 มกราคม2562).

[6] ปิยาภรณ์ วังศิริกุล นูรมี และปานา ซัมมีรา โซ๊ะโก, สาลูมา สมานหมาน, และรวิวรรณ วัฒนายน, "การปรับสภาพกระดาษสำนักงานและกระดาษหนังสือพิมพ์โดยวิธีทางเคมีและกายภาพร่วมกับเคมี," *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, ปีที่ 9, ฉบับที่ 2, นน 113 - 121, 2560.

[7] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, เอกสารเผยแพร่อุตสาหกรรมน่ารู้ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ กระดาษ และสิ่งพิมพ์, กระทรวงอุตสาหกรรม,กรุงเทพมหานคร, ม.ป.ป.

[8] *ประวัติความเป็นมาของกระดาษสา (ออนไลน์)*, ม.ป.ป, สืบค้นได้จาก : http://www.lannaway.com/home/post/ประวัติกระดาษสา/lwh032-2/, (23 สิงหาคม 2562).

[9] อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย, และคณะ, "การบริหารจัดการขยะและเทคโนโลยีที่เหมาะสมโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน," รายงานผลงานวิจัย, โครงการพัฒนาและส่งเสริมความร่วมมือเครือข่ายนักวิจัยสิ่งแวดล้อม, ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม, กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. , ม.ป.ป.

[10] บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์, "ปอสา : วัตถุดิบหลักของอุตสาหกรรมกระดาษสา," *เอกสารประกอบการ-อบรมเชิงปฏิบัติการ,* คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2545.

[11] บุญศรี คู่สุขธรรม, และมนูญ จิตต์ใจฉ่ำ, "การผลิตเส้นด้ายจากเส้นใยปอสา," รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ, กรุงเทพมหานคร, 2556.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[12] พรชัย บุญญิกา, “การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์,” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2559.

[13] บรรพต เตกะจรินทร์, “เทคโนโลยีสิ่งทอ,”.*เอกสารวิชาการ, ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ*, สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร, 2539.

[14] ชัยพร สกุลเหลืองอร่าม, “ภูมิปัญญาศิลปหัตถกรรมกระดาษสา: กรณีศึกษาหัตถกรรกระดาษสาบ้านต้นเปา อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่,” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาศิลปศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร, 2556.

[15] พรศิริ หลงหนองคูณ, “การพัฒนาเส้นด้ายผสมปั่นมือจากเส้นใยใบอ้อยและเส้นใยฝ้าย,” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2560.

[16] *วัสดุเครื่องมือทำการประมง (ออนไลน์)*, ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก: http://www.fishtech.mju.ac.th/e-learning/FM416/document/เครื่องมือทำการประมง_web.pdf, (10 สิงหาคม 2562).

[17] ธัญญธร อินทร์ท่าฉาง, “การศึกษาผลของคุณภาพเยื่อกระดาษเส้นใยพืชที่มีผลต่อระบบการพิมพ์พื้นทะลุเพื่องานบบรรจุภัณฑ์,” คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพมหานคร, 2554.

[18] *สมบัติของกระดาษ(2), Double A Thailand (ออนไลน์)*, ม.ป.ป., สืบค้นได้จาก : http://www.doubleapaper.com/th/assets/media/paperknowledge_properties 2.pdf, (25 สิงหาคม 2562).

[19] สุวัฒน์ สิงห์เทพ, “การพัฒนาเชือกผักบุ้งสำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์,” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2557.

[20] พจนานุกรรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน, “ความพึงพอใจ”, ในพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2546 กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์นามมีบุ๊คส์, 2542.

[21] สายจิตร สุขสงวน, “พฤติกรรมและความพึงพอใจในการใช้บริการหอสมุดกองทัพอากาศของข้าราชการทหารอากาศ,” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2546.

22] สุภา จุฬคุปต์ และคณะ, “การพัฒนาการผลิตกระดาษเชิงหัตถกรรมจากใยมะพร้าว,” รายงานการวิจัย, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, กรุงเทพมหานคร, 2552.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[23] สุภาลักษณ์ ชัยอนันต์, “ความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อโครงการส่งเสริมการปลูกมะเขือแบบมีสัญญาผูกพันในจังหวัดลำปาง,” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาส่งเสริมการเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2540.

[24] อรรถพร คำคม, “การให้บริการสินเชื่อของธนาคารอาคารสงเคราะห์: ศึกษาจากความคิดเห็นของผู้ใช้บริการฝ่ายกิจการสาขากรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑล,” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2546.

[25] เทพพนม เมืองเมน และสวิง สุวรรณ,“พฤติกรรมองค์กร,” พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ไทยวัฒนพานิช, 2540.

[26] กาญจนา อรุณสุขรุจี, “ความพึงพอใจของสมาชิกสหกรณ์ต่อการดำเนินงานของสหกรณ์การเกษตรไชยปราการ จำกัด อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่,” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2546.

[27] อุทัยพรรณ สุดใจ, “ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการที่มีต่อการให้บริการขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยจังหวัดชลบุรี,” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาสังคมวิทยาประยุกต์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2544.

[28] บุญชม ศรีสะอาด, *การวิจัยเบื้องต้น,* พิมพ์ครั้งที่ 7 , กรุงเทพมหานคร : สุวีริยาสาสน์, 2545.

[29] นงค์นุช กลิ่นกุล และคณะ, “การพัฒนากระดาษเหนียวแบบฟอกขาวประเภทผิวกล่องจากใบสับปะรดที่เหมาะสมต่อการพิมพ์บรรณจุภัณฑ์,” รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ, กรุงเทพมหานคร, 2558.

[30] พิวัส สุขณียุทธ สมพร ชัยอารีย์กิจ และ กุนทินีสุวรรณกิจ, “ผลของชนิดเส้นใยต่อสมบัติกระดาษและสภาพพิมพ์ได้,” รายงานการวิจัย, คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, ม.ป.ป.

[31] วุฒินันท์ คงทัด ชัยพร สามพุ่มพวง สาริมา สุนทรารชุน, “คุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาษเส้นใยสับปะรดผสมสาที่ทำด้วยมือแบบไทยเพื่องานหัตถกรรม,” ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร*, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550, นน. 385 – 391.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เอกสารตอบรับการเผยแพร่ผลงาน

ที่ อว ๐๖๔๕.๑๓/๑๗๘

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
เลขที่ ๑ ถนนอู่ทองนอก แขวงดุสิต
เขตดุสิต กรุงเทพฯ ๑๐๓๐๐

๖ มีนาคม ๒๕๖๓

เรื่อง แจ้งผลการพิจารณาบทความวิจัย

เรียน นายกฤษณะ โพธิเวส

ตามที่ท่านได้ส่งบทความวิจัย เรื่อง **“การพัฒนากระดาษรีไซเคิลเพื่อผลิตเชือกสำหรับงานประดิษฐ์”** เพื่อรับการพิจารณาให้นำเสนอในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ ๑๑ “GLOBAL GOALS, LOCAL ACTIONS: LOOKING BACK AND MOVING FORWARD ๒๐๒๐” นั้น

ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ขอเรียนให้ทราบว่า บทความวิจัยของท่านได้รับพิจารณาให้นำเสนอในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ ๑๑ “GLOBAL GOALS, LOCAL ACTIONS: LOOKING BACK AND MOVING FORWARD ๒๐๒๐” วันที่ ๒๗ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๓ ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงสมร รุ่งสวรรค์โพธิ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. ๐-๒๑๖๐-๑๑๗๔
โทรสาร. ๐-๒๑๖๐-๑๑๗๗

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามความพึงพอใจ

แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ

เรื่อง การพัฒนากระดาษรีไซเคิลเพื่อผลิตเชือกสำหรับงานประดิษฐ์

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

ด้วยนายกฤษณะ โพธิเวส นักศึกษาปริญญาโท คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้ทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อ “เรื่อง การพัฒนากระดาษรีไซเคิลเพื่อผลิตเชือกสำหรับงานประดิษฐ์ ซึ่งมีความประสงค์ขอความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามให้มีความสมบูรณ์ของข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบ จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง นำไปใช้เป็นแนวทางการะพัฒนากระดาษรีไซเคิลเพื่อผลิตเชือกสำหรับงานงานประดิษฐ์ และข้อมูลนี้ใช้ประกอบการศึกษาในวิทยานิพนธ์เท่านั้น

คำชี้แจง

แบบสอบถามความพึงพอใจ เพื่อประกอบการตัดสินใจและการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเชือกจากกระดาษรีไซเคิล โดยแบบสอบถามฉบับนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 การให้คะแนนความพังพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเชือกกระดาษรีไซเคิลทั้งนี้ ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้มาแปรผลในภาพรวม โดยคำตอบทุกคำตอบของท่านจะได้รับการเก็บรักษาเป็นความลับและจะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อตัวท่านหรือหน่วยงานของท่านเพราะข้อมูลจะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์เท่านั้น

ผู้ดำเนินการวิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลในช่องว่าง และใส่เครื่องหมาย √ ในช่องที่กำหนดไว้

1.1 เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

1.2 ช่วงอายุ ☐ 50 – 54 ปี ☐ 50 – 59 ปี
☐ 60 ปีขึ้นไป

1.3 ระดับการศึกษา ☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. ☐ ปวส./อนุปริญญา
☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท
☐ ปริญญาเอก

1.4 อาชีพ ☐ นักเรียน/นักศึกษา
☐ รับราชการ พนักงาน ลูกจ้างของรัฐ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ
☐ พนักงาน/ลูกจ้างเอกชน
☐ ธุรกิจส่วนตัว/ประกอบอาชีพอิสระ

1.5 รายได้ ☐ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท
☐ 10,001 – 15,000 บาท
☐ 15,001 – 20,000 บาท
☐ 20,001 – 25,000 บาท
☐ 25,001 – 30,000 บาท
☐ มีรายได้สูงกว่า 30,000 บาท

ส่วนที่ 2 การให้คะแนนความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญต่อผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์จากเชือกกระดาษรีไซเคิล

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลลงในช่องว่างและใส่เครื่องหมาย √ ในช่องที่กำหนดไว้ เกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rating scale แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ

5 คะแนนหมายถึง พึงพอใจมากที่สุด 4 คะแนนหมายถึง พึงพอใจมาก

3 คะแนนหมายถึง พึงพอใจระดับปานกลาง 2 คะแนนหมายถึง พึงพอใจน้อย

1 คะแนนหมายถึง พอใจน้อยที่สุด

ลักษณะของผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์จากเชือกกระดาษรีไซเคิล	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. ความสวยงามของเชือกกระดาษรีไซเคิล					
2. ผิวสัมผัสของเชือกกระดาษรีไซเคิล					
3. หน้าที่การใช้งานของเชือกกระดาษรีไซเคิล					
4. ความแข็งแรงของเชือกกระดาษรีไซเคิล					
5.การถักสานของเชือกกระดาษรีไซเคิล					
6. ความแข็งแรงของเชือกกระดาษรีไซเคิล					
7. ใช้งานได้จริงของเชือกรีกระดาษไซเคิล					
8. ความพึงพอใจโดยรวม					

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ (ถ้ามี)

.....

.....

.....

.....

แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภค

เรื่อง การพัฒนากระดาษรีไซเคิลสำหรับผลิตภัณฑ์เชือกงานประดิษฐ์

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

ด้วยนายกฤษณะ โพธิเวส นักศึกษาปริญญาโท คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้ทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อ “เรื่อง การพัฒนากระดาษรีไซเคิลเพื่อผลิตเชือกสำหรับงานประดิษฐ์ ซึ่งมีความประสงค์ขอความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามให้มีความสมบูรณ์ของข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบ จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง นำไปใช้เป็นแนวทางการะพัฒนากระดาษรีไซเคิลเพื่อผลิตเชือกสำหรับงานงานประดิษฐ์ และข้อมูลนี้ใช้ประกอบการศึกษาในวิทยานิพนธ์เท่านั้น

คำชี้แจง

แบบสอบถามความพึงพอใจ เพื่อประกอบการตัดสินใจและการให้คะแนนของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เชือกจากกระดาษรีไซเคิล โดยแบบสอบถามฉบับนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 การให้คะแนนความพังพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์จากเชือกกระดาษรีไซเคิล ทั้งนี้ ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้มาแปรผลในภาพรวม โดยคำตอบทุกคำตอบของท่านจะได้รับการเก็บรักษาเป็นความลับ และจะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อตัวท่านหรือหน่วยงานของท่านเพราะข้อมูลจะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์เท่านั้น

ผู้ดำเนินการวิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลในช่องว่าง และใส่เครื่องหมาย √ ในช่องที่กำหนดไว้

1.1 เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

1.2 ช่วงอายุ ☐ 20 – 29 ปี ☐ 30 – 39 ปี
☐ 40 – 49 ปี ☐ 50 – 59 ปี
☐ 60 ปีขึ้นไป

1.3 ระดับการศึกษา ☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. ☐ ปวส./อนุปริญญา
☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท
☐ ปริญญาเอก

1.4 อาชีพ ☐ นักเรียน/นักศึกษา
☐ รับราชการ พนักงาน ลูกจ้างของรัฐ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ
☐ พนักงาน/ลูกจ้างเอกชน
☐ ธุรกิจส่วนตัว/ประกอบอาชีพอิสระ

1.5 รายได้ ☐ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท
☐ 10,001 – 15,000 บาท
☐ 15,001 – 20,000 บาท
☐ 20,001 – 25,000 บาท
☐ 25,001 – 30,000 บาท
☐ มีรายได้สูงกว่า 30,000 บาท

ส่วนที่ 2 การให้คะแนนความพึงพอใจของผู้เบริโภคต่อผลิตภัณฑ์เชือกกระดาษรีไซเคิล

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลลงในช่องว่างและใส่เครื่องหมาย √ ในช่องที่กำหนดไว้ เกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rating scale แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ

5 คะแนนหมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
4 คะแนนหมายถึง พึงพอใจมาก
3 คะแนนหมายถึง พึงพอใจระดับปานกลาง
2 คะแนนหมายถึง พึงพอใจน้อย
1 คะแนนหมายถึง พอใจน้อยที่สุด

ลักษณะของผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์จากเชือกกระดาษรีไซเคิล	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. ความสวยงามของผลิตภัณฑ์					
2. ผิวสัมผัสของของผลิตภัณฑ์					
3. หน้าที่การใช้งานของของผลิตภัณฑ์					
4. ความแข็งแรงของของผลิตภัณฑ์					
5. ใช้งานได้จริงของของผลิตภัณฑ์					
6. ความพึงพอใจโดยรวม					

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ (ถ้ามี)

.....

.....

.....

.....

ประวัติผู้เขียน

ประวัติผู้เขียน	นายกฤษณะ โพธิเวส
วัน เดือน ปี	14 สิงหาคม พ.ศ.2535
ที่อยู่	50 หมู่ 1 ตำบล คลองหก อำเภอ คลองหลวง จังหวัดปทุมธานี
การศึกษา	ปริญญาคหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีประดิษฐ์สร้างสรรค์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประสบการณ์การทำงาน	-
เบอร์โทร	063 – 864 - 3999
อีเมลล์	kritsana_p@mail.rmutt.ac.th