การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์

WATER REPELLENT FINISHING OF PAPER FROM JOINTVETCH BARK FOR CRAFT PRODUCTS

พรชัย บุญญิกา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์

พรชัย บุญญิกา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์
	Water Repellent Finishing of Paper from Jointvetch Bark for Craft Products
ชื่อ-นามสกุล	นายพรชัย บุญญิกา
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุภา จุฬคุปต์, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์สุทัศนีย์ บุญโญภาส, M.A.
ปีการศึกษา	2559

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีกาญจนา จตุพัฒน์วโรดม, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์สุทัศนีย์ บุญโญภาส, M.A.)

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

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(อาจารย์จีรวัฒน์ เหรียญอารีย์, คศ.ม.)
วันที่ 25 เดือน เมษายน พ.ศ. 2560

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์
ชื่อ-นามสกุล นายพรชัย บุญญิกา
สาขาวิชา เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุภา จุฬคุปต์, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์สุทัศนีย์ บุญโญภาส, M.A.
ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ 2) ทดลองผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ 3) ทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ และ 4) สำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

ทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 15 และ 20 ใช้ระยะเวลาในการต้ม 2 และ 3 ชั่วโมงแล้วคัดเลือกสิ่งทดลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุดเพื่อนำไปผลิตเป็นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำที่ปริมาณสารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ร้อยละ 3 4 และ 5 ของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำแล้วนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพได้แก่ น้ำหนักมาตรฐานความหนา ความต้านแรงดันทะลุความต้านแรงฉีกขาด และทดสอบความสะท้อนน้ำ เพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองที่มีสมบัติทางกายภาพและมีความสะท้อนน้ำดีที่สุด นำไปผลิตเป็นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำและดำเนินการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภค โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่ผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์จำนวน 20 คน และผู้บริโภคจำนวน 100 คน

ผลการวิจัยพบว่า ที่อัตราส่วนของสารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ร้อยละ 3 มีความเหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำมากที่สุด โดยมีน้ำหนักมาตรฐาน 145 กรัม/ตารางเมตร ความหนา 0.412 มิลลิเมตร ค่าความต้านแรงดันทะลุ 76.7 กิโลพาสคัล ค่าความต้านแรงฉีกขาด 1,161 มิลลินิวตัน และมีผลการทดสอบความสะท้อนน้ำอยู่ในระดับ 80 คือผิวด้านหน้าเปียกเฉพาะบริเวณที่ถูกพ่น จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคทั้ง 2 กลุ่มคือ ผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์และผู้บริโภคให้ความพึงพอใจต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยรวม 4.41 และ 4.48 ตามลำดับ

คำสำคัญ : กระดาษ โสนหางไก่ ความสะท้อนน้ำ ผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์

Thesis Title	Water Repellent Finishing of Paper from Jointvetch Bark for Craft Products
Name – Surname	Mr. Pornchai Boonyika
Program	Home Economics Technology
Thesis Advisor	Mrs. Supa Chulacupt, Ph.D.
Thesis Co-Advisor	Associate Professor Sutusanee Boonyobhas, M.A.
Academic Year	2016

ABSTRACT

This research was aimed to 1) experiment to find the suitable condition for boiling jointvech bark, 2) experiment to produce water repellent finish of paper from jointvech bark, 3) test the physical properties of the paper, and 4) survey the consumer's satisfaction of the paper.

To find the most suitable condition for boiling, jointvetch bark with 10%, 15% and 20% of sodium hydroxide were boiled for two and three hours. The water repellent finishing of paper from jointvetch bark was then produced with the quantity of the water repellent substance Starguard FCS of 3%, 4% and 5%. The end products were tested for their physical properties: standard weight, thickness, bursting strength, tearing strength and water repellence. Paper from jointvetch bark with the best physical properties and water repellence was then produced. A survey of the consumer's satisfaction was carried out by asking two groups of people: 20 of those with experience in craft work and other 100 consumers.

It was found that the ratio of the water repellent substance Starguard FCS of 3% was most suitable for producing water repellent finishing of paper from jointvetch bark: having the standard weight of 145 gm./sqm., thickness of 0.412 mm., bursting strength of 76.7 kPa, tearing strength of 1,161 mN and water repellence at the level of 80 i.e. 80 wetting of upper surface at spray points. Concerning the consumer's satisfaction, the satisfaction of the two groups: those with experience in craft work and other consumers, was at the high level with the average values of 4.41 and 4.48, respectively.

Keywords: paper, jointvetch, water repellence, craft products

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ดร.สุภา จุฬคุปต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์สุทัศนีย์ บุญโญภาส อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งมีส่วนช่วยผลักดันให้ผู้วิจัยได้มีหัวข้อในการจัดทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงการสนับสนุนข้อมูลต่าง ๆ และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินงาน โดยเฉพาะทิศทางและแนวทางการเรียบเรียงเนื้อหาตลอดจนทักษะการเขียนและการใช้ภาษาได้อย่างถูกต้อง เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีกาญจนา จตุพัฒน์วโรดม ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางและคำแนะนำ ตลอดจนข้อสงสัยต่าง ๆ ให้กับผู้วิจัย ทั้งนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวัลภ์ อุปฉัมภานนท์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร ชลสาคร เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ให้ความรู้ในเรื่องการวางแผนงานวิจัย การวิเคราะห์ผลการวิจัย และการเขียนผลการวิจัยให้มีความถูกต้องชัดเจนตรงตามหลักการและเหตุผล และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่บริหารงานประจำหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่ช่วยประสานงานอำนวยความสะดวกในทุกขั้นตอนของการจัดทำวิทยานิพนธ์ด้วยความเต็มใจตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณคุณเสถียร งอกศิลป์ ผู้จัดการโรงงาน คุณวันชาติ สังข์ทอง ผู้จัดการฝ่ายผลิต และพนักงานโรงงานบริษัทอุตสาหกรรมกระดาษซินกวงฮั้ว (ประเทศไทย) จำกัด ทุก ๆ ท่าน ที่เมตตาเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดลองผลิตกระดาษ ตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และเป็นผู้สนับสนุนควบคุมคุณภาพการผลิตกระดาษในทุกขั้นตอนตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้การอุปการะอบรมเลี้ยงดูตลอดจนส่งเสริมด้านการศึกษา และให้กำลังใจเป็นอย่างดี และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือตลอดระยะเวลาในการจัดทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านและประเทศชาติเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

พรชัย บุญญิกา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... (4)

กิตติกรรมประกาศ ..... (5)

สารบัญ ..... (6)

สารบัญตาราง ..... (8)

สารบัญรูป ..... (9)

บทที่ 1 บทนำ 11

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 11

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 12

1.3 สมมติฐานการวิจัย 12

1.4 ขอบเขตการวิจัย 13

1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย 13

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 14

บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15

2.1 โสนหางไก่ 15

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกระดาษ 18

2.3 การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำ 53

2.4 ผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ 61

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 64

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 69

3.1 วัตถุดิบ และอุปกรณ์ 69

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย 70

3.3 สถานที่ทำการทดลอง 80

3.4 ระยะเวลาทำการวิจัย 80

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์ 81

4.1 ผลการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ 81

4.2 ผลการทดลองผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ 86

4.3 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ... 87

4.4 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ 90

4.5 งานประดิษฐ์กล่องจากกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำต้นแบบ 97

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 98

5.1 การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ 98

5.2 การทดลองผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ 99

5.3 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ 99

5.4 การสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ 99

5.5 งานประดิษฐ์กล่องจากกระดาษจากเปลือกโสนหางสะท้อนน้ำต้นแบบ 100

5.5 ข้อเสนอแนะ 100

บรรณานุกรม 101

ภาคผนวก 109

ภาคผนวก ก 110

ภาคผนวก ข 112

ภาคผนวก ค 131

ภาคผนวก ง 138

ประวัติผู้เขียน 140

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างมาตรฐานกระดาษสาไทย ขนาด 72 เซนติเมตร × 84 เซนติเมตร 39

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดของกระดาษที่มีจำหน่ายเป็นแผ่น 45

ตารางที่ 3.1 การจัดสิ่งทดลองของสภาวะในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ 70

ตารางที่ 3.2 ปริมาณสารสะท้อนน้ำที่ใช้ในการผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ... 72

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ 84

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ 87

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ 90

ตารางที่ 4.4 ความพึงพอใจของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ 92

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้บริโภค 93

ตารางที่ 4.6 ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ 95

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 13
รูปที่ 2.1 ต้นโสนหางไก่ 16
รูปที่ 2.2 ลำต้นโสนหางไก่ ฝัก และใบ 16
รูปที่ 2.3 ดอกไม้ประดิษฐ์จากต้นโสนหางไก่ 17
รูปที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส 26
รูปที่ 2.5 โครงสร้างโดยทั่วไปของเฮมิเซลลูโลส 27
รูปที่ 2.6 โครงสร้างเคมีของหน่วยพื้นฐานของลิกนิน 28
รูปที่ 2.7 ค่าแรงตึงผิววิกฤตของผ้าฝ้ายขณะเปียกและขณะสะท้อนน้ำ 54
รูปที่ 2.8 มุมสัมผัสของเหลว 54
รูปที่ 2.9 การเปียกและมุมสัมผัสในแต่ละลักษณะ 55
รูปที่ 2.10 องค์ประกอบเคมีของสารพาราฟิน แว็กซ์ (Paraffin wax) 56
รูปที่ 2.11 องค์ประกอบเคมีของสารซิลิโคน (Silicone) 57
รูปที่ 2.12 องค์ประกอบเคมีของสาร Fluorocarbon-based repellents 57
รูปที่ 2.13 อุปกรณ์ทดสอบการพ่นน้ำ 58
รูปที่ 2.14 ระดับการให้คะแนนแสดงค่าการต้านการเปียกน้ำ 60
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ 71
รูปที่ 3.2 เปลือกโสนหางไก่ 73
รูปที่ 3.3 การต้มเปลือกโสนหางไก่กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 73
รูปที่ 3.4 การล้างเยื่อเปลือกโสนหางไก่ 74
รูปที่ 3.5 การกระจายเยื่อเปลือกโสนหางไก่ผสมเยื่อปอสา 74
รูปที่ 3.6 การกรองน้ำออกให้เหลือแต่เยื่อเปลือกโสนหางไก่กับเยื่อปอสา 75
รูปที่ 3.7 การเติมสารสะท้อนน้ำ Starguard FCS และสารนอริก (กาว Sumifloc FA – 40)
สำหรับการช้อนเยื่อทำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ 75

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.8 การช้อนเยื่อทำแผ่นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ 76
รูปที่ 3.9 การวางแผ่นเยื่อกระดาษที่ช้อนแล้วลงบนผืนผ้าเพื่อรอการทำแห้งแผ่นกระดาษ 76
รูปที่ 3.10 การทำแห้งแผ่นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ..... 77
รูปที่ 3.11 รูปแบบกล่องจากกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ 79
รูปที่ 3.12 วิธีการประดิษฐ์กล่องจากกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำต้นแบบ 80
รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของผลผลิตเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ 82
รูปที่ 4.2 กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ 83
รูปที่ 4.3 กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ 86
รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบความสะท้อนน้ำของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ 89
รูปที่ 4.5 กล่องกระดาษจากกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำต้นแบบ 97

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

จากการเปลี่ยนแปลงในช่วง 50 ปี ของการพัฒนาประเทศที่ผ่านมา ประเทศไทยได้มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจและสังคมที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตคนในสังคมเป็นอย่างมาก ดังจะเห็นได้จากการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจของประเทศไทยสู่ประชาคมอาเซียนที่มีนโยบายมุ่งเน้นในการพัฒนาทางภาคอุตสาหกรรมมากกว่าทางภาคเกษตรกรรม จึงทำให้เศรษฐกิจเติบโตไปได้อย่างรวดเร็ว เชื่อมโยงทางด้านเศรษฐกิจและความมั่นคงในภูมิภาค เพื่อประโยชน์ทางด้านการค้าสินค้าและการลงทุนอย่างเสรีระหว่างประเทศ ซึ่งเป็นผลดีต่อภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรมของไทย [1] ตามกรอบยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2560 - 2579) และร่างแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564) ซึ่งเป็นนโยบายของภาครัฐที่มีเป้าหมายให้ประเทศไทยมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจ ที่มุ่งเน้นการเพิ่มความสามารถด้วยการส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรมและงานวิจัย เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเป็นรูปธรรมในด้านการสร้างมูลค่าของผลิตภัณฑ์ให้มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น จากข้อมูลสรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี 2559 ของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรมกล่าวว่า สำหรับกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษคาดว่า จะขยายตัวจากการส่งออกไปยังตลาดในภูมิภาคเอเชีย เช่น เวียดนาม ที่มีการขยายการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ Foreign Direct Investment : FDI ส่งผลให้มีความต้องการนำเข้าบรรจุภัณฑ์จากประเทศไทยเพิ่มมากขึ้นด้วย [2] ถึงแม้ว่าอุตสาหกรรมกระดาษจะไม่ใช่อุตสาหกรรมที่สร้างรายได้ให้กับเศรษฐกิจของประเทศไทยได้มากนัก แต่ก็ถือได้ว่าอุตสาหกรรมกระดาษในประเทศไทยมีความสำคัญต่อภาคเศรษฐกิจ และมีความจำเป็นต่อการพัฒนาประเทศเป็นอย่างมาก [3] นอกจากกระดาษที่มีการผลิตในรูปแบบของภาคอุตสาหกรรมแล้ว ยังมีกระดาษที่ผลิตเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านงานประดิษฐ์ โดยใช้วิธีในการผลิตแบบกระดาษพื้นบ้าน เช่น กระดาษสา ที่ใช้ทั้งวัตถุดิบที่ทำจากใยสังเคราะห์ และใยจากธรรมชาติ ซึ่งมีความสวยงามและมีผิวสัมผัสที่ให้ความรู้สึกที่หลากหลายและแตกต่างกันเพื่อการนำไปใช้งาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการค้นคว้าหาวัตถุดิบชนิดใหม่ ๆ มาสร้างสรรค์ผลิตเป็นกระดาษในการนำมาใช้ประโยชน์ในงานประดิษฐ์

การผลิตกระดาษเพื่อใช้ประโยชน์ในงานประดิษฐ์ มีพืชที่มีความน่าสนใจในการนำเยื่อมาใช้ผลิตกระดาษชนิดหนึ่ง คือ โสน ซึ่งเป็นพืชที่สามารถพบเห็นได้โดยทั่วไปตามบริเวณที่ราบลุ่มชื้นแฉะและมีน้ำท่วมขัง ในประเทศไทยมีโสนอยู่หลายสายพันธุ์คือ โสนหิน โสนคางคก โสนหางไก่ เป็นต้น

ซึ่งโสนที่มีความนิยมนำมาใช้ประดิษฐ์เป็นดอกไม้คือ โสนหางไก่ ซึ่งมีลักษณะเนื้อไม้ที่เบาบาง [4] โดยชาวบ้านในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาได้มีการนำเนื้อไม้จากต้นโสนหางไก่ มาประดิษฐ์เป็นดอกไม้หลายรูปแบบ ทำกันมายาวนานกว่า 80 ปี เป็นงานหัตถกรรมพื้นบ้านของชาวจังหวัดพระนครศรีอยุธยา [5] ในการทำดอกไม้จากต้นโสนนั้น มีส่วนที่เหลือทิ้งและมีความต้องการน้อยในการนำมาใช้ประดิษฐ์ดอกไม้ คือส่วนของเปลือกจากลำต้น มีสีน้ำตาล เนื้อไม้แข็ง มีผิวสัมผัสไม่เรียบเนียน จึงไม่ค่อยเป็นที่นิยมในการนำมาประดิษฐ์เป็นดอกไม้มากนัก

ดังนั้นด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการนำเปลือกโสนหางไก่ ที่เหลือทิ้งจากการประดิษฐ์ดอกไม้ และมีความเสียหายอันเกิดจากการถูกมอดแมลงกัดกิน นำมาผลิตเป็นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ และเพิ่มคุณภาพด้วยการตกแต่งทำให้กระดาษมีสมบัติความสะท้อนน้ำ เป็นการเพิ่มความแข็งแรง และความคงทนให้กับกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ โดยทั่วไปแล้วกระดาษเมื่อสัมผัสกับน้ำจะทำให้กระดาษเกิดความเสียหาย เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ในงานประดิษฐ์ความสวยงามของชิ้นงานจะลดลง และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกโสนหางไก่ที่เหลือใช้จากการประดิษฐ์ดอกไม้จากต้นโสนหางไก่ ให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่

1.2.2 เพื่อทดลองผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

1.2.3 เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

1.2.4 เพื่อสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณที่ต่างกัน และระยะเวลาในการต้มแต่ละระดับจะทำให้ได้ปริมาณเยื่อที่มีคุณภาพแตกต่างกัน

1.3.2 การเพิ่มสารสะท้อนน้ำในปริมาณที่ต่างกัน จะทำให้ได้สมบัติการสะท้อนน้ำของกระดาษที่ต่างกัน

1.3.3 ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำอยู่ในระดับมาก

1.4 ขอบเขตการวิจัย

เพื่อให้การศึกษาเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยจึงตั้งขอบเขตในการดำเนินงานวิจัยไว้ดังนี้

1.4.1 ทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่

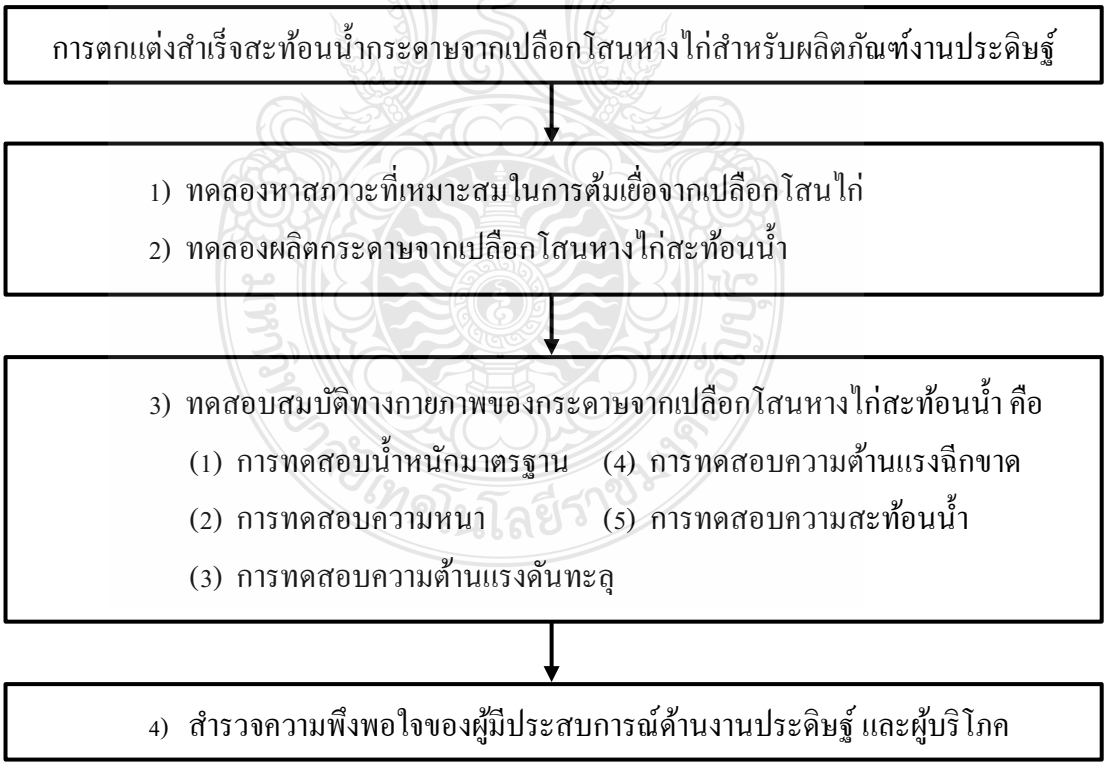
1.4.2 ทดลองผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ที่มีความสะท้อนน้ำได้ดี

1.4.3 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

1.4.4 สำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ จำนวน 20 คน และผู้บริโภคจำนวน 100 คน

1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีดังกล่าวผู้วิจัยได้ศึกษา และกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยไว้ดังนี้



รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบปริมาณการใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่

1.6.2 ทราบกระบวนการผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

1.6.3 ได้กระดาษที่ผลิตจากเปลือกโสนหางไก่ที่มีสมบัติทางกายภาพ และคุณภาพในการสะท้อนน้ำที่ดี สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในงานประดิษฐ์

1.6.4 เป็นการเพิ่มมูลค่าของเปลือกโสนหางไก่ โดยการนำมาผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำสำหรับผู้ประกอบการผลิตงานประดิษฐ์ ให้สอดคล้องกับความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสารต่าง ๆ ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้การศึกษาทดลองบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยมีสาระสำคัญดังนี้

2.1 โสนหางไก่

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกระดาษ

2.3 การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำ

2.4 ผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โสนหางไก่

โสนหางไก่จัดเป็นไม้พุ่มหรือไม้ล้มลุกขนาดเล็กมีอายุปีเดียว เป็นไม้เนื้ออ่อนโตเร็ว ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเมล็ด เติบโตได้ดีในที่มีน้ำขังหรือที่ชื้นแฉะแถบลุ่มน้ำและตามทุ่งนาพบได้มากในภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของต้นโสนหางไก่และประโยชน์จากต้นโสนหางไก่ ดังนี้

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของโสนหางไก่

โสนหางไก่มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า Jointvetch, Indian Jointvetch, Sola Plant และมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Aeschynomene indica* L. เป็นพืชวงศ์ Papilionaceae (Leguminosae) [6] เป็นวัชพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อน เป็นไม้พุ่มหรือไม้ล้มลุกขนาดเล็กมีอายุฤดูกาลเดียว ลำต้นตั้งตรงแตกแขนงเป็นพุ่ม สูงประมาณ 0.5-1.50 เมตร ใบเป็นใบประกอบแบบขนนก ใบย่อยรูปรีขอบใบขนาน (Oblong) มีจำนวนใบย่อย 20-40 ใบ ดอกออกเป็นช่อกระจะ (Raceme) ช่อดอกออกตามซอกใบ ดอกมีลักษณะแบบดอกถั่ว กลีบดอกมีสีเหลืองอมชมพู อาจมีจุดหรือลายสีม่วงออกดอกช่วงเดือนกันยายน ถึงตุลาคม ติดผลเป็นฝัก (Pod) รูปร่างเรียวยาวโค้งเล็กน้อย ฝักยาวประมาณ 5 เซนติเมตร กว้างประมาณ 0.5 เซนติเมตร ภายในมีเมล็ดสีน้ำตาลเข้มหรือสีดำมีผิวมัน แต่ละฝักประกอบด้วย 8-10 เมล็ด พบได้มากทางภาคกลาง ภาคเหนือ และ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด [7] ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.1 ต้นโสนหางไก่

ที่มา : [8]

รูปที่ 2.2 ลำต้นโสนหางไก่ ฝัก และใบ

ที่มา : [9]

2.1.2 ประโยชน์จากต้นโสนหางไก่ [10]

ต้นโสนหางไก่มีประโยชน์ในการนำมาประดิษฐ์ดอกไม้ เนื่องจากลำต้นโสนหางไก่มีลักษณะพิเศษคือ เปลือกมีสีน้ำตาล ภายในลำต้นมีลักษณะอ่อนนุ่มสีขาว ซึ่งเป็นส่วนของท่อลำเลียงน้ำที่ตายแล้ว องค์ประกอบที่สำคัญของส่วนนี้เป็นสารประเภทเซลลูโลส ความอ่อนนุ่มของโสนหางไก่ก็จึงมีประโยชน์ในการนำมาผลิตเป็นดอกไม้ประดิษฐ์ เพราะสามารถจัดรูปแบบของกลีบดอกได้ง่าย มีความอ่อนช้อยสวยงาม

รูปที่ 2.3 ดอกไม้ประดิษฐ์จากต้นโสนหางไก่
ที่มา : [11]

ดอกไม้ประดิษฐ์จากต้นโสนหางไก่ เป็นงานหัตถกรรมพื้นบ้านของชาวบ้านในเขตอำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยาซึ่งในปัจจุบันโสนหางไก่ที่นำมาทำเป็นดอกไม้ประดิษฐ์ได้นำวัตถุดิบมาจากจังหวัดนครนายก และจังหวัดปราจีนบุรี จึงทำให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้นโสนหางไก่ในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยามีปริมาณลดลง เพราะเกิดจากระบบนิเวศที่เปลี่ยนแปลงไป ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเปลือกโสนที่เหลือใช้จากการประดิษฐ์ดอกไม้จากต้นโสนหางไก่ นำมาพัฒนาให้เป็นกระดาษหัตถกรรมเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกระดาษ

ตั้งแต่โบราณมนุษย์มีความต้องการที่จะจดบันทึกเรื่องราวต่าง ๆ หรือเหตุการณ์ที่ผ่านมารวมถึงความทรงจำและจินตนาการ มนุษย์ในสมัยก่อนใช้วิธีการจดบันทึกโดยการวาดภาพ หรือเขียนลงบนพื้นวัสดุตามธรรมชาติได้แก่ การวาดภาพตามผนังถ้ำ แผ่นโลหะ หิน ใบลาน เปลือกไม้ หรือบนผืนผ้าไหม [12] จึงกล่าวได้ว่าการเขียนคือแรงผลักดันที่ทำให้เกิดการคิดค้นการผลิตกระดาษขึ้นมา ในปัจจุบันกระดาษไม่ได้มีแต่ประโยชน์ในด้านการเขียนจดบันทึกข้อความเพียงอย่างเดียว แต่ยังสามารถใช้ประโยชน์ในงานด้านต่าง ๆ อีกมาก เช่น ใช้ในงานประดิษฐ์ งานหัตถกรรม และงานด้านบรรจุภัณฑ์ โดยมีเนื้อหาสาระสำคัญในเรื่องของกระดาษดังนี้

2.2.1 ความเป็นมาของกระดาษ

กระดาษ (Paper) หมายถึง แผ่นวัสดุเส้นใยเซลลูโลส (Cellulose Fibers) ที่ยึดจับเป็นเนื้อเดียวกันโดยการสานตัวหรือเกิดพันธะระหว่างของเส้นใย จัดได้ว่ากระดาษถูกผลิตขึ้นมาเพื่อการใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย และเป็นวัสดุที่มีประวัติการใช้งานมาอย่างยาวนานควบคู่กับวัฒนธรรมของมนุษย์ [13] จากประวัติศาสตร์อันยาวนานประมาณ 3,000 ปีก่อนคริสต์ศักราช ชาวอียิปต์โบราณได้ค้นพบว่าชิ้นส่วนของลำต้นปาปิรุส (Papyrus) ซึ่งนำมาฝานเป็นแผ่นบางๆแล้วจึงเคลือบผิวด้วยกาวซึ่งเรียกวัสดุชนิดนี้ว่า Papyrus แต่อย่างไรก็ตามไม่ได้มีความหมายเดียวกับคำว่า Paper ซึ่งเป็นคำที่ใช้กันในปัจจุบัน เนื่องจากเส้นใยของปาปิรุสไม่ได้แยกตัวออกจากกันตามความหมายของการผลิตกระดาษในปัจจุบัน [14]

ต่อมาในประเทศจีนปี ค.ศ. 105 สมัยพระเจ้าจักรพรรดิโฮตี๋ มีชาวเมืองลีบาง ชื่อไจ่หลุน (Ts Ai Lun) ได้ทดลองผลิตกระดาษจากเปลือกในของต้นหม่อน (Mulberry) ซึ่งมีกรรมวิธีในการผลิตที่ซับซ้อนกว่าวิธีการผลิตกระดาษของอียิปต์ โดยเริ่มจากนำเปลือกในของต้นหม่อนทำเป็นชิ้นเล็ก ๆ ผสมกับเศษผ้าไปบดหรือทุบจนเปื่อยยุ่ยกระจายตัวออกเป็นเส้นใย จากนั้นใช้ตะแกรงช้อนขึ้นมาและนำไปตากแดดจนแห้ง การใช้กระดาษที่ผลิตโดยวิธีดังกล่าวของไจหลุนเริ่มแพร่หลายขึ้นในประเทศจีนแล้วถูกเผยแพร่ต่อไปยังประเทศต่าง ๆ เช่น เกาหลี ญี่ปุ่น อาหรับ และไปยังยุโรป [15]

กรรมวิธีในการผลิตกระดาษของไจหลุนถูกเผยแพร่ไปสู่ชาวมุสลิม ผ่านสงครามทัลลัส (Tallas) ในปี ค.ศ. 751 โดยความรู้ในเรื่องการทำกระดาษได้ถูกถ่ายทอดผ่านเชลยศึกชาวจีน 2 คน จากนั้นชาวมุสลิมได้ทำการปรับปรุงกรรมวิธีในการผลิตกระดาษโดยใช้ผ้าลินินแทนเปลือกของต้นหม่อน อาณาจักรอันบาซิด (ซีเรีย) ในสมัยนั้นเต็มไปด้วยโรงงานทำกระดาษ กระดาษที่ส่งออกไปยังยุโรปส่วนมากทำขึ้นในเมืองดามัสกัส เมื่อขยายการผลิตเพิ่มขึ้นกระดาษจึงมีราคาถูกคุณภาพดีขึ้น และมีจำหน่ายไปอย่างแพร่หลาย [13]

กระดาษเริ่มเข้าสู่ทวีปยุโรปโดยมุสลิมชาวมัวร์ โดยแหล่งการผลิตกระดาษแห่งแรกในทวีปยุโรปมีหลักฐานว่าก่อตั้งขึ้นในปี ค.ศ. 1144 ที่ Xativa ใกล้กับเมือง Valencia ประเทศสเปน การผลิตกระดาษในระยะแรก ๆ นั้น ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ ต่อมาในปี ค.ศ. 1799 นายนิโคลาส์ หลุยส โรแบร์ (Nicholas Louis Robert) ชาวฝรั่งเศส [16] เป็นผู้คิดค้นประดิษฐ์เครื่องจักรในการผลิตกระดาษที่มีความยาวต่อเนื่องได้สำเร็จ แต่ต่อมาได้ขายลิขสิทธิ์เครื่องจักรผลิตกระดาษให้กับพี่น้องตระกูลโฟร์ดริเนียร์ (Fourdinier) ซึ่งเป็นชาวลอนดอน แล้วได้นำไปปรับปรุงพัฒนาเครื่องจักรให้ดีขึ้นกว่าเดิม และเปลี่ยนชื่อเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตกระดาษว่า Fourdrinier ซึ่งมีการใช้งานมาจนถึงในปัจจุบัน [14]

การใช้กระดาษในทวีปอเมริกาเหนือ ได้มีการจัดตั้งโรงงานผลิตกระดาษแห่งแรกขึ้นในปี ค.ศ. 1690 มีชื่อว่า The Rittenhouse Mill ที่ Monoshone Creek, Germantown รัฐ Pennsylvania ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยกรรมวิธีในการผลิตกระดาษในยุคแรก ๆ เน้นแรงงานคนที่ทำด้วยมือเป็นหลักจนกระทั่งปี ค.ศ. 1796 นายนิโคลาส์ หลุยส โรแบร์ ชาวฝรั่งเศสได้เสนอตัวแบบเครื่องจักรผลิตกระดาษแบบต่อเนื่องที่ได้รับการลงทุนและพัฒนาโดยพี่น้องตระกูลโฟร์ดริเนียร์ ด้วยความช่วยเหลือจากนายจอห์น ดิกกินสัน (John Dickenson) จนสำเร็จในปี ค.ศ. 1801 เครื่องจักรในการผลิตกระดาษดังกล่าวได้เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในชื่อว่า Fourdrinier ซึ่งในปัจจุบันเครื่องจักรผลิตกระดาษมีการพัฒนาให้มีความเร็วและมีประสิทธิภาพในการผลิตกระดาษที่ดีมากขึ้น [17] เพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้

2.2.2 การใช้กระดาษในประเทศไทย

การใช้กระดาษในประเทศไทยคาดว่า มีการนำมาใช้เป็นครั้งแรกตั้งแต่สมัยอยุธยาโดยการนำเข้ามาของชาวโปรตุเกส คำว่ากระดาษเป็นคำที่เพี้ยนมาจากภาษาโปรตุเกสว่า Cartas ซึ่งแปลว่ากระดาษ [18] การผลิตกระดาษในประเทศไทยไม่ปรากฏหลักฐานที่แน่ชัด แต่ในสมัยสุโขทัยหลังจากปี พ.ศ. 1826 เมื่อได้เริ่มมีการประดิษฐ์ตัวอักษรไทยโดยการจารึกของพ่อขุนรามคำแหงใช้แผ่นหินแกะสลักในการจดบันทึกเรื่องราว หรือเป็นการเขียนด้วยมือลงบนใบลานซึ่งได้มาจากส่วนของใบจากต้นลาน ส่วนสมุดข่อยหรือกระดาษข่อยซึ่งทำจากเปลือกของต้นข่อย โดยใช้เปลือกจากลำต้นหรือกิ่งซึ่งมีหลักฐานที่พบว่า ประเทศไทยมีการใช้กระดาษในการจดบันทึกเรื่องราวต่าง ๆ โดยพงศาวดารฉบับหลวงประเสริฐซึ่งเป็นหนังสือที่มีความเก่าแก่ที่สุด เป็นกระดาษข่อยสีดำตัวหนังสือสีขาว จึงนับได้ว่ากระดาษข่อยเป็นกระดาษชนิดแรก ๆ ที่คนไทยผลิตขึ้นมาใช้เอง [19] นอกจากนั้นยังพบว่า มีกระดาษอีกชนิดหนึ่งซึ่งเป็นกระดาษทำด้วยมือหรือที่รู้จักกันโดยทั่วไปว่ากระดาษสา ซึ่งมีใช้กันมานานไม่น้อยกว่า500 ปี กระดาษสานิยมทำกันมากทางภาคเหนือของประเทศไทย เชื่อว่าเป็นการทำกระดาษ

ที่สืบทอดวัฒนธรรมมาจากบรรพบุรุษ โดยใช้เปลือกจากต้นปอสา (Broussonetia Papyrifera Vent) เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ซึ่งเป็นการทำกระดาษแบบอุตสาหกรรมในครัวเรือน [20] สมัยต่อมาเมื่อมีผู้บุกเบิกการพิมพ์เข้ามาในประเทศไทย ซึ่งพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 4 ทรงโปรดเกล้า ฯ ให้มีการจัดตั้งโรงพิมพ์หลวงเป็นแห่งแรกเพื่อจัดพิมพ์เผยแพร่เอกสารทางพระพุทธศาสนา แต่ในสมัยนั้นประเทศไทยยังต้องสั่งนำเข้ากระดาษมาจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาแพงและไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ต่อมาในปลายรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 6 ทรงโปรดเกล้า ฯ ให้มีการจัดตั้งโรงผลิตกระดาษด้วยเครื่องจักรเป็นแห่งแรกในประเทศ โดยวัตถุดิบที่ใช้นั้นเป็นเศษกระดาษเหลือใช้ที่เก็บจากสถานที่ทำการของรัฐบาลและซื้อมาจากประชาชน นำมาบดเป็นเยื่อเพื่อใช้ในการผลิตกระดาษขึ้นมาใหม่ [14] ต่อมาในปี พ.ศ. 2479 กรมแผนที่ทหารบกได้จัดตั้งโรงงานผลิตกระดาษขึ้นอีกแห่งในจังหวัดกาญจนบุรี เปิดดำเนินการเป็นครั้งแรกปี พ.ศ. 2481 และในปี พ.ศ. 2500 ทางราชการได้จัดตั้งโรงงานผลิตกระดาษขึ้นที่บางประอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จากนั้นได้มีการส่งเสริมให้มีการจัดตั้งโรงงานผลิตกระดาษในส่วนของภาคเอกชน [21] เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณการผลิตให้มีมากขึ้นเพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้ที่มีมากขึ้น

2.2.3 องค์ประกอบของกระดาษ

วัตถุดิบที่มีความสำคัญในกระบวนการผลิตกระดาษคือ เยื่อกระดาษ ซึ่งส่วนใหญ่ได้จากพืช และต้นไม้ กระดาษโดยทั่วไปมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญในกระบวนการผลิตกระดาษ โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเส้นใย (Fibrous Materials) ซึ่งเป็นโครงสร้างของแผ่นกระดาษ และส่วนที่ไม่ใช่เส้นใย (Non-Fibrous Materials) ซึ่งเป็นส่วนของสารเติมแต่งที่ผสมลงในส่วนเส้นใย เพื่อปรับปรุงสมบัติของกระดาษให้ได้ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน [14]

2.2.3.1 ส่วนที่เป็นเส้นใย (Fibrous Materials)

ส่วนที่เป็นเส้นใยซึ่งเป็นโครงสร้างของแผ่นกระดาษ โดยทั่วไปกระดาษจะมีส่วนผสมอยู่ในอัตราส่วนร้อยละ 70-95 ของน้ำหนักกระดาษ โดยปริมาณส่วนของเส้นใยจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกระดาษแต่ละชนิด [22] เส้นใยจะได้จากพืชชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีลักษณะของเนื้อไม้เป็นไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน หรือพืชจำพวก Non-Wood ซึ่งจะให้เส้นใยที่มีลักษณะแตกต่างกัน ส่วนเส้นใยหรือเยื่อ (Pulp) ที่ใช้ทำกระดาษจะเป็นเยื่อผสมของเยื่อใยยาวและเยื่อใยสั้น ในส่วนของเส้นใยจะประกอบไปด้วยเซลล์พืชชนิดต่าง ๆ ผสมกันอยู่ได้แก่ เส้นใย (Fiber) เซลล์สำรองอาหาร (Parenchyma Cell) และเซลล์ลำเลียงน้ำ (Vessel Element) ส่วนเยื่อที่ได้จาก Non-Wood จะมีเซลล์ชนิดอื่นผสมอยู่ เช่น เซลล์วงแหวน (Ring Thickening) เซลล์ปากใบ (Stomata Cell) และเซลล์ผิวนอก (Epidermis Cell) เป็นต้น [23] เซลลูโลส (Cellulose) ซึ่งเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างของน้ำตาลกลูโคสมาเรียงต่อกันกับ

เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ซึ่งเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างโมเลกุลของกลูโคส และน้ำตาลอื่น ๆ เช่น แมนโนส (Mannose) ฟูโคส (Fucose) ไซโลส (Xylose) มาต่อกันเป็นเส้นใย และในเส้นใยยังมีส่วนของลิกนิน (Lignin) ซึ่งทำหน้าที่ในการเชื่อมเส้นใยให้ติดกัน ซึ่งในกระบวนการผลิตกระดาษหากมีลิกนินหลงเหลืออยู่ในกระดาษ จะทำให้กระดาษเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อได้รับแสง [24]

1) เยื่อใยสั้น (Short Fiber Pulp) ผลิตได้จากไม้เนื้อแข็ง (Hardwood) เส้นใยจะมีลักษณะเล็ก ละเอียด แต่ความแข็งแรงต่ำ มีความยาวประมาณ 1 - 1.5 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 10 - 20 ไมครอน ได้แก่ ไม้จำพวกยูคาลิปตัส (Eucalyptus) กระถินเทพา (Acacia) เบิร์ค (Birch) และแอสเพน (Aspen) เนื่องจากเยื่อใยสั้นมีขนาดเล็กทำให้กระดาษที่ผลิตจากเยื่อใยสั้นมีสมบัติเด่นคือ ผิวกระดาษมีความเรียบ ทึบแสง เนื้อกระดาษแน่นและสม่ำเสมอ แต่มีข้อเสียคือความแข็งแรงทางกลมีน้อย และกระดาษขาดง่าย

2) เยื่อใยยาว (Long Fiber Pulp) ผลิตได้จากไม้เนื้ออ่อน (Softwood) เส้นใยจะมีลักษณะหยาบ มีความแข็งแรงสูงมีความยาวของเส้นใยประมาณ 3 - 3.5 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 20 - 40 ไมโครเมตร ซึ่งจะทำให้มีความสามารถในการยึดเกี่ยวกันสูง ทำให้กระดาษมีความแข็งแรงขึ้น ทนต่อแรงดึง แรงฉีกขาด ผลิตได้จากไม้จำพวกสน (Pine) และสปรุ๊ซ (Spruce) เป็นต้น [25]

2.2.3.2 ส่วนที่ไม่ใช่เส้นใย (Non - Fibrous Materials)

นอกจากส่วนของเยื่อหรือเส้นใย กระดาษยังประกอบด้วยองค์ประกอบหลักอีกส่วนคือ สารเติมแต่ง ซึ่งเป็นสารเคมีที่ใช้เติมลงในกระบวนการผลิตกระดาษ เพื่อปรับปรุงสมบัติของกระดาษให้ได้ตามวัตถุประสงค์ในการใช้งานของกระดาษแต่ละชนิด ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1) สารเติมแต่งหลัก (Functional Additive) สารเติมแต่งในประเภทนี้จะทำหน้าที่ช่วยปรับปรุงสมบัติเฉพาะอย่างของกระดาษ สามารถแบ่งได้เป็น 6 ชนิด คือ

(1) ตัวเติม (Filler) สารเติมแต่งชนิดนี้ เป็นผงแร่สีขาวจะให้สมบัติด้านทัศนะศาสตร์ และปรับปรุงสมบัติด้านการพิมพ์ของกระดาษ ผงแร่ที่ใช้เป็นตัวเติมลงในกระดาษ จะมีขนาดเล็ก ละเอียด มีขนาดประมาณ 1 - 10 ไมครอน ผงแร่ที่มีขนาดเล็กเมื่อเติมลงไปจะช่วยเพิ่มเนื้อที่ผิวภายในกระดาษ โดยเพิ่มพื้นผิวระหว่างผงแร่กับอากาศ และผงแร่กับเส้นใย ทำให้เพิ่มค่าการกระเจิงแสง (Light Scattering) ของกระดาษ ทำให้กระดาษมีค่าความขาวสว่างเพิ่มขึ้น และจะทำให้กระดาษมีผิวเรียบขึ้น ผงแร่ที่ใช้ในการเติมลงในกระดาษได้แก่ ดินขาว (Kaolin Clay) ไททาเนียมไดออกไซด์ (Titanium Dioxide, TiO_2) และแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate, $CaCO_3$)

(2) สารต้านการซึมน้ำ (Sizing Agent) เป็นสารเคมีที่เติมลงไปเพื่อเพิ่มสมบัติด้านการต้านทานการซึมน้ำของกระดาษ ทำให้กระดาษทนต่อการเปียกน้ำได้ดีขึ้น เนื่องจากกระดาษทำจากเส้นใยเซลลูโลส ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้สูง กระดาษที่ไม่ได้เติมสารต้านการซึมน้ำจะดูดซับน้ำได้ง่าย การเติมสารต้านการซึมน้ำจะช่วยลดพื้นที่ผิวของการดึงดูดระหว่างเส้นใยกับโมเลกุลของน้ำ ทำให้ลดอัตราการซึมน้ำเข้าสู่เนื้อกระดาษ เมื่อกระดาษสัมผัสกับน้ำจะไม่เปียกหรือซับน้ำอย่างรวดเร็ว สารต้านการซึมน้ำที่ใช้ในการทำกระดาษได้แก่ สารส้มและชันสน (Alum - Rosin Size) ไขผึ้ง (Wax) ยางมะตอย (Asphalt) อัลคิลคีทีนไดเมอร์ (Alkyl Ketene Dimmer, AKD) อัลคีนิลซักซินิกแอนไฮดรายด์ (Alkenyl Succinic Anhudride, ASA) เป็นต้น [22]

(3) สารเพิ่มความเหนียว (Dry Strength Agent) เป็นสารเคมีที่เติมลงไปเพื่อเพิ่มสมบัติด้วยความเหนียวของกระดาษ โดยเฉพาะความต้านแรงดึงและความต้านแรงดันทะลุ นอกจากนี้ยังช่วยลดการหลุดลอกของเส้นใยที่ผิวกระดาษ และช่วยเพิ่มพันธะของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นกระดาษแข็งสารเพิ่มความเหนียวที่ใช้ได้แก่ สตาร์ชธรรมชาติ (Native Starch) สตาร์ชดัดแปร (Modified Starch) กัม (Gum) และพอลิอะคริลเอไมด์ (Polyacrylamide) ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้สตาร์ชประจุบวก และพอลิอะคริลเอไมด์ เนื่องจากสารเหล่านี้มีประจุบวก จึงสามารถจับกับเส้นใยซึ่งเป็นประจุลบได้ดี [25]

(4) สารเพิ่มความเหนียวเมื่อเปียก (Wet Strength Agent) เป็นสารเคมีที่เติมลงไปเพื่อรักษาความเหนียวของกระดาษเมื่อเปียกให้คงไว้ได้ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 15 ของความเหนียวเดิม ปกติจะไม่ใส่สารชนิดนี้ในกระดาษพิมพ์ทั่วไป แต่จะใช้ในกระดาษพิมพ์งานพิเศษที่ต้องการความเหนียวเมื่อเปียกสูง เช่น กระดาษพิมพ์แผนที่ กระดาษธนบัตรเป็นต้นสารเคมีที่ใช้เป็นสารเพิ่มความเหนียวเมื่อเปียกได้แก่ ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (Urea - Formaldehyde) เมลามีน - ฟอร์มาลดีไฮด์ (Melamine - Formldelyde) โพลีอะมีด (Pdyamide) และโพลีเอมีน (Polyamine) [14]

(5) สารสีย้อม (Dyes) เป็นสารเคมีที่ใส่ลงไปในกระบวนการผลิตกระดาษ มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับแต่งสีของกระดาษ โดยเฉพาะกระดาษสี (Colored Paper) ซึ่งจะรักษาโทนสีของกระดาษให้สม่ำเสมอคงที่ และปรับแต่งเฉดสีของกระดาษเรียกว่า สีแต่ง (Tining Dyes) เพื่อชดเชยสีของเยื่อกระดาษที่มีองค์ประกอบของลิกนินซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อสัมผัสกับความร้อนหรือแสงอาทิตย์ สารสีย้อมที่ใช้สามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท คือ สีไดเร็กท์ (Direct Dyes) สีเบสิค (Basic Dyes) และสีแอสิด (Acid Dyes)

(6) สารฟอกนวล (Optical Brightening Agent) เป็นสารสีย้อมประเภทเรืองแสง (Fluorescent Dyes) ซึ่งจะมีสมบัติพิเศษการดูดซับแสง UV (Ultraviolet) และจะคายออก

ในช่วงคลื่นที่ตาสามารถมองเห็นได้ จะทำให้กระดาษมีความขาวสว่างเพิ่มขึ้น กระดาษพิมพ์เขียนทุกชนิดจะมีสารฟอกนวลผสมอยู่ [23]

2) สารเติมแต่งเสริม (Chemical Processing Aids) สารประกอบประเภทนี้นอกจากจะนำหน้าที่ช่วยเสริมให้สารเติมแต่งหลักทำหน้าที่เฉพาะอย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยสารเติมแต่งเสริมสามารถแบ่งได้ 6 ประเภทดังนี้

(1) สารเพิ่มการตกค้าง (Retention Aids) จะช่วยให้เส้นใยละเอียดและสารตัวเติมตกค้างอยู่ในเยื่อกระดาษมากขึ้น และลดการสูญเสียสารเติมแต่งหลักที่เติมลงในเยื่อกระดาษเพื่อปรับปรุงคุณภาพของกระดาษให้ได้ตามวัตถุประสงค์ตามที่ต้องการ

(2) สารต้านการเกิดฟอง (Defoamers) ช่วยป้องกันการเกิดฟองและช่วยให้เยื่อกระดาษมีความสม่ำเสมอดีขึ้น และยังช่วยให้น้ำแยกตัวออกจากเยื่อกระดาษเร็วยิ่งขึ้น

(3) สารควบคุมจุลินทรีย์ (Microbiological Control Agent) สารควบคุมจุลินทรีย์จะควบคุมการเกิดเมือก (Slimr) และการแพร่ขยายของจุลินทรีย์ในเครื่องจักรสำหรับการผลิตกระดาษ และผลิตภัณฑ์กระดาษ

(4) สารควบคุมการเกิดจุดด่าง (Pitch Control Agent) เป็นสารควบคุมการเกิดจุดด่างในกระบวนการผลิตกระดาษ เพื่อลดการเกิดจุดหรือรอยด่างบนกระดาษภายหลังจากการผลิต

(5) สารช่วยแยกน้ำ (Drainage Aids) เป็นสารช่วยเพิ่มอัตราการแยกตัวของน้ำออกจากกระดาษในขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นกระดาษให้เร็วขึ้น

(6) สารช่วยกระจายตัว (Formation Aids) ช่วยให้เส้นใยกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และลดการจับเป็นก้อนของเส้นใยในขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นกระดาษ ทำให้เนื้อกระดาษมีความสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น [26]

2.2.4 แหล่งเส้นใยในการนำมาผลิตเยื่อกระดาษ

ในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษมีการใช้วัตถุดิบหลากหลายชนิด ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ วัตถุดิบประเภทไม้ (Wood) และวัตถุดิบที่ไม่ใช่ไม้ (Non - Wood) สำหรับรายละเอียดของวัตถุดิบแต่ละชนิด มีดังนี้

2.2.4.1 วัตถุดิบประเภทไม้ (Wood)

สำหรับวัตถุดิบที่มีความนิยมนำมาผลิตเป็นเยื่อกระดาษในประเทศไทย คือ ยูคาลิปตัส (Eucalyptus) ซึ่งเป็นไม้โตเร็วที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในระยะเวลาเพียง 4 - 5 ปี และได้ผลผลิตเฉลี่ย 10 - 15 ตันต่อไร่ ยูคาลิปตัสสามารถนำมาใช้ทำเยื่อกระดาษได้ดี เพราะให้ผลผลิตสูง เหมาะแก่การผลิตเป็นเส้นใยสั้น และยังสามารถส่งออกไปในรูปของไม้สับไปต่างประเทศ โดยเส้นใยของ

ยูคาลิปตัสมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 1 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 18 ไมโครเมตร มีองค์ประกอบทางเคมี โดยมีเซลลูโลส ประมาณร้อยละ 47 ลิกนินประมาณร้อยละ 20 เฮมิเซลลูโลส ประมาณร้อยละ 23 [27] ยูคาลิปตัสเป็นไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศออสเตรเลีย มีลักษณะลำต้นเป็นไม้ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ มีความสูงเฉลี่ยอยู่ประมาณ 24-28 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-2 เมตร โดยลักษณะของใบเป็นรูปหอก มีขนาด 2.5 - 12 × 0.3 - 0.8 นิ้ว ก้านใบยาว เปลือกนอกหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร ส่วนของช่อดอกจะเกิดที่ข้อต่อระหว่างกิ่งกับใบ ผลมีลักษณะครึ่งวงกลมคล้ายรูปถ้วยขนาด 0.2 - 0.3 × 0.2 - 0.3 นิ้ว สำหรับเนื้อไม้ยูคาลิปตัสมีแก่นสีน้ำตาล กระพี้สีน้ำตาลอ่อน ในการผลิตกระดาษซึ่งเยื่อไม้ยูคาลิปตัส 1 ตัน สามารถผลิตกระดาษได้ประมาณ 1 ตัน โดยกระดาษที่ผลิตจากเยื่อไม้ยูคาลิปตัสจะมีคุณสมบัติเด่น คือ มีความฟู ทึบแสงและไฟเบอร์มีความแข็งแรง [28]

2.2.4.2 วัตถุดิบที่ไม่ใช่ไม้ (Non - Wood)

วัตถุดิบที่ไม่ใช่ไม้ในการนำมาผลิตเป็นเยื่อกระดาษ สำหรับประเทศไทยมีการนำวัสดุที่ไม่ใช่ไม้มาผลิตเป็นกระดาษอยู่ 5 ชนิด คือ ชานอ้อย ฟางข้าว ปอแก้ว ไม้ไผ่และปอสา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ชานอ้อย (Bagasse) ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการปลูกอ้อยเป็นจำนวนมาก ชานอ้อยที่นำมาผลิตเป็นเยื่อกระดาษนั้นเป็นส่วนที่เหลือจากโรงงานผลิตน้ำตาลจากอ้อย ชานอ้อยจะมีเส้นใยยาวประมาณ 0.8 - 2.8 มิลลิเมตร เฉลี่ย 1.6 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 - 34 ไมโครเมตร เฉลี่ย 20 ไมโครเมตร และมีส่วนประกอบทางเคมี คือ มีเซลลูโลส ร้อยละ 26 - 39 ลิกนิน ร้อยละ 19 - 22 สำหรับผลผลิตเยื่อฟอกขาวที่ใช้ชานอ้อยเป็นวัตถุดิบจะมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 40 - 45

2) ฟางข้าว (Rice Straw) ฟางข้าวมีลักษณะของเส้นใยยาวประมาณ 0.7 - 3.5 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 - 15 ไมโครเมตร มีองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยจากฟางข้าว มีเซลลูโลสร้อยละ 28 - 41 ลิกนินร้อยละ 10 - 17 และเมื่อเปรียบเทียบขนาด Dimension ของเส้นใยจากฟางข้าว พบว่า มีเส้นใยสั้นกว่าวัตถุดิบชนิดอื่น ในการผลิตเยื่อจากฟางข้าว แบบเคมีหรือแบบกึ่งเคมี จะให้ผลผลิตเยื่ออยู่ในช่วงร้อยละ 30 - 45 ซึ่งประเทศไทยมีการใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นเยื่อกระดาษน้อยมาก โดยปริมาณที่ใช้เฉลี่ยเพียงปีละ 20,000 ตัน [27]

3) ปอแก้ว (Kenaf) ปอแก้วเป็นพืชเส้นใยที่เคยเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตกระดาษ ปอแก้วมีเส้นใยยาวเฉลี่ยประมาณ 1.5 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 25 ไมโครเมตร และมีส่วนประกอบของเซลลูโลสประมาณร้อยละ 64 และลิกนินร้อยละ 11 - 21 เยื่อกระดาษจากปอแก้วมีปัญหาหลักของความผันผวนในราคาปอจากตลาดโลก และยังเป็นวัตถุดิบที่เป็นที่ต้องการของ

อุตสาหกรรมอื่น เช่น การทำกระสอบ โดยผู้ผลิตเยื่อกระดาษจากปอแก้วมักประสบปัญหาขาดแคลนปอจึงทำให้ไม่ได้มีการผลิตเยื่อกระดาษจากปอแก้วด้วยสาเหตุที่ปริมาณของวัตถุดิบที่มีไม่สม่ำเสมอ

4) ไม้ไผ่ (Bamboo) ไม้ไผ่มีลักษณะของเส้นใยที่มีความยาวเฉลี่ยประมาณ 23 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเฉลี่ยประมาณ 18 ไมโครเมตร และมีส่วนประกอบของเซลลูโลสร้อยละ 35 - 47 และมีปริมาณของลิกนินร้อยละ 22 - 30 ปัญหาของไม้ไผ่ คือ ปริมาณสำรองของไม้ไผ่ตามธรรมชาติเทียบกับอัตราการตัด และการขึ้นทดแทนไม่สมดุลย์กันในการนำไม้ไผ่มาสู่กระบวนการผลิต ก่อนนำไม้ไผ่มาผ่านเข้าเครื่องสับชิ้นไม้ (Chipper) และเครื่องคัดขนาด (Screening) โดยจะต้องทำการกำจัดฝุ่นเหมือนกับขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบประเภทไม้ยูคาลิปตัส ยกเว้นจะไม่มีขั้นตอนการปอกเปลือก (Debarking) [23]

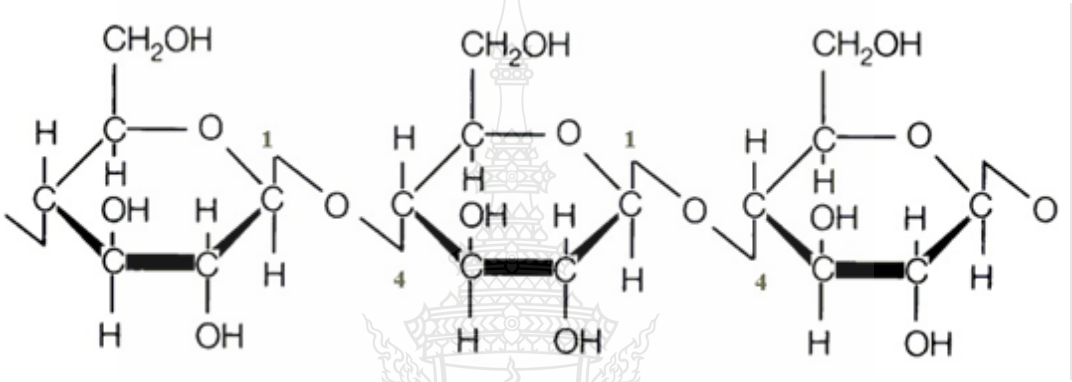
5) ปอสา (Mulberry) ปอสาที่นำมาใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษและใช้ในส่วนเปลือกของปอสา ภายหลังจากจัดเตรียมวัตถุดิบแล้วจะนำมาผ่านขั้นตอนการย่อยและแยกเส้นใยออกจากกัน ซึ่งกระบวนการย่อยแยกเส้นใย แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กระบวนการกล (Mechanical Process) กระบวนการกึ่งเคมี (Semichemical Process) และ กระบวนการเคมี (Chemical Pulping Process) โดยขนาดเส้นใยจากเปลือกปอสามีขนาดของความยาวอยู่ที่ 8.2 มิลลิเมตร ความกว้าง20.3 ไมโครเมตร และความหนาของผนังเส้นใย 5.4 ไมโครเมตร โดยมีผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปอสา พบว่า ปริมาณลิกนินร้อยละของน้ำหนักของปอสาอบแห้งอยู่ที่ 4.9 โฮโลเซลลูโลสร้อยละ 73.3 อัลฟา-เซลลูโลสร้อยละ 60.9 เบต้า-เซลลูโลสร้อยละ 3.3 และแกมม่าเซลลูโลสร้อยละ 8.8 [14]

2.2.5 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใย

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเส้นใยจากไม้หรือพืช สามารถแบ่งออกได้ 4 ชนิด คือ เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ลิกนิน (Lignin) และสารแทรก (Extractives) โดยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสจัดอยู่ในกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต จะเรียกรวมว่า โฮโลเซลลูโลส (Holocellulose) ในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษมีความต้องการวัตถุดิบที่มีโฮโลเซลลูโลสสูงและมีปริมาณของลิกนินที่ต่ำ เพราะจะง่ายต่อการกำจัดลิกนินออกจากเยื่อ สารแทรกหลักที่ประกอบอยู่ในพืชจะเป็นสารระเหย (Volatile Compounds) โดยทั่วไปในพืชจะประกอบด้วยเซลลูโลสร้อยละ 40 - 45 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 20 - 25 ลิกนินร้อยละ 20-30 และสารแทรกร้อยละ 5 - 10 โดยน้ำหนัก [20] ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.5.1 เซลลูโลส (Cellulose)

เซลลูโลสเป็นสารคาร์โบไฮเดรต ประเภทสารพอลิเซคคาไรด์ (polysaccharides) เชิงเส้นตรงที่ประกอบไปด้วยหน่วยของกลูโคส (Anhydroglucose Unit) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ เบต้าไกลโคซิดิก ในตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 4 ของกลูโคสที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุล (β – 1,4 Glucosidic Linkage) โดยหน่วยย่อยของเซลลูโลสที่เกิดจากการรวมกันของหน่วยกลูโคสจำนวน 2 หน่วย ซึ่งเรียกว่า เซลโลไบโอส (Cellobiose Unit) [29] ดังแสดงในรูปที่ 2.4

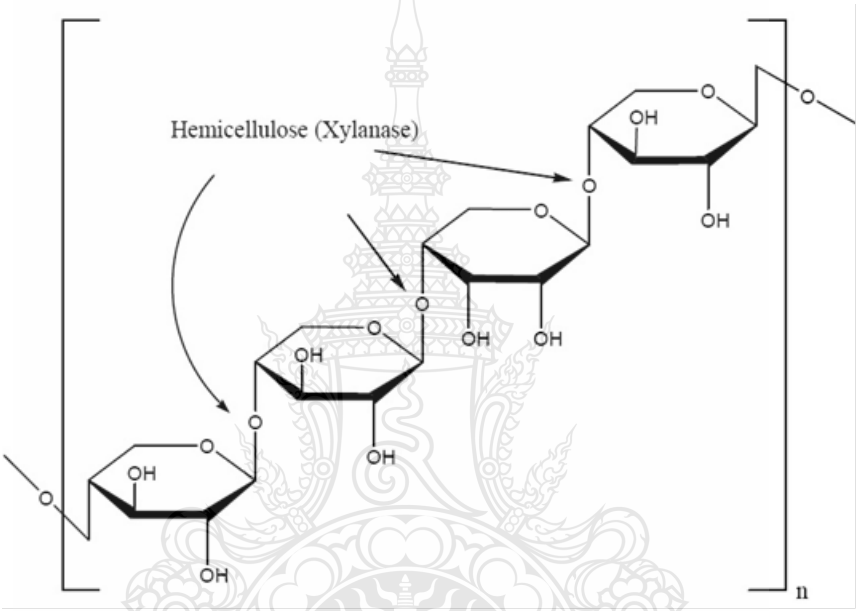


รูปที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส
ที่มา : [30]

โดยส่วนปลายของเซลโลไบโอสจะประกอบด้วยส่วนรีดิวซิงค์ (Reducing End Group ; C - 1) ซึ่งเป็นส่วนที่ง่ายต่อการเกิดปฏิกิริยา และส่วนของนอนรีดิวซิงค์ (Non - Reducing End Group ; C - 4) ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยา ซึ่งโดยทั่วไปแล้วระดับการเกิดพอลิเมอไรเซชั่น (Degree of Polymerization ; DP) ของเซลลูโลสที่เกิดจากการรวมเข้าด้วยกันของหน่วยกลูโคส ซึ่งลักษณะการจัดเรียงตัวของโครงสร้างโมเลกุลเซลลูโลสสามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ แบบผลึก (Crystalline) และแบบอสัญรูป (Amorphous) โดยทั่วไปโครงสร้างของเซลลูโลสจะมีการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ จึงทำให้เซลลูโลสมีความเป็นผลึกสูง โครงสร้างแบบผลึกของเซลลูโลสจะทำให้การซึมผ่านของสารละลายเกิดได้ยากกว่าลักษณะในแบบโครงสร้างอสัญรูป จึงทำให้ลักษณะโครงสร้างแบบ อสัญรูปมีความไวในการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีได้ง่ายขึ้น [31]

2.2.5.2 เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose)

เฮมิเซลลูโลสเป็นพอลิแซคคาไรด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายเซลลูโลส โดยจะประกอบไปด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่แตกต่างกันอยู่ 5 ชนิด ได้แก่ กลูโคส (Glucose) กาแลคโตส (Galactose) แมนโนส (Mannose) อะราบิโนส (Arabinose) และไซโลส (Xylose) เฉลี่ยประมาณ 200 หน่วย [32] และยังรวมถึงกรดกลูคูโลนิก (Gluculonic Acid) และกรดกาแลกทูโรนิก (Galacturonic Acid) โดยเฮมิเซลลูโลสมีสูตรทางเคมี คือ $(C_6H_{12}O_5)_{2n}$ ดังแสดงในรูปที่ 2.5

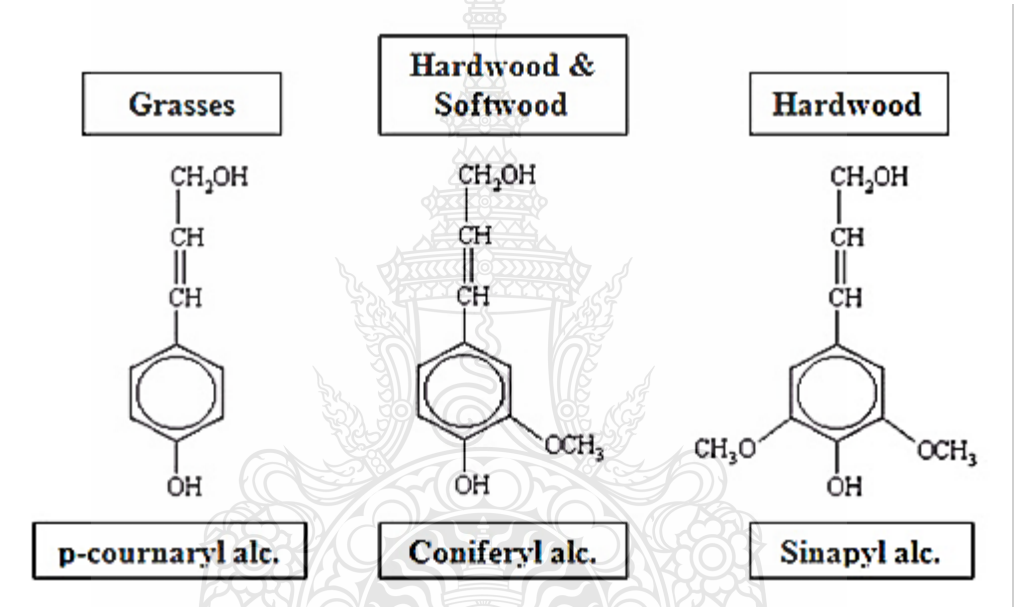


รูปที่ 2.5 โครงสร้างโดยทั่วไปของเฮมิเซลลูโลส
ที่มา : [31]

โดยปกติทั่วไปเฮมิเซลลูโลสจะอยู่รวมกับเซลลูโลสและสารประกอบอื่น ๆ เช่น ลิกนิน โดยหน้าที่ของเฮมิเซลลูโลสจะช่วยในการยึดเซลลูโลสไว้ด้วยกันและทำหน้าที่เสริมความแข็งแรงให้กับเส้นใย ทั้งนี้เนื่องจากเฮมิเซลลูโลสมีลักษณะเป็นสารไฮโดรฟิลิก (Hydrophillie Materials) ซึ่งจะช่วยให้เส้นใยที่แขวนลอยในน้ำเยื่อมีการพองตัวและอุ้มน้ำได้ดี เนื่องจากเฮมิเซลลูโลสมีโครงสร้างเป็นอสัญรูป คือ อยู่ร่วมกันอย่างหลวม ๆ

2.2.5.3 ลิกนิน (Lignin)

ลิกนินเป็นสารประกอบเชิงซ้อนอะโรมาติกที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง โดยจะประกอบไปด้วยหน่วยพื้นฐานที่มีโครงสร้างเป็นลักษณะวงแหวนของฟีนิลโพรเพน (Phenylpropane) เชื่อมต่อกันในลักษณะ 3 มิติกับกลุ่มของโพรเพน (Propane) และวงแหวนเบนซีน (Benzene Ring) โดยจะมีการเรียงตัวในรูปแบบของอสัญรูป แม้ว่าลิกนินในพืชจะมีโครงสร้างที่ไม่แน่ชัด แต่ปกติแล้วลิกนินจะมีหน่วยพื้นฐานอยู่ 3 ชนิด คือ Coniferyl Alcohol P-coumaryl Alcohol และ Sinaply Alcohol ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 โครงสร้างเคมีของหน่วยพื้นฐานของลิกนิน
ที่มา : [33]

ในส่วนของพืชจำพวกหญ้าจะมีลิกนินที่ประกอบด้วยหน่วยพื้นฐานของ Coniferyl Alcohol P-coumaryl Alcohol และ Sinaply Alcohol ทั้งสามชนิดอยู่ ส่วนในไม้ใบกว้างจะมีลิกนินที่ประกอบด้วยหน่วยพื้นฐานสองชนิด คือ Coniferyl Alcohol และ Sinaply Alcohol และในส่วนของไม้ใบแคบจะมีลิกนินที่ประกอบด้วยหน่วยพื้นฐานเพียงชนิดเดียว คือ Coniferyl Alcohol ในเนื้อไม้ลิกนินจะพบได้มากในบริเวณที่เรียกว่า Middle Lamella ซึ่งมีหน้าที่เป็นตัวเชื่อมเซลล์ต่าง ๆ ประกอบเป็นเนื้อไม้ [17]

2.2.5.4 สารแทรก (Extractives)

สารแทรกเป็นส่วนประกอบในไม้ยืนต้นและไม้ล้มลุกที่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ (Organic Solvenes) ได้แก่ อะซีโตน (Acetone) แอลกอฮอล์ (Alcohol) และคลอโรฟอร์ม (Chloroform) เป็นต้น ซึ่งทั่วไปแล้วสารแทรกในพืชชนิดต่าง ๆ จะประกอบด้วยสารจำพวกกรดเรซิน (Resin Acid) กรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid) น้ำมันระเหย (Volatile Oil) สารประกอบเทอร์ฟีนอย (Turphenoid Compounds) และสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compounds) โดยสารแทรกบางชนิดจะมีผลเสียต่อการผลิตเยื่อกระดาษหากสภาวะในการผลิตไม่เหมาะสม [31]

2.2.6 กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ [2]

ในขั้นตอนการผลิตเยื่อกระดาษจะประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ คือ ขั้นตอนการจัดเตรียมวัตถุดิบ (Raw Material Preparation) และขั้นตอนการผลิตเยื่อ (Pulping) การคัดขนาด (Screening) การล้างเยื่อ (Washing) และการฟอกเยื่อ (Bleaching) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.6.1 ขั้นตอนการจัดเตรียมวัตถุดิบ (Raw Material Preparation)

การจัดเตรียมวัตถุดิบซึ่งเป็นขั้นตอนแรก ๆ ก่อนการผลิตเยื่อกระดาษมีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมวัตถุดิบให้เหมาะสมสำหรับที่จะใช้ในการดำเนินการผลิตเยื่อในขั้นต่อไป ซึ่งมีหลักการที่สำคัญ คือ การแยกกำจัดสิ่งเจือปนที่ไม่ต้องการออก การต้มเยื่อเป็นการสกัดหรือย่อยสารจำพวกลิกนิน เฮมิเซลลูโลส สารแทรกต่าง ๆ ออกจากเส้นใยและแปลรูปให้มีขนาดพอเหมาะ ซึ่งในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบสามารถจำแนกได้ดังนี้

1) การปอกเปลือก (Debarking) การปอกเปลือกเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง เพราะเปลือกไม้เป็นส่วนที่มีการปนเปื้อนอยู่มาก และมีปริมาณของเส้นใยน้อย ถ้าหากการปอกเปลือกออกไม่หมดจะทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในขั้นตอนการผลิตมากขึ้น และใช้สารเคมีมากขึ้นได้ผลผลิตของเยื่อกระดาษที่มีคุณภาพต่ำ ส่วนใหญ่โรงงานกระดาษในประเทศไทยจะใช้เครื่องปอกเปลือก (Debarking) แบบ Debarking Drum ซึ่งจะอาศัยหลักการหมุนเพื่อทำให้เปลือกไม้หลุดออก เนื่องจากแรงเสียดทานและการกระแทกกันของไม้

2) การสับชิ้นไม้ (Chipping) วัตถุดิบที่ได้ผ่านกระบวนการปอกเปลือกแล้วไม้ท่อนจะถูกสับให้มีขนาดที่เล็กลงเพื่อความเหมาะสมต่อการต้มเยื่อไม้ท่อนเมื่อผ่านเครื่องสับไม้แล้วจะได้เป็นชิ้นไม้สับ (Chip) ซึ่งขนาดของชิ้นไม้สับจะขึ้นอยู่กับประเภทของชนิดไม้ว่าเป็นไม้เนื้อแข็งหรือไม้เนื้ออ่อน โดยชิ้นไม้สับที่ได้จากไม้เนื้ออ่อนที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อโดยกระบวนการทางเคมี ซึ่งทั่วไปแล้วควรมีความยาวประมาณ 25 มิลลิเมตร (+/-3มิลลิเมตร) และมีความหนาประมาณ 6 - 8 มิลลิเมตร ชิ้นไม้ที่มีเนื้อไม้อ่อนและเนื้อไม้แข็ง สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ

ซึ่งวิธีทางกลควรมีขนาดยาวประมาณ 20 มิลลิเมตร (+/- 2 มิลลิเมตร) และมีความหนาประมาณ 6 - 8 มิลลิเมตร

3) การคัดขนาด (Screening) ชิ้นไม้ที่ผ่านการสับแล้วทั้งหมดจะถูกคัดขนาดโดยเครื่องคัดขนาด จะแยกชิ้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ออกแล้วนำกลับไปสับใหม่ให้มีขนาดเล็กลง เสี้ยนไม้และฝุ่นขนาดเล็ก ๆ จะถูกคัดแยกออกไปรวมกับเปลือกไม้เพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ สำหรับชิ้นไม้สับที่ได้ขนาดจะถูกส่งไปยังหม้อต้มเยื่อต่อไป

2.2.6.2 ขั้นตอนการผลิตเยื่อ (Pulping)

ในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ ซึ่งภายหลังที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบแล้ว ชิ้นไม้สับที่ได้ขนาดจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการย่อยแยกเส้นใย โดยกระบวนการย่อยแยกเส้นใย แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ กระบวนการกล (Mechanical Process) กระบวนการกึ่งเคมี (Semichemical Process) และกระบวนการเคมี (Chemical Pulping Process)

1) กระบวนการกล (Mechanical Process) การผลิตเยื่อกระดาษโดยกระบวนการกลในการบด คุณสมบัติด้วยความเหนียวของเยื่อที่ผลิตได้ไม่ดีนัก เพราะไม่ใช่เยื่อเซลลูโลสบริสุทธิ์ ซึ่งยังมีสิ่งเจือปนอยู่ เช่น ลิกนิน เกลือแร่ และยางไม้ เป็นต้น หลักการที่สำคัญในกระบวนการนี้คือ การบด (Grinding) เพื่อกระจายเส้นใยออกจากกัน โดยวัตถุดิบทั้งหมดจะผ่านไปบดในลูกโม่หิน เรียกว่า Stone Groundwood ชิ้นไม้ทั้งหมดจะเข้าสู่เครื่องบด (Refiner) ซึ่งจะให้เยื่อที่มีคุณภาพและสม่ำเสมอกว่า Stone Groundwood กระบวนการกลในลักษณะนี้ได้มีการพัฒนาโดยใช้สารเคมีหรือความร้อนเข้าช่วย เรียกว่า กระบวนการเคมิเมแคนิคัล (Chemimechanical Process - CMP) หรือกระบวนการเทอร์โมเมแคนิคัล (Thermomechanical Process - TMP) เพื่อผลิตเยื่อที่มีคุณภาพที่ดีขึ้น เยื่อที่ผลิตโดยใช้วิธีกระบวนการกล ส่วนใหญ่จะใช้ในการทำกระดาษหนังสือพิมพ์และผสมในการทำกระดาษพิมพ์เขียว กระบวนการกลนี้จะให้ผลผลิตเยื่อสูงถึงร้อยละ 85 ของปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ เพราะยังคงมีลิกนินตกค้างอยู่ในเยื่อ [34]

2) กระบวนการกึ่งเคมี (Semichemical Process) การผลิตเยื่อโดยกระบวนการนี้จะใช้กระบวนการเคมีและกระบวนการกลร่วมกัน จึงทำให้เยื่อที่ได้มีคุณสมบัติอยู่ระหว่างเยื่อไม้บดและเยื่อเคมี โดยการนำชิ้นไม้สับมาต้มกับสารเคมีในหม้อต้มเยื่อภายใต้เวลา อุณหภูมิและปริมาณสารเคมีต่อปริมาณเนื้อไม้ เมื่อต้มได้สภาวะที่เหมาะสมก็นำสู่กระบวนการกลเพื่อแยกเส้นใยออก เรียกเยื่อที่ได้ว่าเยื่อกึ่งเคมี โดยการผลิตเยื่อกึ่งเคมีหรือเยื่อ CTMP ในประเทศไทยจะใช้ชานอ้อย และยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ซึ่งมีกรรมวิธีดังนี้

(1) การแช่น้ำยา (Impregnation) เป็นการนำชิ้นไม้ที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบมาแช่ด้วยโซดาไฟ (NaOH) และโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ซึ่งใช้ในการต้มเยื่อ วัตถุดิบที่เป็นไม้จะถูกไล่อากาศที่แทรกอยู่ในเนื้อไม้ออกด้วยความร้อนจากไอน้ำ ซึ่งจะทำให้วัตถุดิบอมน้ำยาได้ดีขึ้น

(2) การต้มเยื่อ (Cooking) ในขั้นตอนการต้มเยื่อจะต้มในหม้อ (Digester) ซึ่งใช้ไอน้ำความดัน 10 Barg และมีการควบคุมให้มีอุณหภูมิประมาณ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที หลังจากการต้มร้อยละ 25 ของวัตถุดิบจะถูกละลายออกมา และเหลืออีกประมาณร้อยละ 75 ที่จะกลายเป็นเยื่อ การต้มที่ใช้เวลานานขึ้นและใช้สารเคมีเพิ่มมากขึ้นจะได้ปริมาณเยื่อน้อยลง เยื่อที่ได้จะมีความแข็งขึ้น

(3) การบดเยื่อ ซึ่งเป็นการแยกเส้นใยต่อจากกระบวนการทางเคมี เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับเยื่อ โดยเยื่อจะถูกบดในช่องแคบ ๆ ระหว่างจานหมุน 2 จาน ของเครื่องบด ในการบดจะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ การบดแยกเส้นใย (Defibration) การบดเยื่อความเข้มข้นสูง (High Consistency Refining) และการบดเยื่อที่ความเข้มข้นต่ำ (Low High Consistency Refining) ในส่วนของขั้นตอนการบดแยกเส้นใยโดยวัตถุดิบที่มาจากกระบวนการต้มจะถูกบดให้เส้นใยมีขนาดเล็กลง ส่วนการบดเยื่อความเข้มข้นสูง ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ของการบดแยกเส้นใย โดยภายหลังจากขั้นตอนนี้แล้วค่า Freeness ของเยื่อจะลดลงต่ำกว่า 500 ml CSF และการบดเยื่อความเข้มข้นต่ำมีจุดประสงค์เพื่อกำจัดเสี้ยในเยื่อ แต่จะมีการบดแยกเส้นใยเกิดขึ้นบ้าง ต่อจากนั้นเยื่อจะผ่านเข้าสู่กระบวนการล้างต่อไป [27]

3) กระบวนการทางเคมี (Chemical Pulping Process) กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษโดยใช้วิธีการทางเคมี ซึ่งเป็นกรรมวิธีการผลิตเยื่อที่ใช้สารเคมีละลายสารในเนื้อไม้ที่เป็นตัวยึดให้เส้นใยจับตัวกันไว้ออกมา วิธีการนี้เป็นวิธีการนำวัตถุดิบมาต้มกับสารเคมีด้วยความเข้มข้นสูงในหม้อต้มเยื่อ (Digester) เยื่อที่ผลิตได้จากกระบวนการนี้จะมีปริมาณเซลลูโลสสูง มีลิกนินและสารอินทรีย์อื่น ๆ หลงเหลืออยู่น้อยมาก กระบวนการนี้แบ่งออกตามประเภทสารเคมีที่ใช้ได้ดังนี้

(1) กระบวนการโซดา (Soda Process) เป็นการผลิตเยื่อโดยใช้โซดาไฟหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นน้ำยาในการต้มเยื่อ เยื่อฟอกขาวที่ได้จากกรรมวิธีผลิตด้วยกระบวนการโซดาส่วนใหญ่ ใช้ทำกระดาษพิมพ์เขียว และนอกจากนั้นการผลิตกระดาษชนิดพิเศษ เช่น กระดาษสาก็ใช้โซดาไฟในการต้มเยื่อเช่นกัน ระยะเวลาและอุณหภูมิของการต้มจะขึ้นอยู่กับชนิดของไม้

(2) กระบวนการซัลเฟตหรือคราฟท์ (Sulphate orkraft Process) สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการนี้คือ โซเดียมซัลไฟต์ แต่เรียกชื่อกระบวนการซัลเฟตเพราะใช้สารเคมีโซเดียมซัลเฟต (Sodium sulphate) เป็น Make up Chemical ในการทำน้ำยาเคมีกลับคืน เยื่อกระดาษที่ผลิตด้วย

กรรมวิธีนี้ส่วนใหญ่ใช้ในพวกกระดาษห่อของ กระดาษเหนียว (Kraft paper) กระดาษผลิตกล่อง (Kraft Linerboard) และเยื่อซัลเฟตฟอกขาวยังใช้ทำกระดาษพิมพ์เขียวจนถึงการดาษอนามัย

(3) กระบวนการซัลไฟต์ (Sulfite Process) ในการผลิตเยื่อโดยกระบวนการนี้จะใช้กรดซัลฟูรัส (Sulfurous acid : H_2SO_3) และไบซัลไฟต์ไอออน (Bisulfite ion : HSO_3) ในการละลายลิกนินที่จับระหว่างเยื่อไม้ให้หลุดออกมาโดยเยื่อที่ได้จากกระบวนการซัลไฟต์จะมีสีของเยื่ออ่อนกว่าเยื่อที่ผลิตได้จากกระบวนการซัลเฟต ซึ่งสามารถฟอกสีได้ง่าย แต่ข้อเสียคือเยื่อมีความแข็งแรงน้อย ในกระบวนการซัลไฟต์ส่วนใหญ่จะใช้การต้มแบบทีละถัง (Batch Digester) โดยจะให้ความร้อนอย่างช้า ๆ จนอุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ในการต้มใช้ระยะเวลา 6-8 ชั่วโมง

(4) การคัดขนาด (Screening) ภายหลังจากกระบวนการแยกเส้นใยแล้ว เส้นใยที่ผลิตได้จะถูกนำมาผ่านขั้นตอนของการคัดแยก เพื่อแยกนำสิ่งแปลกปลอมออกจากเยื่อ เช่น ตาไม้ (Knot) ชิ้นไม้สับที่ผ่านการต้มยังไม่สมบูรณ์ เส้นใยที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการคัดแยก คือ เครื่องแยกตาไม้ (Disc Knotter) ตะแกรงหยาบ (Vibrating Knotter Screen) เครื่องร่อนแยกเยื่อ (Delta Screen) Pressure Screen และเซนติคลีนเนอร์ (Centricleaner)

(5) การล้างเยื่อ (Washing) เยื่อที่ได้จากกระบวนการผลิตทั้งแบบเคมีและกึ่งเคมี เมื่อผ่านการคัดขนาดแล้วจะต้องนำไปผ่านขั้นตอนการล้างเยื่อ สำหรับเยื่อกึ่งเคมี (CTMP) ในขั้นตอนนี้ของเหลวจากการต้มเยื่อจะถูกล้างแยกออกจากเยื่อ ซึ่งของเหลวนั้นจะประกอบด้วยสารเคมีในการต้ม ลิกนินและสารประกอบอื่น ๆ ของเส้นใยของเหลวที่ได้นั้นจะเรียกว่าของเหลวดำ (Black Liquor) ซึ่งสามารถนำกลับไปใช้ใหม่ในขั้นตอนการต้มเยื่อได้อีกครั้ง สำหรับการผลิตเยื่อกระดาษ ในโรงงานขนาดใหญ่ที่มีระบบนำสารเคมีกลับคืน (Chemical Recovery) ในจำนวนครั้งในการล้างเยื่อขึ้นอยู่กับกระบวนการต้มเยื่อ

(6) การฟอกเยื่อ (Bleaching) การฟอกเยื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพของเยื่อให้มีความขาว ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่จำเป็นในการผลิตกระดาษบางชนิด เช่น กระดาษพิมพ์เขียน กระดาษทิชชูและกระดาษสา เป็นต้น กระบวนการฟอกเยื่อสามารถแบ่งได้เป็นแบบขั้นตอนเดียวและแบบหลายขั้นตอน ทั้งนี้อยู่กับความขาวของเยื่อที่ต้องการ สารเคมีที่ใช้ในการฟอกเยื่อมีหลายชนิด ได้แก่ ไฮโปคลอไรท์ คลอรีน-โซเดียมไฮดรอกไซด์ คลอรีนไดออกไซด์ออกซิเจน และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เยื่อที่ได้จากกระบวนการเคมีจะมีปริมานของลิกนินน้อย เพราะส่วนหนึ่งของลิกนินถูกกำจัดออกไปในระหว่างการต้มเยื่อในครั้งก่อน เยื่อที่ฟอกแล้วจะผ่านเข้าสู่หน่วยทำความสะอาดเยื่อหลังการฟอก (Bleached Stock Screening) การทำความสะอาดเยื่อขั้นตอนสุดท้ายก่อนทำแผ่นเยื่อเพื่อป้องกันไม่ให้มีสิ่งสกปรกปะปนไปกับผลิตภัณฑ์ [27]

2.2.7 กระบวนการผลิตกระดาษในระบบโรงงานอุตสาหกรรม [35]

กระดาษแต่ละประเภทจะมีความแตกต่างกันทั้งในด้านของวัตถุดิบ และสารเคมีที่ใช้เติมแต่งในกระบวนการผลิตกระดาษทุกประเภทจะประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ๆ ที่เหมือนกัน คือ การเตรียมน้ำเยื่อ (Stock Preparation) และการทำแผ่นกระดาษ (Sheet Forming) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.7.1 การเตรียมน้ำเยื่อ (Stock Preparation)

ในขั้นตอนการเตรียมน้ำเยื่อจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามชนิดของเยื่อที่นำมาใช้ได้แก่ การเตรียมเยื่อที่วัตถุดิบเป็นเยื่อบริสุทธิ์ และการเตรียมเยื่อจากเศษกระดาษ เยื่อที่บริสุทธิ์จะผ่านการบดเส้นใยเพื่อให้เส้นใยแตกแขนงออก ส่วนเยื่อจากเศษกระดาษ เส้นใยผ่านการบดมาแล้วแต่มีสิ่งสกปรกอยู่ จึงจำเป็นต้องผ่านขั้นตอนการทำความสะอาดหลายขั้นตอน โดยขั้นตอนที่สำคัญในการเตรียมน้ำเยื่อมีดังนี้

1) การกระจายเส้นใย (Defibering) เยื่อที่จะนำมาผลิตกระดาษจะอยู่ในรูปของน้ำเยื่อ ส่วนเยื่อจากเศษกระดาษจะอยู่ในรูปของมัดเศษกระดาษ ซึ่งบางโรงงานจะซื้อเศษกระดาษที่ทำการคัดแยกไว้แล้ว เช่น เศษกล่องกระดาษ เศษกระดาษหนังสือพิมพ์ เศษกระดาษ CPO (Computer Print Out) แต่บางโรงงานจะใช้เศษกระดาษที่มีหลายชนิดปนกัน ซึ่งวัตถุดิบเหล่านี้จะต้องนำมาแปลรูปให้เป็นเส้นใยอิสระกระจายตัวเป็นน้ำเยื่อ โดยการนำเยื่อแห้งหรือเศษกระดาษตีผสมกับน้ำในถังตีเยื่อ (Hydrapulper) ซึ่งเยื่อเดิมจะอยู่ในรูปของเยื่อแผ่นแห้งหรือเศษกระดาษ มีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 5 - 50 เพื่อให้เยื่อกระจายตัวในน้ำจนมีความชื้นถึงร้อยละ 95 ในตัวถังตีเยื่อจะมีใบพัดกวนอยู่ที่ก้นถัง และตีกวนจนทำให้เส้นใยกระจายตัวออกจากกัน

2) การทำความสะอาดเยื่อ (Stock Cleaning) เยื่อที่ผ่านการกระจายเยื่อแล้วจำเป็นต้องผ่านขั้นตอนการกำจัดสิ่งเจือปนที่อยู่ในเยื่อออกเช่น กรวด ทราย ลวดเย็บกระดาษ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เยื่อเศษกระดาษจะมีสิ่งสกปรกมากนอกจากสิ่งเจือปนแล้วอาจมีเศษพลาสติกหมึก กาว ที่ปนอยู่

(1) High Density Cleaner หรือ H.C. Cleaner เป็นเครื่องมือใช้แยกสิ่งแปลกปลอมที่หนักและมีขนาดใหญ่ออก โดยใช้แรงเหวี่ยงรอบกรวยซึ่งสิ่งแปลกปลอมที่มีน้ำหนักมากจะถูกเหวี่ยงลงสู่ด้านล่างของกรวย ส่วนน้ำเยื่อที่มีขนาดเบากว่าจะหมุนลอยขึ้นสู่ด้านบนแต่ถ้าแรงเหวี่ยงต่ำเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียเยื่อมาก

(2) ตะแกรงร่อน(VibrationScreen)เป็นตะแกรงเอียงที่อาศัยแรงสั่นสะเทือนเขย่าน้ำเยื่อและแยกเอาสิ่งแปลกปลอมที่มีขนาดใหญ่ออก รวมถึงเยื่อที่ยังไม่กระจายตัว โดยสิ่งแปลกปลอมจะค้างอยู่บนตะแกรง

(3) Pressure Screen เป็นอุปกรณ์ทำความสะอาดน้ำเยื่อ โดยอาศัยความดันดันน้ำเยื่อให้ลอยผ่านรูตะแกรงซึ่งจะมี 2 แบบคือ แบบช่อง (Slot Type) และแบบรูกลม (Hole Type)

(4) Low Density Cleaner หรือ L.C. Cleaner เป็นเครื่องแยกสิ่งแปลกปลอมและมีขนาดเล็ก เช่น ทรายละเอียด ทำงานโดยอาศัยแรงเหวี่ยงของน้ำหนักเยื่อในกรวย

(5) Hot Dispersion System เป็นเครื่องมือที่ใช้แยกพลาสติก กาวที่ติดอยู่กับเศษกระดาษ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เครื่องมือในการทำความสะอาดเศษกระดาษที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษคราฟท์ Hot Dispersion System ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญคือ ชุด Extractor ทำหน้าที่บีบน้ำออกจากน้ำเยื่อ ชุด Screw Press ทำหน้าที่บีบเยื่อออกจากชุด Extractor และชุด Dispersor ทำหน้าที่กระจายเอาพลาสติก กาว ยางมะตอยที่เกาะอยู่กับเยื่อออก

(6) Centrifugal Cleaner ทำหน้าที่แยกสิ่งสกปรกต่าง ๆเช่น โฟม พลาสติกที่ปนอยู่ในเยื่อหลังผ่านชุด Hot Dispersion System โดยมีหลักการทำงานคล้ายกับ High Consistency Cleaner

3) การกำจัดหมึก (Deinking) การกำจัดหมึกมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความขาวสว่างของเยื่อเศษกระดาษ และยางสนที่เจือปนอยู่ในเศษกระดาษด้วยกรรมวิธีในการ Deinking ในกรณีที่ใช้เศษกระดาษในการผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษทิชชู หรือกระดาษพิมพ์เขียนจะต้องนำเยื่อเศษกระดาษที่ผ่านกระบวนการทำความสะอาดเยื่อในขั้นตอนแรกแล้ว (Primary Cleaning) มาผ่านกระบวนการกำจัดหมึก (Deinking) ซึ่งจะมีการเติมสารเคมีลงไปในเยื่อเพื่อไปทำปฏิกิริยาให้อนุภาคของหมึกแยกตัวออกจากเยื่อเศษกระดาษ โดยใช้สารเคมีในการกำจัดหมึกได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โซเดียมซิลิเกต ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สบู่ หรือกรดไขมัน และ Chelating Agent

4) การปรับความเข้มข้นของน้ำเยื่อ อุปกรณ์ปรับความเข้มข้นของน้ำเยื่อที่มีการใช้ในโรงงานผลิตกระดาษ เช่น Decker เป็นอุปกรณ์ปรับความเข้มข้นของน้ำเยื่อให้เข้มข้นขึ้นโดยการเอาน้ำออกจากเยื่อ การปรับความเข้มข้นของน้ำเยื่อแบบ Consistency Recorder Control เป็นอุปกรณ์ปรับความเข้มข้นของเยื่อ โดยอาศัยการเติมน้ำลงในเยื่อ ซึ่งจะมีอุปกรณ์ทางไฟฟ้าตรวจสอบความเข้มข้นของเยื่อที่ไหนผ่านท่อ และ Stuff box หรือ Distribution Box ซึ่งเป็นอุปกรณ์ปรับความเข้มข้นของน้ำเยื่อ โดยอาศัยการเติมน้ำลงไปในเยื่อเพื่อเจือจางให้ได้ความเข้มข้นที่กำหนดก่อนเข้าสู่เครื่องจักรผลิตกระดาษ

5) การบดเยื่อ (Refining) เป็นกระบวนการบดเยื่อเพื่อให้เยื่อแตกตัวออกเป็นเส้นใย จนมีสมบัติเหมาะสมกับการผลิตกระดาษ เครื่องบดเยื่อที่ใช้เรียกว่า Refiner โดยอาศัยการทำงานความเสียดทานของเส้นใยกับผิวของ Refiner Plate บดให้เส้นใยแตกออกเป็นฝอย เส้นใยที่

ผ่านการบดแล้วจะมีความอ่อนนุ่ม เส้นใยอุ้มน้ำได้ดีและเกิดพันธะระหว่างกันได้ง่ายขึ้น เครื่องบดเยื่อที่ใช้มีหลายแบบคือ แบบกรวย (Conical Refiner) แบบจาน (Disc Refiner) หรือ Jordan ซึ่งเป็นชื่อเรียกเครื่องบดเยื่อแบบทรงกรวยประเภทหนึ่ง

6) การผสม (Proportioning) การผลิตกระดาษที่ต้องใช้วัตถุดิบทั้งเยื่อใยสั้นและเยื่อใยยาว ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำเยื่อทั้ง 2 ชนิด มาผสมกันในถังผสมเยื่อ (Mixing Chest) ที่มีวาล์วควบคุมอัตราการไหลและควบคุมสัดส่วนผสม นอกจากการผสมกันของเยื่อทั้งสองชนิดแล้ว ได้มีการเติมสารเคมีที่ใช้ปรับปรุงสมบัติของกระดาษที่ต้องการ และ Recovered Fiber ซึ่งเป็นเยื่อกระดาษจากการตัดริม (Trim) และเศษกระดาษอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิตในถังผสม (Mixing Chest) น้ำเยื่อจะมีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 3 - 3.5 และมีคุณสมบัติพร้อมที่จะนำไปทำเป็นแผ่นกระดาษ

2.2.7.2 การทำแผ่นกระดาษ (Sheet Forming) [36]

การผลิตกระดาษสามารถแบ่งออกเป็นส่วนต่าง ๆ ได้แก่ การทำแผ่น และการเอาน้ำออก (Sheet Forming Part) การบีบเอาน้ำออกจากแผ่นด้วยชุดลูกกลิ้ง (Pressing Part) การทำให้แห้โดยใช้ความร้อนจากลูกอบ (Drying Part) การฉาบผิวกระดาษ (Surface Sizing) การขัดผิวหน้ากระดาษ (Calender) และการเคลือบกระดาษ (Coating) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การทำแผ่นและการเอาน้ำออก(Sheet Forming Part) การทำแผ่นกระดาษของเครื่องจักรผลิตกระดาษที่นิยมใช้โดยทั่วไปมีอยู่ 2 ชนิด คือ เครื่องจักรผลิตกระดาษแบบ Fourdrinier ซึ่งเป็นการทำแผ่นโดยให้เยื่อสานตัวเป็นแผ่นอยู่บนแผ่นลวด น้ำเยื่อที่เตรียมไว้จะส่งผ่านมายังถังปล่อยเยื่อหรือเฮดบ๊อกซ์ ซึ่งมีอยู่ 2 แบบคือ แบบเปิดและแบบอัดอากาศ เมื่อเยื่อถูกปล่อยออกมาจากถังปล่อยเยื่อแล้วจะตกลงบน Forming Board ซึ่งอยู่บน Breast Roll แรงขับเคลื่อนของลวดเดินแผ่นมีผลทำให้เส้นใยเรียงตัวตามทิศทางการเคลื่อนของลวดเดินแผ่นและเครื่องจักรอีกชนิดเป็นแบบ Cylinder Mould เป็นการทำแผ่นโดยให้เยื่อเกาะสานตัวบนตะแกรงทรงกระบอกและพาไปติดกับแผ่นสักหลาดที่หมุน ในการทำกระดาษแข็งหลาย ๆ ชั้น จะใช้ตะแกรงกลมเรียงกันหลาย ๆ ลูกตามจำนวนชั้นที่ต้องการ ส่วนประกอบหลักของCylinder Mould คือ Vat และลูกกลิ้งตะแกรง (Wire Cylinder) โดยที่ Vat จะมีหน้าที่ปล่อยน้ำเยื่อที่เตรียมไว้แล้วให้กระจายตัวบนตะแกรง โดยลูกกลิ้งตะแกรงจะหมุนพาเยื่อให้เกาะตัวกันเป็นแผ่นบนตะแกรง ซึ่งตัวตะแกรงจะประกอบด้วยโครงสแตนเลส และมีตะแกรงหุ้ม 2 ชั้น ชั้นในมีความถี่ 8 Mesh ส่วนชั้นนอกมีความถี่ 40 Mesh สำหรับเยื่อน้ำตาล และในส่วน 55 Mesh สำหรับเยื่อขาว ด้านหลังตะแกรงจะถูกกดทับด้วยลูกกลิ้งยางที่เรียกว่า Couch Roll ทำด้วยโลหะหุ้มยาง เยื่อจะติดไปบนตะแกรง ส่วนน้ำเยื่อจะไหนลอดลงมาด้านล่าง และจะมีผ้าใบผืนยาววิ่งผ่านตะแกรงทุก ๆ ลูก โดยเยื่อจะซ้อนติดกันขึ้นไปเป็นชั้น ๆ เครื่องจักรผลิตกระดาษชนิดนี้มักใช้การทำกระดาษแข็ง

2) การบีบเอาน้ำออกจากแผ่นด้วยชุดลูกกลิ้ง (Pressing Part) หลังจากที่เยื่อประสานตัวกันเป็นแผ่นเปียกในช่วงการทำแผ่น จะเข้าสู่ช่วงกดกระดาษด้วยลูกกลิ้ง โดยลูกกลิ้งรีดน้ำแต่ละชุดจะประกอบด้วยลูกกลิ้งขนาดใหญ่ 2 ลูก เมื่อกระดาษผ่านลูกกลิ้งรีดน้ำ ลูกกลิ้งบนจะกดกระดาษให้น้ำออกจากกระดาษ โดยน้ำส่วนหนึ่งนั้นผ้าสักหลาดของชุดรีดน้ำจะซับไว้ และอีกส่วนหนึ่งจะผ่านรูลมดูดของลูกกลิ้งลูกล่าง ซึ่งมีการเจาะรูพรุนตลอดทั้งลูก ภายในมีสุญญากาศดูดน้ำออก ทำให้กระดาษที่ผ่านการรีดน้ำออกแห้งลง

3) การทำให้แห้ โดยใช้ความร้อนจากลูกอบ (Drying Part) แผ่นกระดาษที่ผ่านการกดแล้ว จะมีความชื้นเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 50 จะถูกนำเข้าสู่ขั้นตอนการทำให้แห้งเพื่อให้เหลือความชื้นในแผ่นกระดาษเพียงร้อยละ 5 - 10 ด้วยความร้อนจากไอน้ำ โดยที่ไอน้ำอิ่มตัวความดันต่ำจะถูกจ่ายเข้าไปข้างในลูกอบแห้ง จากนั้นไอน้ำจะถ่ายเทความร้อนให้กับลูกอบแห้ง ทำให้ผิวลูกอบแห้งร้อนขึ้นแล้วกลั่นตัวเป็นคอนเดนเสท (Condensate) คอนเดนเสทจะฟอร์มตัวเป็นฟิล์มอยู่ที่ผิวด้านในของลูกอบแห้ง ฟิล์มนี้จะต้องไม่หนาจนเกินไปเพราะจะทำให้การถ่ายเทความร้อนระหว่างไอน้ำและผิวลูกอบไม่ดี การระบายคอนเดนเสทออกจากลูกอบแห้งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการอบแห้งกระดาษ

4) การฉาบผิวกระดาษ (Surface Sizing) ในการผลิตกระดาษบางชนิด เช่น กระดาษพิมพ์เขียนจะมีการฉาบแป้งโดยใช้เครื่องฉาบผิวกระดาษ (Size Press) กระดาษที่ผ่านส่วนอบแห้งชุดแรกจะถูกฉาบด้วยน้ำแป้งที่ต้มสุก โดยน้ำแป้งจะฉาบอยู่ที่ผิวกระดาษทั้ง 2 ด้าน ทำให้ผิวกระดาษมีความแข็งแรงขึ้น และทำให้กระดาษมีความต้านทานน้ำเพิ่มขึ้น เพราะน้ำแป้งจะไปอุดรูที่ผิวกระดาษ จากนั้นจะให้ความร้อนแบบลมร้อน (Air Foil) และอบแห้งเพื่อให้กระดาษแห้ง

5) การขัดผิวหน้ากระดาษ (Calender) ในกระดาษบางชนิด เช่นกระดาษพิมพ์เขียน กระดาษกล่อง ซึ่งต้องการความเรียบที่ผิวหน้าของกระดาษ จะต้องนำแผ่นกระดาษที่แห้งแล้วออกจากลูกอบตัวสุดท้ายมาเข้าสู่เครื่องขัดผิวหน้ากระดาษเพื่อขัดให้เรียบขึ้น ซึ่งตัวเครื่องจะประกอบด้วยลูกรีดทรงกระบอกที่ทำจากโลหะวางซ้อนกัน กระดาษจะถูกดึงผ่านไประหว่างลูกรีดทำให้กระดาษบางลงเรียบขึ้น และมีความหนาสม่ำเหมอขึ้นด้วย

6) การเคลือบกระดาษ (Coating) การผลิตกระดาษแข็งชนิดเคลือบ (Coated Duplex Board) และกระดาษอาร์ต (Coated Paper) ซึ่งมีขั้นตอนการเคลือบกระดาษ เพื่อให้กระดาษมีคุณสมบัติตามต้องการ เช่น การเคลือบจะช่วยให้กระดาษมีความขาวขึ้น มีความทึบแสงสูงขึ้น สามารถสะท้อนแสงได้ดี ทำให้พิมพ์ได้มีความคมชัดและช่วยให้กระดาษมีความต้านทานน้ำได้มากขึ้น

ในการเคลือบกระดาษจะต้องใช้น้ำยาเคลือบ (Coating Colour) ซึ่งจะประกอบด้วยผงสี (Pigments) กาว (Binder) และตัวเติมแต่ง (Additives)

2.1.8 การทำกระดาษด้วยมือ [20]

การทำกระดาษด้วยมือมีอยู่ 3แบบ ได้แก่ การทำกระดาษสาแบบไทย(Thai Handmade Paper)การทำกระดาษสาด้วยมือแบบญี่ปุ่น (Japanese Handmade Paper) และการทำกระดาษด้วยมือแบบตะวันตก (Western Handmade Paper) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.8.1 การทำกระดาษสาแบบไทย (Thai Handmade Paper)

ในการทำแผ่นกระดาษสาแบบไทยมีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

1) การทำแผ่นกระดาษมีด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบช้อน และแบบแตะหรือแบบหล่อ ซึ่งแบบช้อนมักใช้กับกระดาษชนิดบางสามารถทำได้ครั้งละจำนวนมาก ๆ เฉลี่ย 200 - 300 แผ่นต่อคนต่อวัน กระดาษที่ได้จะไม่ค่อยมีความสม่ำเสมอในแผ่น และแต่ละแผ่นจะมีน้ำหนักของกระดาษไม่เท่ากัน มีวิธีการทำโดยนำน้ำใส่ในอ่างช้อนเยื่อ ใส่สารกระจายเยื่อ โดยทั่วไปจะใช้ความเข้มข้นที่ร้อยละ 0.05 ของสารละลาย ถ้าใส่น้อยการกระจายตัวของเยื่อจะไม่ดี หรือใส่มากเกินก็จะทำให้การไหลผ่านของน้ำเยื่อออกจากตะแกรงช้าลง จากนั้นใช้ไม้คนสารกระจายเยื่อกับน้ำช้อนเยื่อ แล้วจึงค่อยใส่เยื่อที่ตีแล้วลงในน้ำช้อนเยื่อคนให้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งอ่าง นำตะแกรงจ้วงตักเยื่อจากจุดที่ห่างที่สุด แล้วลากเข้าหาตัวอย่างช้า ๆ ความลึกของการจ้วงตักในแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับความหนาบางของกระดาษที่ต้องการ แล้วยกให้พ้นน้ำในแนวดิ่งรอจนน้ำหยดจากตะแกรงจนหมดจึงนำไปตากแดด และการทำกระดาษอีกวิธีคือ แบบแตะหรือการทำแผ่นแบบหล่อ เป็นวิธีการทำแผ่นกระดาษที่สามารถกำหนดความหนาของกระดาษได้ แต่การทำแผ่นจะช้ากว่าแบบช้อน กระดาษที่ได้จะมีความสม่ำเสมอมากกว่า ซึ่งวิธีการนี้สามารถแบ่งออกได้ 2 วิธีคือ วิธีปั้นก้อนเปียก โดยจะชั่งเยื่อสาที่ผ่านการสกัดน้ำออกแล้ว ปั้นเป็นก้อนไว้แต่ละก้อนให้ได้น้ำหนักแห้งตามความต้องการ จากนั้นตักน้ำใส่อ่างช้อนเยื่อที่มีสารกระจายเยื่อผสมอยู่ใส่ในถังเพื่อกระจายเยื่อก้อนที่เตรียมไว้ แล้วใช้มือตีก้อนเยื่อให้แตกกระจาย วางตะแกรงช้อนเยื่อในอ่างช้อนเยื่อและใช้มือกดตะแกรงแล้วยกตะแกรงขึ้นรอให้น้ำไหลออกจนหมด แล้วจึงนำไปตากแดด และอีกวิธีคือ การควบคุมปริมาณเยื่อต่อน้ำ ซึ่งวิธีนี้จะทำแผ่นกระดาษได้เร็วกว่าวิธีปั้นก้อน แต่จะต้องควบคุมปริมาณน้ำต่อเยื่อให้ถูกต้อง และเวลาตวงน้ำเยื่อจะต้องกวนเยื่อให้กระจายอย่างสม่ำเสมอ โดยมีวิธีการคือใส่น้ำที่ผสมสารกระจายเยื่อแล้วลงในถังใส่เยื่อที่ชั่งน้ำหนักตามที่กำหนดไว้ลงในน้ำคนด้วยไม้ให้เยื่อกระจายอย่างสม่ำเสมอ ตวงน้ำเยื่อให้ได้ตามที่คำนวณไว้ เทลงบนตะแกรงแล้วยกขึ้นตรง ๆ รอจนน้ำหยุดไหลจึงนำไปตากแดด

2) การตกแต่งแผ่นกระดาษสาแบบไทย การตกแต่งแผ่นกระดาษสา มีวัตถุประสงค์เพื่อให้กระดาษสาเกิดความสวยงามแตกต่างไปจากแผ่นกระดาษสาทั่วไปซึ่งจะเป็นกระดาษสาสีขาว โดยการตกแต่งอาจจะใส่ใบไม้ ดอกไม้ ใช้เยื่อต่างสีหรือผสมเยื่อชนิดอื่น ๆ ลงไป หรือเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร นอกจากจะให้ความแปลกใหม่ ความสวยงามแล้ว ยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับกระดาษสา การตกแต่งด้วยการใส่ดอกไม้และใบไม้ ความสวยงามจะขึ้นอยู่กับการออกแบบ และชนิดของดอกไม้ที่จะนำมาใส่ โดยวิธีการคือ ใส่ลงในเยื่อขณะทำแผ่น โดยวิธีการช้อนหรือวิธีการแตะก็ตาม เมื่อช้อนหรือแตะเยื่อให้กระจายเต็มพื้นที่ของตะแกรง แล้วจึงนำดอกไม้หรือใบไม้วางลงบนเยื่อกระดาษตามแบบที่ได้กำหนดไว้ ใช้นิ้วกดดอกไม้หรือใบไม้ลงใต้เยื่อทับเอาไว้ จากนั้นยกขึ้นรอให้น้ำหยุดไหลจึงนำไปตากแดด ซึ่งวิธีการนี้สามารถทำได้เร็วแต่เยื่อที่ปิดดอกไม้หรือใบไม้จะปิดได้ไม่หมดและไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้บางส่วนหลุดออกมาได้ หรืออีกวิธีคือ วางบนเยื่อแล้วปิดทับด้วยแผ่นกระดาษบาง วิธีนี้จะต้องเตรียมแผ่นกระดาษสาชนิดบางไว้ก่อน โดยเริ่มจากการช้อนหรือแตะเยื่อให้กระจายทั่วตะแกรงในอ่าง แล้ววางดอกไม้ใบไม้ลงบนเยื่อ เมื่อเสร็จแล้วขณะวางต้องดึงให้ตึงเท่ากันทั้งแผ่น แผ่นกระดาษที่วางทับลงไปจะเปียกน้ำและจะติดกันกับกระดาษแผ่นล่าง โดยวิธีนี้จะได้กระดาษที่มีความสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น และไม่มีการหลุดออกของดอกไม้และใบไม้ การตกแต่งกระดาษอีกวิธีเป็นการตกแต่งโดยการผสมเยื่อต่างสีหรือผสมต่างชนิด การผสมเยื่อต่างชนิดส่วนใหญ่จะไม่ได้ย้อมสี จึงไม่เป็นปัญหาเรื่องการปนเปื้อนของสี จะใช้วิธีการช้อนหรือแตะก็ได้ตามความเหมาะสม สิ่งที่ควรพิจารณาคือ อัตราส่วนระหว่างเยื่อสากับเยื่อชนิดอื่น เมื่อทำแผ่นแล้วจะต้องมีความเหมาะสมและสวยงาม เยื่อที่ใช้ผสมจะต้องไม่มากจนหลุดออกได้ง่าย

3) การทำแห้งกระดาษ กระดาษสาแบบไทยไม่สามารถจะดึงออกจากตะแกรงในขณะเปียกได้ ดังนั้นจำเป็นต้องทำให้กระดาษแห้งทั้งตะแกรง ซึ่งมีด้วยกัน 2 วิธีคือ วิธีแรกคือการตากแดด โดยอาศัยความร้อนจากแสงแดดซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัด โดยนำตะแกรงที่ช้อนเยื่อแล้วนำมาตั้งเอียง 45 องศา หันด้านที่มีกระดาษเข้าหาแดด แต่ถ้าเป็นกระดาษย้อมสีควรจะผึ่งแดดให้แห้งในที่ร่มเพื่อสีที่ย้อมจะไม่ซีด โดยปกติแล้วจะแห้งในเวลา 2 - 3 ชั่วโมง และอีกวิธีคือการใช้ตู้อบ สามารถอบกระดาษได้ตลอดเวลา โดยไม่มีปัญหาของสภาพอากาศ แต่ใช้การลงทุนค่อนข้างสูง ใช้อุณหภูมิในการอบประมาณ 40-45 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้ตาข่ายไนล่อนที่ใช้ทำตะแกรงหดตัวได้ ใช้ระยะเวลาในการอบประมาณ 1 ชั่วโมง

4) การดึงกระดาษออกจากตะแกรง หลังจากที่กระดาษแห้งสนิทแล้ว ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำกระดาษ ซึ่งมีความสำคัญค่อนข้างมากเพราะคุณภาพของกระดาษจะต่ำลงหากกระดาษมีตำหนิ เช่น รอยฉีกขาดหรือรอยหักพับจากการดึงกระดาษออกจากตะแกรง การดึงกระดาษออกจากตะแกรงให้ใช้ทั้งสองมือจับกระดาษที่ด้านบนให้มีระยะห่างเท่ากัน แล้วดึงกระดาษเข้าหาตัว

ในลักษณะยกขึ้นเล็กน้อย จนกระดาษหลุดออกจากตะแกรงทั้งแผ่น ในการดึงกระดาษออกจากตะแกรงให้ระมัดระวังอย่าให้เกิดรอยหักพับของกระดาษในขณะดึง และควรจะดึงออกทีละแผ่นแล้ววางซ้อนกันให้เรียบร้อยจึงค่อยดึงแผ่นต่อไป

5) การทำให้ผิวหน้ากระดาษเรียบ โดยทั่วไปกระดาษสาไทยจะมีผิวหน้าของกระดาษที่ไม่เรียบสม่ำเสมอ เนื่องจากไม่สามารถนำออกจากตะแกรงเข้าเครื่องกดไล่น้ำได้ การที่จะทำให้ผิวหน้าของกระดาษเรียบ ทำได้โดยการครูดผิวหน้ากระดาษด้วยภาชนะขอบและผิวเรียบ การครูดผิวหน้ากระดาษจะรอให้น้ำในแผ่นกระดาษระเหยออกไปประมาณร้อยละ 70 ก่อนเวลาครูดผิวหน้ากระดาษจะได้ไม่ขาด การครูดผิวของกระดาษจะไม่กดแรงเกินไป เพราะจะทำให้ขาดหรือมีตำหนิได้ อีกวิธีคือ การรีดด้วยเครื่องรีดกระดาษ (Calender) โดยเครื่องรีดกระดาษจะประกอบด้วยลูกกลิ้งสองลูกซ้อนกันในแนวดิ่ง การรีดทำได้โดยใส่แผ่นกระดาษสาที่แห้งแล้วเข้าไประหว่างลูกกลิ้ง ถ้าต้องการให้เรียบมากให้เพิ่มน้ำหนักกดลงบนลูกกลิ้งตัวบน และรีดหลาย ๆ ครั้ง ลูกกลิ้งตัวล่างจะหมุนด้วยแรงดึงของสายพานที่ต่อมาจากมอเตอร์ทำให้ลูกกลิ้งตัวบนหมุนตาม การรีดด้วยเครื่องนี้ทำได้ง่ายและเร็ว กระดาษที่ได้จะมีความเรียบที่สม่ำเสมอมีความเหนียวและแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย

6) การกำหนดมาตรฐานกระดาษสาไทย ที่ใช้ในโรงงานเทคโนโลยีต้นแบบการผลิตเยื่อและกระดาษ ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งได้แบ่งเกรดของกระดาษสาตามวัตถุประสงค์การใช้งานได้แก่ กระดาษสาเกรด A ใช้เป็นกระดาษห่อของ เกรด B ใช้ทำโบ เกรด C ใช้ทำใบไม้ เกรด D ใช้ทำกระดาษฉีกภาพประดิษฐ์ เกรด E ใช้ทำกรอบรูป กล่องกระดาษ เกรด F ใช้ทำปกสมุด เกรด G ใช้ทำกรีบดอกกุหลาบ และเกรด H ใช้ทำเป็นการ์ดอวยพร เป็นต้น โดยในแต่ละเกรดจะมีราคาของกระดาษสาที่ต่างกัน ซึ่งมีน้ำหนักของกระดาษดังแสดงตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างมาตรฐานกระดาษสาไทย ขนาด 72 เซนติเมตร × 84 เซนติเมตร

เกรด	น้ำหนักกระดาษ (ก./แผ่น)	น้ำหนักมาตรฐาน (ก./ม^2)
A	22.9 – 25.4	40±2
B	32.0 – 34.5	55±2
C	41.1 – 43.6	70±2
D	50.1 – 52.6	85±2
E	59.2 – 61.7	100±2
F	68.3 – 70.8	115±2

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างมาตรฐานกระดาษสาไทย ขนาด 72 เซนติเมตร × 84 เซนติเมตร (ต่อ)

เกรด	น้ำหนักกระดาษ (ก./แผ่น)	น้ำหนักมาตรฐาน (ก./ม^2)
G	77.4 – 79.9	130±2
H	86.4 – 88.9	145±2

ที่มา : [20]

2.2.8.2 การทำกระดาษสาด้วยมือแบบญี่ปุ่น (Japanese Handmade Paper)

กระดาษสาญี่ปุ่นเป็นกระดาษที่มีชื่อเสียงมาก เนื่องจากมีความเรียบเนียน สม่ำเสมอ บางและเหนียวตลอดทั้งแผ่น ซึ่งกระดาษสาแบบญี่ปุ่น (Nagashizki) เป็นวิธีการเพิ่มความหนาของแผ่นกระดาษทีละชั้นด้วยวิธีการไหลของเยื่อ (Flowing Method) จะได้กระดาษที่มีเนื้อเรียบเนียน โดยมีขั้นตอนในการทำดังนี้

1) การเตรียมอ่างและน้ำเยื่อสำหรับช้อนแผ่น อ่างช้อนเยื่อแบบญี่ปุ่น (Suki Bune) ตัวอ่างจะทำด้วยแผ่นสแตนเลส โดยด้านนอกจะใช้ไม้เป็นกรอบรูปอ่างจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เมื่อเตรียมอ่างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้นำน้ำใส่ลงในอ่างความสูงของระดับน้ำไม่เกินครึ่งอ่างช้อนเยื่อ โดยปกติใช้น้ำสูงประมาณ 20 - 25 เซนติเมตร เพื่อจะได้ไม่ใช้สารกระจายเยื่อมากเกินไป จากนั้นให้เติมสารกระจายเยื่อ โดยปริมาณของสารกระจายเยื่อที่ใช้ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ตีด้วยไม้ไผ่ลวก เพื่อให้สารกระจายเยื่อผสมกันกับน้ำให้สม่ำเสมอแล้วจึงค่อยใส่เยื่อที่ผ่านการตีด้วยเครื่องกระจายเยื่อมาแล้วลงไปครั้งละ 1 ก้อน น้ำหนักเปียกก้อนละประมาณ 1 กิโลกรัม ใช้ไม้ตีเยื่อให้กระจายทั่วอ่างช้อนเยื่อ

2) การช้อนแผ่นกระดาษ ก่อนการช้อนแผ่นกระดาษจำเป็นต้องเตรียมแบบ (Mould) ซึ่งประกอบด้วยตัวตะแกรง (Frame หรือ Keta) และตะแกรง (Screen หรือ Su) นำมาแช่ในอ่างน้ำให้เปียกก่อนนำมาช้อนเยื่อ 5 นาที เพื่อให้เกิดการอุ้มน้ำและไม่ลื่นในขณะช้อนเยื่อทำแผ่นกระดาษ จากนั้นนำกรอบตะแกรงมาวางบนไม้คาน 2 อัน ที่พาดอยู่บนอ่างช้อนเยื่อ เปิดกรอบด้านบนขึ้นใส่ตะแกรงแล้วยึดด้วยขอพับให้เรียบร้อย ผูกเชือกเข้ากับสปริงหรือปลายไม้ไผ่และใช้มือทั้งสองจับให้ชิดมาทางขอบในเอียงแบบใช้ด้านข้างดันไม้รองรับทั้ง 2 อัน ไปชิดด้านข้างของอ่างข้างละอันแล้วจึงเริ่มช้อนแผ่น โดยขั้นแรกเป็นการสร้างด้านหลังกระดาษเรียก Kakenagashi หรือ Ubumizu โดยการใช้แบบตักลึกลงไปในน้ำเยื่อประมาณ 5 เซนติเมตร จากนั้นยกแบบขึ้นให้สูงกว่าขอบแบบด้านหลัง และผลักแบบออกไปด้านหน้าให้น้ำเยื่อไหลออก การผลักนี้คล้ายกับการสาดน้ำออกไปจากตะแกรง วิธีนี้จะสร้างกระดาษได้หนึ่งชั้น ขั้นตอนต่อมาเป็นการสร้างความหนาของกระดาษเรียกว่า Choshi การสร้างความหนาของแผ่นกระดาษโดยใช้แบบตักน้ำเยื่อในลักษณะเดิมยกขึ้นให้ขนานกับระดับผิวน้ำ ใช้การหักข้อมือขึ้นลง น้ำเยื่อจะไหล

เต็มตะแกรงจากขอบตะแกรงหนึ่งไปยังขอบหนึ่งไปกลับเช่นนี้ 4 - 5 ครั้ง เยื่อจะเรียงทับทีละชั้นหนาขึ้น เมื่อเยื่อบนตะแกรงเหลือน้อยให้สาดออก และขั้นสุดท้ายเป็นการสร้างหน้ากระดาษเรียกว่า Sutemizu ขั้นตอนนี้จะตักน้ำเยื่อเหมือนเดิม แต่ตอนสุดท้ายให้สาดน้ำเยื่อออกไปด้านหน้า ให้น้ำเยื่อตกออกไปจากขอบแบบและกดขอบแบบให้ต่ำเพื่อให้น้ำเยื่อตกไปจนหมด ช่วงนี้ถ้าไม่กดขอบแบบลงจะเกิดรอยย่นที่ขอบเยื่อ กระดาษจะมีตำหนิ

3) การวางแผ่นกระดาษลงบนแผ่นไม้ (Shito) และยกตะแกรงออกจากแผ่นกระดาษ ก่อนอื่นจะต้องเตรียมประกอบขาตั้งและวางแผ่นไม้ดัดเพื่อรองรับกระดาษ ประกอบไม้กับขอบตะแกรงรูปแผ่นสักหลาดหรือกระดาษสาที่เคลือบผงบุกมาแล้วลงบนแผ่นไม้ จากนั้นเทน้ำลงบนกระดาษให้เปียกจนทั่ว และใช้มือรีดกระดาษให้เรียบติดกับแผ่นไม้อัดและไล่ฟองอากาศออกไปจนหมด การวางแผ่นกระดาษลงบน Shito และยกตะแกรงออกทำได้โดยการปลดตะขอที่ล๊อกขอบตะแกรงด้านบนออก ใช้มือซ้ายยกตะแกรงบนขึ้นให้เอนไปด้านหลังแล้วใช้นิ้วมือขวาลูบเยื่อที่ติดอยู่กับขอบไม้ที่ติดอยู่กับขอบตะแกรงออกไปในลักษณะการลูบเอาเยื่อออก ใช้มือซ้ายจับตรงกลางของขอบตะแกรงด้านในแล้วยกขึ้นสอดมือขวาลอดผ่านใต้ตะแกรงไปจับขอบตะแกรงอีกด้านหนึ่ง ยกตะแกรงขึ้นและดึงขอบตะแกรงทั้งสองให้ตึงแล้วยกไปลงที่ Shito เมื่อตะแกรงอยู่เหนือ Shito ให้ยกมือขวาไว้ ปล่อยมือซ้ายลงตะแกรงจะห้อยลงในลักษณะตั้งฉากให้เลื่อนการจับขอบตะแกรงของมือซ้าย ไปทางด้านซ้ายของตะแกรง แล้ววางขอบตะแกรงลงบน Shito ชิดกับไม้กันขอบทั้งสองอัน ปล่อยมือซ้ายมาแตะตรงกลางไม้ขอบตะแกรงล่างแล้วค่อย ๆ หย่อนตะแกรงลงมาให้ตะแกรงไปสัมผัสกับ Shito อย่างสม่ำเสมอ ยกตะแกรงออกจากแผ่นกระดาษโดยใช้ทั้งสองมือจับที่ขอบตะแกรงที่ติดกับไม้กั้นพลิกขึ้นแล้วพับไปด้านหลังกดลงเล็กน้อยแล้วยกขึ้น โดยดึงเอียงไปด้านหลังให้ตะแกรงค่อย ๆ หลุดออกจากแผ่นกระดาษช้า ๆ และต่อเนื่องจนสุดขอบกระดาษ แล้วจึงเริ่มช้อนแผ่นต่อไปและวางกระดาษเหมือนเดิมมีเพียงเพิ่มเส้นขั้นระหว่างแผ่นของกระดาษเพื่อให้แยกแผ่นออกไปจากขอบของตะแกรง โดยใช้มือทั้งสองจับปลายเส้นขั้นดึงให้ตึงวางลงบนแผ่นกระดาษข้างตะแกรงที่มีไม้ขั้นและจะต้องวางเส้นขั้นทุก ๆ แผ่น

4) การบีบน้ำออกจากกระดาษ (Press) หลังจากการช้อนแผ่นกระดาษได้ตามที่ต้องการ จากนั้นจะต้องบีบเอาน้ำออกจากกระดาษโดยการยกแผ่นไม้รองกระดาษ (Shito) พร้อมกับชั้นกระดาษเปียกลงบนพื้นที่มีไม้หน้าสาม 2 อัน ความยาวเท่ากับแผ่นไม้รองกระดาษรองรับอยู่วางทับด้านบนของชั้นกระดาษเปียกด้วยแผ่นไม้อัดแล้วด้านบนของไม้อัดวางทับด้วยไม้หน้าสาม 2 อัน ความยาวเท่ากับไม้ด้านล่างแล้ววางทับไม้ทั้งสองด้วยแผ่นหิน1 แผ่น ที่มีน้ำหนัก 10 กิโลกรัม แล้วเพิ่มแผ่นหินทีละ 1 แผ่น ทุก ๆ 1 ชั่วโมง จนครบ 5 แผ่น การทยอยเพิ่มน้ำหนักกดลงบนแผ่นกระดาษเพื่อให้น้ำค่อย ๆ ซึมออกไปจากกระดาษอย่างช้า ๆ ถ้าเพิ่มน้ำหนักในครั้งแรกมาก ๆ จะทำให้กระดาษ

เกิดความเสียหายและมีรอยแตก จากนั้นนำกระดาษที่ผ่านการทับด้วยแผ่นหินอัดเอาน้ำออกด้วยเครื่องไฮดรอลิก โดยค่อย ๆ เพิ่มน้ำหนักกดลงไปทีละน้อยใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง ให้ความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 30 สำหรับการเอาน้ำออกจากกระดาษ

5) การทำแห้งกระดาษ (Drying) ในการทำแผ่นกระดาษสามารถทำได้ 2 วิธี โดยวิธี Steam Dry ซึ่งวิธีนี้ใช้ความร้อนจากไอน้ำที่ได้จากการต้มน้ำผ่านมาตามท่อเข้าสู่แผ่นสามเหลี่ยม (Triangle Hot Plate) ความร้อนที่เข้าสามารถปรับระดับอุณหภูมิสูงหรือต่ำ โดยการหมุนวาล์วอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 40 - 45 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปกระดาษจะแห้งบิดงอ แต่ถ้าใช้อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปจะทำให้เสียเวลานานกว่ากระดาษจะแห้งโดยวิธีในการทำคือ ลอกแผ่น กระดาษขึ้นมาทีละแผ่นวางลงบนแผ่นให้ความร้อน ดึงกระดาษให้เรียบไม่มีรอยย่น แล้วใช้แปรงขนม้าลูบที่ผิวของกระดาษให้เรียบติดกับแผ่นให้ความร้อน การใช้วิธีนี้มีข้อดีตรงที่จะทำให้กระดาษแห้งเร็ว แต่มีข้อเสียคือ กระดาษด้านที่ติดกับแผ่นให้ความร้อน เมื่อดึงกระดาษออกกระดาษจะเกิดขุยของกระดาษขึ้น (Fuzzy) ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ดี และการทำแห้งกระดาษอีกวิธีคือ Drying Boards (Ginko) เป็นวิธีการทำให้กระดาษแห้งโดยอาศัยธรรมชาติ วิธีการนี้ทำโดยนำแผ่นกระดาษวางบนแผ่นไม้ที่มีผิวหน้าเรียบ แล้วใช้แปรงขนม้าลูบผิวหน้ากระดาษให้เรียบติดกับผิวหน้าของแผ่นไม้ การทำให้กระดาษแห้งด้วยวิธีนี้กระดาษจะมีผิวหน้าเรียบมากกว่าวิธีแรกและไม่เกิดขุยที่ผิวกระดาษ การแห้งของกระดาษจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับแหล่งความร้อนที่ได้จาก 3 แหล่ง คือ การตากแดด การผึ่งลมในที่ร่ม และอุณหภูมิของห้องอบกระดาษ

6) การดึงกระดาษเมื่อแห้งแล้ว การดึงแผ่นกระดาษให้หลุดออกมาจะต้องมีความระมัดระวังค่อนข้างมาก เพราะมิฉะนั้นกระดาษจะมีรอยหักได้ โดยวิธีการใช้เล็บแกะที่มุมของกระดาษให้หลุดออกจากแผ่นที่ใช้ทำให้กระดาษแห้ง แล้วค่อย ๆ ดึงแบบยกเข้าหาตัวให้หลุดออกจากแผ่นที่ทำแห้ง จากนั้นนำกระดาษไปเรียงซ้อนกันไว้เพื่อเก็บรักษา อาจจะเก็บทั้งแผ่นหรือตัดขอบด้านข้างทั้งสี่ของกระดาษทิ้งไปก็ได้

2.2.8.3 การทำกระดาษด้วยมือแบบตะวันตก (Western Handmade Paper)

เป็นการทำกระดาษโดยอาศัยการทับถมของเยื่อ (Accumulation) ทำให้เกิดความหนาของกระดาษจนเป็นแผ่นกระดาษ กระดาษจะมีความสม่ำเสมอและมีความเรียบน้อยกว่ากระดาษแบบญี่ปุ่น โดยวิธีการนี้คนญี่ปุ่นเรียกว่า Tamezuki ซึ่งขั้นตอนในการทำและอุปกรณ์ไม่มีความแตกต่างจากการทำกระดาษแบบญี่ปุ่น แต่แตกต่างกันที่ตัวตะแกรงและวิธีการช้อนที่ต่างไปจากการทำกระดาษแบบญี่ปุ่น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ตะแกรงช้อนเยื่อแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ตะแกรงล่างและกรอบบน ตะแกรงล่างประกอบด้วยกรอบที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดแล้วแต่ความเหมาะสม

โดยทั่วไปไม่ควรเกิน 40×50 เซนติเมตร เนื่องจากจะมีน้ำหนักมากเวลาช้อนเยื่อ ภายในกรอบจะมีซี่ไม้ด้านบนเป็นสามเหลี่ยมสูงเสมอขอบ แต่ละซี่ห่างกัน 10 เซนติเมตร ตีติดกรอบทั้งสองข้างตลอดตามความกว้าง และด้านหลังของกรอบตีไม้พาดกลางซี่และกรอบอีก 1 อัน เพื่อเอาไว้สำหรับกดตะแกรง ด้านบนของกรอบตะแกรงอันบนมีรูที่เล็กยึดติดกรอบให้แน่น โดยใช้ลวดแม็กยึดติดไว้ นอกจากจะมีตะแกรงแล้วยังต้องมีกรอบบนอีกหนึ่งกรอบขนาดเท่ากันกับด้านล่าง สามารถวางทับกับตะแกรงล่างได้พอดี โดยมีแผ่นอลูมิเนียมเป็นมุมฉากติดอยู่ตรงข้ามกันมุมละอัน เพื่อเอาไว้ล็อกตะแกรงอันล่างให้อยู่เมื่อสวมกรอบตะแกรงอันบนลงไป

2) การช้อนเยื่อ ทำโดยนำตะแกรงที่ได้อธิบายไว้ในข้างต้นนำมาประกบกัน จากนั้นใช้มือทั้งสองข้างจับด้านข้างของขอบตะแกรง ยกขึ้นเหนืออ่างช้อนเยื่อให้ตะแกรงอยู่ในลักษณะตั้งฉากกับผิวน้ำ ลดตะแกรงลงไปในน้ำเยื่อให้ลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร แล้วปรับตะแกรงให้จมอยู่ใต้น้ำเยื่อโดยให้ขนานไปกับผิวน้ำแล้วยกตะแกรงขึ้นตรงๆ ช้า ๆ รอจนน้ำหยุดไหล ยกตะแกรงไปตั้งเอียงไว้รอให้น้ำไหลออกจนหมดแล้วจึงวางตะแกรงบนไม้รอง ถอดกรอบบนออกใช้มือจับขอบตะแกรงล่างที่มีแผ่นกระดาษอยู่ ยกขึ้นแล้วนำไปวางลงบนแผ่นไม้ที่เตรียมไว้รองรับกระดาษ ใช้มือกดลงบนคานไม้ด้านหลังตะแกรงแล้วค่อย ๆ ยกตะแกรงออก ในการทำแผ่นต่อไปก็ทำเช่นเดิม และใส่เส้นกั้นระหว่างแผ่น หลังจากนั้นทำเหมือนการทำกระดาษแบบญี่ปุ่นจนได้เป็นแผ่นกระดาษ

2.2.9 ชนิดของกระดาษและหน้าที่ในการใช้ประโยชน์

กระดาษที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิด และประโยชน์หน้าที่การใช้งานที่แตกต่างกันออกไป เช่น กระดาษบรรจุภัณฑ์ กระดาษพิมพ์เขียน กระดาษอนามัย และกระดาษที่ใช้ในงานประดิษฐ์ เป็นต้น โดยมีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้

2.2.9.1 กระดาษบรรจุภัณฑ์ [37]

1) กล่องกระดาษแข็งแบบพับได้ กล่องกระดาษแข็งสามารถขึ้นรูปและจัดส่งเป็นแผ่นแบบราบ (Flat Blanks) กล่องกระดาษมีทั้งแบบท่อ(Tube) และแบบถาด (Tray)

2) กล่องกระดาษแบบคงรูป เป็นกล่องที่ขึ้นรูปและแปรรูปเป็นกล่องเรียบร้อยแล้ว เช่น กล่องรองเท้าแบบมีฝาครอบกล่อง การผลิตกล่องกระดาษคงรูปจะผลิตช้ากว่ากล่องกระดาษแข็งแบบพับได้ ทำให้มีราคาต่อหน่วยสูง

3) บรรจุภัณฑ์การ์ด (Carded Packaging) เป็นประเภทของบรรจุภัณฑ์ที่ประกอบด้วยกระดาษ 1 แผ่น และพลาสติกอีก 1 แผ่น ซึ่งอาจขึ้นรูปมาก่อนหรือไม่ก็ได้ ทำโดยแนบหรือเชื่อมต่อแผ่นกระดาษและแผ่นพลาสติกเข้าด้วยกัน

4) บรรจุภัณฑ์กระดาษแบบเคลือบหลายชั้น บรรจุภัณฑ์กระดาษมีจุดอ่อนคือมีรูพรุนของกระดาษจึงมีการปรับปรุงโดยการเคลือบพลาสติก และเปลวอลูมิเนียมทำให้บรรจุภัณฑ์เคลือบหลายชั้นได้รับความนิยมสูงมาก

5) กล่องกระดาษลูกฟูก เป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทกล่องกระดาษที่มีคุณลักษณะแข็งแรงมากที่สุด เป็นที่นิยมในการขนส่งสินค้า

2.2.9.2 กระดาษพิมพ์เขียน [38]

1) กระดาษบรู๊ฟ (Newsprint) เป็นกระดาษที่ทำจากเยื่อไม้ป่น จึงทำให้มีราคาถูก คุณภาพต่ำ ถ้าเก็บไว้นานจะกรอบและแดง ใช้ในการพิมพ์หนังสือราคาถูกและหนังสือพิมพ์

2) กระดาษปอนด์ (Bond Paper) เป็นกระดาษที่มีคุณภาพสูง เยื่อกระดาษทำจากเศษผ้าผสมด้วยสารเคมี Sulfite ฟอกให้ขาวเป็นพิเศษ เป็นกระดาษใช้พิมพ์งานที่มีค่า เช่น ประกาศนียบัตร หรือกระดาษเขียนจดหมาย

3) กระดาษฟอกขาว หรือกระดาษปอนด์ขาว (Wood Free Paper) เป็นกระดาษที่ทำจากเยื่อเคมีฟอกขาว ผลิตเป็นกระดาษเพื่อใช้เขียนหรือพิมพ์ ใช้ทำสมุด และพิมพ์หนังสือทั่วไป

4) กระดาษเหนียว หรือกระดาษสีน้ำตาลห่อของ (Kraft Paper) ทำจากเยื่อ Sulphate ผสมสีน้ำตาล มีความเหนียวมากใช้ทำกระดาษห่อของ หรือบรรจุภัณฑ์

5) กระดาษปก (Cover Paper) เป็นกระดาษปอนด์ทำให้หนาเป็นพิเศษ มีความเหนียวทนทาน เพื่อใช้ทำปกหนังสือ

6) กระดาษวาดเขียน (Drawing Paper) เป็นกระดาษปอนด์ขาว แต่ทำให้เนื้อกระดาษสามารถรับสีได้ง่าย และมีผิวเหมาะแก่การเขียนภาพระบายสี ดูดหมึกและสีได้ง่าย

7) กระดาษอาร์ต (Arts, Coate Paper) เป็นกระดาษที่ได้มีการเคลือบผิวหน้าด้วยวัสดุบางอย่างให้มีผิวเรียบมัน เพื่อใช้พิมพ์ภาพที่มีรายละเอียด

8) กระดาษกล่อง (Box Board) เป็นกระดาษที่ด้านหน้าทำจากเยื่อเคมี มีลักษณะเป็นกระดาษปอนด์ขาว แต่ด้านหลังทำจากเยื่อไม้ป่น หรืออาจเป็นเยื่อกระดาษเก่าซึ่งจะมีสีคล้ำ กระดาษชนิดนี้จะผลิตจากเครื่องจักรชนิด Cylinder Machine หลาย ๆ ชั้น

9) กระดาษโปสเตอร์ (Poster Paper) เป็นกระดาษปอนด์ที่ขัดมันเรียบหน้าเดียว ส่วนอีกหน้าหนึ่งปล่อยให้หยาบไว้

10) กระดาษแข็ง (Hard Board) เป็นกระดาษที่ใช้ทำปกแข็งด้านในของหนังสือเมื่อใช้งานจะต้องมีกระดาษ หรือวัสดุอื่นหุ้ม จึงเป็นกระดาษที่ไม่ต้องฟอกขาว ทำจากเยื่อไม้ป่น หรือเยื่อกระดาษเก่า เนื้อกระดาษจะมีสีคล้ำ และผิวไม่เรียบ

กระดาษที่มีจำหน่ายเป็นแผ่นจากแหล่งผลิตกระดาษมาจากหลาย ๆ แหล่ง ที่มีความแตกต่างกันในกรรมวิธีการผลิต และการกำหนดรายละเอียดของกระดาษแต่ละชนิด ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดของกระดาษที่มีจำหน่ายเป็นแผ่น

ชื่อกระดาษ	ขนาด (นิ้ว)	น้ำหนัก (กรัม/ตรม.)	เหมาะสำหรับประเภทงาน
กระดาษปรู๊ฟ	31×43	48.8, 50, 55	หนังสือพิมพ์ หนังสือ แผ่นพับ
กระดาษแบ้งค์	31×43 25×35.5	45, 55, 70, 80, 100	แบบฟอร์มต่าง ๆ
กระดาษปอนด์	31×43 24×35	55, 60, 70, 80, 100, 120	แผ่นพับหนังสือ แบบฟอร์ม
กระดาษถนอมสายตา	31×43 24×35	65, 70, 75	หนังสือ แผ่นพับ
กระดาษอาร์ตมัน/ด้าน	31×43 24×35 25×36	85, 90, 100, 105, 115, 120, 128, 130, 150, 157, 160	แผ่นพับ โบร์ชัวร์ หนังสือ
กระดาษอาร์ตมันหน้าเดียว	31×43	75, 80, 85, 90	ฉลากบรรจุภัณฑ์
กระดาษคราฟท์ขาว	31×43 35×47	100, 110, 120	ถุงกระดาษ
กระดาษคราฟท์น้ำตาล	31×43 35×47	80,110,125	ถุงกระดาษซองเอกสาร
กระดาษการ์ดสี	31×43 25×35.5 34×40.5	110, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 350	แฟ้ม ปกหนังสือ การ์ด นามบัตร
กระดาษแข็ง	31×27	430, 535, 642, 752, 845, 1110, 1324, 1544, 1730, 2000	ไส้ในปกแข็ง ปฏิทินตั้งโต๊ะบรรจุภัณฑ์
กระดาษแฟนซีต่าง ๆ	25×37 31×43	100, 120, 160, 200, 240, 300, 360	นามบัตร หัวจดหมาย ปกและเนื้อในหนังสือ
กระดาษอาร์ตการ์ดสองหน้า	31×43 25×36	190, 210, 230, 260, 300, 310, 360	ปกหนังสือ กล่อง ป้าย นามบัตร

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดของกระดาษที่มีจำหน่ายเป็นแผ่น (ต่อ)

ชื่อกระดาษ	ขนาด (นิ้ว)	น้ำหนัก (กรัม/ตรม.)	เหมาะสำหรับประเภทงาน
กระดาษอาร์ตการ์ดหน้าเดียว	31×43	170, 180,190, 200, 210, 220, 230, 240, 250, 260, 270, 275, 280, 300, 325, 330, 350, 380, 390	กล่องบรรจุภัณฑ์ ป้าย
กระดาษกล่องขาว (ไม่เคลือบผิว)	31×43 35×43	180, 230, 250, 270, 290, 310, 350, 400, 450, 500	กล่องบรรจุภัณฑ์ ป้าย
กระดาษกล่องแป้ง (เคลือบผิวมัน)	31×43 35×43	250, 270, 310, 350, 400, 450, 500, 550, 600	กล่องบรรจุภัณฑ์ ป้าย
กระดาษกล่องแป้งหลังขาว	31×43 35×43	220, 250, 270, 310, 350, 400, 450, 500, 550, 600	กล่องบรรจุภัณฑ์ ป้าย

ที่มา : [39]

2.2.9.3 กระดาษอนามัย [40]

1) กระดาษชำระ (Toilet Tissue) ที่พบเห็นโดยทั่วไปเป็นชนิดม้วน โดยปกตินิยมใช้ในห้องน้ำ แต่เนื่องจากมีราคาถูกส่งผลให้ในปัจจุบันถูกนำไปใช้อย่างหลากหลาย ทั้งเช็ดมือ เช็ดปาก กระดาษประเภทนี้จะยุ่ยง่าย เมื่อสัมผัสกับน้ำ ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมต่อการทำลายทิ้งในห้องน้ำ

2) กระดาษเช็ดหน้า (Facial Tissue) เป็นกระดาษชำระชนิดกล่องเนื้อกระดาษค่อนข้างมีความอ่อนนุ่ม และเหนียวทนต่อแรงดึง ไม่ยุ่ยง่ายเมื่อโดนน้ำ

3) กระดาษเช็ดมือ (Paper Towels) ส่วนใหญ่ใช้ในห้องน้ำตามสถานที่ต่าง ๆ เช่น โรงแรม อาคารสำนักงาน สถานที่ราชการต่าง ๆ ทั้งนี้กระดาษอนามัยในกลุ่มนี้ยังรวมถึงกระดาษเอนกประสงค์ (Kitchen Tower) ที่ใช้เพื่อกิจกรรมที่หลากหลายประเภท เช่น ซับคราบน้ำมันอาหารในห้องครัว หรือเช็ดคราบสกปรกที่ล้างออกยาก

4) กระดาษเช็ดปาก (Table Napkins) ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ตามโรงแรม ภัตตาคาร ร้านอาหารทั่วไป จะมีลักษณะเป็นกระดาษสีขาวและสีชมพู มีคุณสมบัติไม่ขาดง่ายเมื่อโดนน้ำ

2.2.9.4 กระดาษที่ใช้ในงานประดิษฐ์ [41]

กระดาษที่ใช้ในงานประดิษฐ์ หรือกระดาษหัตถกรรมในปัจจุบัน ได้มีการคิดค้นและพัฒนาขึ้นอย่างมาก เป็นการนำวัตถุดิบที่มีความหลากหลาย หรือวัตถุดิบที่เหลือทิ้งจากการเกษตรนำมาผลิตเป็นกระดาษ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบภายในท้องถิ่น เช่น เปลือกปอสา ผักตบชวา ฟางข้าว เป็นต้น นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษ กระดาษที่ใช้ในงานประดิษฐ์หรือใช้ในงานหัตถกรรมตามบทนิยามของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดไว้ดังนี้

1) กระดาษสา มผช.43/2546 หมายถึง กระดาษที่ทำจากเปลือกของต้นปอสาผ่านกระบวนการต้มเยื่อแล้วขึ้นแผ่นบนตะแกรงนำไปตากให้แห้ง อาจนำวัสดุอื่น เช่น ใบไม้แห้ง ดอกไม้แห้ง มาตกแต่งเป็นลวดลาย และอาจมีการย้อมสีด้วยก็ได้

2) กระดาษสับปะรด มผช.44/2546 หมายถึง กระดาษที่ทำจากใบ หน่อ หรือต้นสับปะรดอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือผสมกันผ่านกระบวนการต้มเยื่อแล้วขึ้นแผ่นกระดาษบนตะแกรง นำไปตากให้แห้ง มีลวดลายในเนื้อกระดาษเอง อาจนำวัสดุอื่น เช่น ใบไม้แห้ง ดอกไม้แห้ง มาตกแต่งให้เป็นลวดลายต่างๆและอาจมีการย้อมสีด้วยก็ได้

3) กระดาษกล้วย มผช.228/2547 หมายถึง กระดาษที่มีลวดลายในเนื้อกระดาษ ได้จากการนำกาบกล้วยหรือก้านกล้วยอย่างใดอย่างหนึ่งหรือผสมกัน มาผ่านกระบวนการต้มเยื่อ นำไปตากให้แห้ง อาจนำวัสดุอื่น เช่น ใบไม้แห้ง ดอกไม้แห้งมาตกแต่งเป็นลวดลาย และอาจมีการย้อมสีด้วยก็ได้

4) กระดาษผักตบชวา มผช.390/2547 หมายถึง กระดาษที่ทำจากเยื่อผักตบชวา โดยการนำก้านของต้นผักตบชวามาผ่านกระบวนการต้มเยื่อแล้วทำเป็นแผ่นบนตะแกรง นำไปตากให้แห้ง มีลวดลายตามธรรมชาติที่เกิดในเนื้อกระดาษเอง อาจย้อมสี เคลือบเงา และตกแต่งให้มีลวดลายต่างๆ โดยใช้วัสดุอื่น เช่น ดอกไม้แห้ง ใบไม้แห้ง ตกแต่งด้วยก็ได้

5) กระดาษหญ้าแฝก มผช. 436/2547 หมายถึง กระดาษที่มีลวดลายในเนื้อกระดาษ ได้จากการนำหญ้าแฝกผ่านกระบวนการต้มเยื่อ แล้วขึ้นแผ่นกระดาษบนตะแกรง ตากแดดให้แห้ง อาจนำวัสดุอื่น เช่น ดอกไม้แห้ง ใบไม้แห้ง มาตกแต่งเป็นลวดลายต่าง ๆ และอาจมีการย้อมสี หรือเคลือบด้วยสารเคลือบ

6) กระดาษเปลือกข้าวโพด มผช.422/2547 หมายถึง กระดาษที่มีลวดลายในเนื้อกระดาษ ได้จากการนำเปลือกข้าวโพดมาผ่านกระบวนการต้มเยื่อแล้วขึ้นเป็นแผ่นกระดาษบนตะแกรง ผึ่งให้แห้ง อาจนำวัสดุอื่น เช่น ดอกไม้แห้ง ใบไม้แห้ง มาตกแต่งให้มีลวดลายต่าง ๆ และอาจย้อมสีหรือเคลือบด้วยสารเคลือบเงา

7) กระดาษรีไซเคิล มผช 650/2547 หรือที่เรียกว่า กระดาษเวียนทำใหม่ หมายถึง กระดาษที่ทำจากเยื่อเวียนทำใหม่ โดยการนำกระดาษใช้แล้ว เช่น กระดาษหมึกพิมพ์ กระดาษกล่องกระดาษสำนักงานหนังสือทั่วไป มาผ่านกระบวนการกระจายเยื่อ อาจผ่านกระบวนการดึงหมึกออก และฟอกเยื่อ จากนั้นทำเป็นแผ่นบนตะแกรง นำไปตากแดดให้แห้งมีลวดลายตามธรรมชาติที่เกิดในเนื้อกระดาษเอง อาจย้อมสี เคลือบด้วยสารเคลือบเงา และตกแต่งให้เป็นลายต่างๆ โดยใช้วัสดุอื่น ๆ เช่น ดอกไม้ ใบไม้แห้ง ด้วยก็ได้

8) กระดาษกก มผช. 1110/2548 หมายถึง กระดาษที่ทำจากเยื่อของต้นกก โดยนำต้นกกมาผ่านกระบวนการต้มเยื่อ อาจฟอกสีหรือย้อมสี แล้วขึ้นแผ่นบตะแกรง นำไปตากให้แห้ง ตกแต่งลวดลายในเนื้อกระดาษ อาจนำวัสดุอื่น เช่น ดอกไม้ ใบไม้ กากเพชร หรือตกแต่งลวดลายด้วยสี อาจเคลือบด้วยสารเคลือบเงา

9) กระดาษหญ้าปล้อง มผช. 1262/2549 หมายถึง กระดาษที่ทำจากเยื่อของหญ้าปล้อง โดยการนำหญ้าปล้องมาผ่านกระบวนการต้มและตีเยื่อ อาจฟอกสีหรือย้อมสี แล้วขึ้นเป็นแผ่นกระดาษบนตะแกรงแล้วนำไปตากแดดให้แห้ง มีลวดลายในเนื้อกระดาษอาจนำวัสดุอื่น เช่น ดอกไม้ ใบไม้ หรือตกแต่งลวดลายด้วยสีอาจเคลือบด้วยสารเคลือบ

โดยทั่วไปแล้วในการจัดแบ่งประเภทของกระดาษตามลักษณะ และหน้าที่ในการใช้ประโยชน์ จัดแบ่งตามมาตรฐานการผลิตจึงมีหน่วยงานที่เป็นการควบคุมกำหนดมาตรฐานการผลิตกระดาษ เช่น มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุสาหกรรม (มอก.) สำหรับการผลิตในระบบอุตสาหกรรม และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) สำหรับการผลิตในแบบอุตสาหกรรมในครัวเรือน ในการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ เพื่อทำให้ผู้ประกอบการมีความเข้าใจ และมีความรู้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และได้สินค้าที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้นเป็นที่น่าเชื่อถือ และเป็นที่ต้องการของตลาด

2.2.10 สมบัติของกระดาษ

2.1.10.1 สมบัติทางโครงสร้างของกระดาษ (Structural Properties) [42]

กระดาษเป็นแผ่นวัสดุที่ไม่ได้มีเนื้อเดียวกัน และมีความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษที่แตกต่างกัน ซึ่งเกิดจากโครงสร้างของกระดาษที่ประกอบขึ้นจากการสานตัวของเส้นใย ลักษณะทางโครงสร้างของกระดาษจึงเป็นตัวบ่งชี้การจัดเรียงตัวขององค์ประกอบต่างๆ ภายในเนื้อกระดาษโดยมีเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

1) น้ำหนักมาตรฐาน (Basis Weight หรือ Grammage) คือ น้ำหนักของแผ่นกระดาษต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เก็บในสภาวะที่อุณหภูมิและความชื้นที่ได้มีการควบคุมตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษเป็นประโยชน์อย่างมากในการควบคุม

ปริมาณเนื้อเยื่อกระดาษที่ใช้ในการผลิต โดยหน่วยที่ใช้วัดน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษจะเป็นกรัมต่อตารางเมตร ตามระบบสากลทั่วไป แต่บางประเทศจะมีการใช้เป็นหน่วยปอนด์ต่อตารางฟุต หรือปอนด์ต่อ 3,000 ตารางฟุต โดยในปัจจุบันตามมาตรฐานของ ISO และมาตรฐานของ Tappi ซึ่งเป็นมาตรฐานในการทดสอบกระดาษใช้คำว่า แกรมเมจ (Grammage) แทนน้ำหนักมาตรฐาน น้ำหนักมาตรฐานของกระดาษนอกจากจะใช้เป็นเกณฑ์ในการซื้อขายกระดาษแล้ว ยังเปรียบสมบัติในด้าน อื่น ๆ ของกระดาษ เช่น การเปรียบเทียบระหว่างกระดาษชนิดเดียวกันที่ผ่านกระบวนการผลิตในสภาวะเดียวกัน กระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐานที่มากกว่าจึงทำให้มีความแข็ง ความหนา และความทึบแสงมากกว่ากระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐานที่น้อยกว่า

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

3) ความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษ (Formation) คือ ความแตกต่างของปริมาณเส้นใยที่เกิดการสานตัวหรือเกิดพันธะทางเคมีต่อกัน สมบัติดังกล่าวนี้ เป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับกระดาษพิมพ์ ความไม่สม่ำเสมอกันของเนื้อกระดาษเกิดขึ้นจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระดาษ ได้แก่ เส้นใย สารเติมแต่งต่าง ๆ ที่ใช้ผสมกันที่มีความแตกต่างกันของขนาด รูปร่าง ความหนาแน่น ดัชนีหักเหของแสง องค์ประกอบทางเคมีและขั้นตอนในการผลิต ซึ่งมีผลต่อการกระจายตัวและการจับตัวของสารผสม โดยการตรวจสอบความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษสามารถทำได้ โดยการยกแผ่นกระดาษขึ้นส่องกับแสงสว่าง ถ้าหากกระดาษมีความสม่ำเสมอต่ำ (Poor Formation) ซึ่งจะเห็นการกระจายตัวของเนื้อกระดาษไม่สม่ำเสมอกันจะปรากฏภาพเป็นดวง ๆ หรือมองดูมีลักษณะคล้ายก้อนเมฆ ความสม่ำเสมอของกระดาษมีผลต่อสมบัติของกระดาษทั้งทางเชิงกลและความทึกแสงของกระดาษ

4) ทิศทางของเส้นใย (Directionality) คือ ทิศทางการเรียงตัวของเส้นใยเซลลูโลสในแผ่นกระดาษ เส้นใยเซลลูโลสส่วนมากมีการเรียงตัวไปในทิศทางการไหลและการเคลื่อนที่ของตะแกรงบนเครื่องผลิตกระดาษ โดยแนวการเรียงตัวของเส้นใย หรือแนวเส้นใยของกระดาษจะอยู่ในแนวขนานของเครื่อง (Machine Direction, MD) หรือแนวเกรน (Grain Direction) ส่วนแนวของกระดาษที่ตั้งฉากกับแนวขนานของเครื่องจะเรียกว่าแนวขวางเครื่อง (Cross Direction, CD) หรือ แนวขวางเกรน (Cross - Grain Direction) ซึ่งการเรียงตัวของเส้นใยในแผ่นกระดาษทั้งสองแนวจึงมีความแตกต่างกัน ทำให้สมบัติของกระดาษทั้งสองแนวเกิดความแตกต่างกัน

5) ความแตกต่างของผิวกระดาษสองด้าน (Two - Sideness) คือ สองด้านของผิวกระดาษ ซึ่งมีด้านตะแกรง (Wire Side, WS) และด้านสักหลาด (Felt Side, FS) โดยด้านตะแกรงหมายถึง ด้านที่อยู่ตรงข้ามกับด้านตะแกรงหรือเป็นด้านบน เวลาทำแผ่นกระดาษจึงเรียกว่าด้านบน (Top Side) ในส่วนตะแกรงลวดเดินแผ่นจะมีการสั่นสะเทือนของเครื่อง เพื่อทำไม่ให้เส้นใยจับตัวกันน้ำเยื่อจะเริ่มก่อตัวเป็นแผ่นด้วยกระบวนการกรอง และแยกน้ำออก โดยการแยกน้ำจะมีอุปกรณ์ลมดูดเอาส่วนเยื่อละเอียด หรือ สารเติมแต่งหลุดไปพร้อมกับน้ำ หากมองในทิศทางของ Z (Z° direction) หรือภาพตัดขวางของกระดาษทั้งแผ่น จะเห็นได้ว่ากระดาษทั้งสองด้านจะมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน โดยด้านบนหรือด้านสักหลาดจะมีส่วนของเยื่อละเอียด (Fine) และส่วนที่ไม่ใช่เส้นใยอยู่มาก ในขณะที่ด้านตะแกรงซึ่งเป็นด้านล่างจะมีส่วนที่เป็นเส้นใย และมีการจัดเรียงตัวตามแนวเกรนของเครื่องส่วนของเยื่อละเอียดและอนุภาคของสารเติมแต่งสามารถลอดผ่านตะแกรงไปได้ผิวกระดาษด้านตะแกรงจะหยาบมากกว่าด้านสักหลาด

2.2.10.2 สมบัติทางเชิงกลของกระดาษ (Mechanical Properties) [43]

สมบัติเชิงกลของกระดาษเป็นตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพในการใช้งานของกระดาษการที่กระดาษมีความทนทานต่อการใช้งานและมีความสามารถในด้านการต้านทานแรงในด้านต่าง ๆ เช่น ความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงดันทะลุ ความต้านทานแรงฉีกขาด ความทนทานต่อการพับขาด และความแข็งตึง ซึ่งแรงเหล่านี้เกิดขึ้นในหลายขั้นตอนในการผลิตกระดาษ การแปรรูปจนถึงการนำไปใช้งาน

1) ความต้านทานแรงดึงขาด (Tensile Strength) คือ ความสามารถในการปรับแรงดึงสูงสุดที่กระดาษจะทนได้ก่อนจะขาดจากกัน มีหน่วยเป็นแรงต่อความกว้างของกระดาษที่ใช้ทดสอบ เช่น กิโลนิวตันต่อเมตร (KN/m) หรือปอนด์ต่อนิ้ว (Lb/in) ซึ่งค่าที่วัดได้เป็นสิ่งที่บ่งชี้ให้เห็นถึงความทนทาน และศักยภาพในการใช้งานของกระดาษซึ่งรับแรงในขณะใช้งาน หลักในการทดสอบความต้านทานแรงดึงขาด โดยนำกระดาษที่ได้รับการตัดแล้วตามมาตรฐานการทดสอบ นำไปยึดไว้ระหว่างปากจับชิ้นทดสอบ เป็นการดึงให้กระดาษขาดด้วยอัตราการยืดตัวคงที่ (Constant Straining) ที่วัดค่าแรงด้วย Load cell ปากจับข้างหนึ่งจนตึงอยู่กับ Load cell อีกข้างหนึ่งเคลื่อนที่ไปด้วยอัตราเร็วคงที่โดยเครื่องทดสอบประเภทนี้เรียกว่า เครื่องทดสอบแบบอิเล็กทรอนิกส์

2) ความต้านทานแรงดันทะลุ (Burst Strength) คือ ความสามารถของกระดาษที่มีความสามารถทนต่อแรงดันได้สูงสุด มีหน่วยเป็นแรงต่อความกว้างของกระดาษที่ใช้ในการทดสอบ หน่วยที่วัดได้เป็นกิโลปาสกาล (kPa) หรือ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือ วัดได้เป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความต้านแรงดันทะลุมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความต้านแรงดึงในแนวขนานเครื่อง

ความแข็งแรงต่อแรงด้านทะลุของกระดาษที่ผลิตได้จากเยื่อใยยาวจะมีมากกว่ากระดาษที่ผลิตได้จากเยื่อใยสั้น หลักการในการตรวจสอบความต้านทานแรงดันทะลุ คือ วางชิ้นทดสอบระหว่างปากจับบนและล่าง ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นกลมมีช่องตรงกลางแล้วเดินเครื่องทำงาน กลีเซอลีนที่ อยู่ภายในเครื่องจะดันแผ่นยางไดอะเฟรมจนโป่งขึ้นดันกระดาษจนแตกทะลุ

3) ความต้านทานแรงฉีกขาด (Tear Resistance) คือ ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงกระทำ ซึ่งจะทำให้ชิ้นทดสอบขาดออกจากรอยฉีกเดิม โดยเฉพาะในการวัดจะเป็นมิลลินิวตัน (mN) หรือ กรัม (Gram) กระดาษที่จำเป็นจะต้องมีการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงฉีกขาด ได้แก่ กระดาษทำถุง กระดาษพิมพ์ และกระดาษเขียน เป็นต้น การทดสอบความต้านทานต่อแรงฉีกขาดทำได้โดยนำชิ้นทดสอบที่มีขนาดตามมาตรฐานที่กำหนดในระหว่างปากจับบนแท่นเครื่อง และบนลูกตุ้มที่เคลื่อนที่ได้ และใช้ใบมีดตัดชิ้นทดสอบเป็นการฉีกนำยาวประมาณ 2 เซนติเมตร ทำการทดสอบโดยปล่อยให้ลูกตุ้มเคลื่อนที่ชิ้นทดสอบจะฉีกขาด โดยเส้นใยยาวจะมีความแข็งแรงต่อแรงฉีกขาด มากกว่าเส้นใยสั้น การเพิ่มปริมาณการบดเยื่อก็มีผลทำให้ความแข็งแรงต่อแรงฉีกขาดของกระดาษเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน หากบดเยื่อมากเกินไปจนทำให้เส้นใยมีขนาดสั้นลงมาก ความแข็งแรงต่อแรงฉีกของกระดาษก็จะลดน้อยลง

4) ความทนทานต่อการพับขาด (Folding Endurance) คือ การพับไปพับมา (Double Folds) ของชิ้นกระดาษที่ทำการทดสอบ จนกระทั้งชิ้นทดสอบขาดออกจากกันภายใต้แรงดึงที่กำหนด ซึ่งหน่วยที่ใช้เป็นจำนวนครั้ง หรือ log 10 ในระบบ SI ค่าความทนทานต่อแรงพับขาดจะเป็นการวัดที่รวมความต้านทานแรงดึงขาด การยืดตัว (Stretch) การแยกชิ้นของกระดาษ และความต้านทานแรงกด ซึ่งจะทำให้เห็นอายุการใช้งานของกระดาษได้ หลักการในการทดสอบความทนทานต่อการพับขาดจะทำได้โดยยึดปลายข้างหนึ่งของชิ้นทดสอบด้วยแรงคงที่ ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งถูกจับด้วยปลายจับแล้วพับไปมาด้วยความเร็วคงที่ และองศาตามมาตรฐานที่กำหนดจนกระทั่งชิ้นกระดาษ

5) ความแข็งตึง (Siffness) คือ ความต้านทานของกระดาษต่อการโค้งที่เกิดจากน้ำหนักของตัวกระดาษ ความแข็งตึงของกระดาษมีความสำคัญต่อการป้อนและรับกระดาษบนเครื่องพิมพ์ เนื่องจากกระดาษในแนวขนานของเครื่องพิมพ์มีความแข็งตึงมากกว่า ทำให้สภาพการเดินแผ่นกระดาษคล่องตัวดีกว่ากระดาษในแนวขวางเครื่อง การเพิ่มความแข็งตึงของกระดาษทำได้โดยการเพิ่มปริมาณการบดเยื่อ แต่การบดเยื่อมากเกินไปมีผลทำให้ความแข็งตึงของกระดาษลดลง เนื่องจากความยาวของเส้นใยน้อยลง ความแข็งตึงของกระดาษก็จะลดตามปริมาณของตัวเติมที่เติมลงในกระดาษ ปริมาณความชื้นในกระดาษ และปริมาณการรีดกระดาษที่เพิ่มขึ้น

2.2.10.3 สมบัติด้านทัศนศาสตร์ของกระดาษ (Optical Properties) [44]

สมบัติด้านทัศนศาสตร์ของกระดาษ หมายถึง สมบัติทางแสงของกระดาษที่ปรากฏแก่สายตา ได้แก่ ความขาวสว่าง (Brightness) ความทึบแสง (Opacity) ความมันวาว (Gloss) และความขาว (Whiteness) สมบัติเหล่านี้ไม่สามารถวัดค่าได้จากหลักการทางฟิสิกส์ได้เพียงอย่างเดียว แต่จะต้องประกอบด้วยหลักการทางจิตวิทยาร่วมด้วย ดังนั้นในการวัดค่าสมบัติทางด้านทัศนศาสตร์จึงต้องประกอบด้วย3ส่วนในการพิจารณา คือ แหล่งกำเนิดแสง กระดาษที่ถูกส่องสว่างและดวงตามนุษย์หรือ เครื่องวัดแสง ที่ทำหน้าที่สังเกตการณ์ และแปลผลของการสะท้อนแสง หรือ การส่องผ่านของแสงที่กระทำต่อกระดาษ

1) ความขาวสว่าง (Brightness) คือ ค่าการสะท้อนแสงของแสงสีน้ำเงินที่ช่วงคลื่น 457 นาโนเมตรเท่านั้น จุดประสงค์เพื่อการวัดความขาวสว่าง เพื่อต้องการดูผลของการฟอกเยื่อเป็นสำคัญเยื่อกระดาษที่ยังไม่ได้ฟอกส่วนมากจะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงเหลืองอ่อนเนื่องจากการดูดซับแสงสีน้ำเงินไว้ ทำให้ค่าการสะท้อนแสงที่ได้ในช่วงแสงสีน้ำเงินมีค่าต่ำแต่ถ้านำเยื่อไปฟอกโดยการขจัดลิกนินหรือ เปลี่ยนโครงสร้างแล้ว เยื่อฟอกขาวที่ได้จะให้ค่าการสะท้อนแสงสีน้ำเงินสูงขึ้นมาก

2) ความทึบแสง (Opacity) คือ สมบัติที่จำเป็นสำหรับกระดาษพิมพ์และเขียน กระดาษจะต้องทึบแสงพอที่จะบังภาพ หรือตัวอักษรที่อยู่ด้านหลังไม่ให้ปรากฏจนเกิดปัญหาในการอ่านและความชัดเจนของสิ่งพิมพ์ ซึ่งความทึบแสงสามารถวัดได้โดยการเปรียบเทียบค่าการสะท้อนแสงสีเขียวที่ช่วงคลื่น 557 นาโนเมตร ระหว่างกระดาษแผ่นเดียวที่รองหลังด้วยพื้นสีดำสนิท

3) ความมันวาว (Gloss) คือ สมบัติด้านทัศนศาสตร์อย่างหนึ่งของกระดาษเคลือบผิว ซึ่งมุมสะท้อนจะเท่ากับมุมตกกระทบ สำหรับกระดาษนิยมใช้เชิงมุม 75 องศากับเส้นปกติ ถ้าแสงที่สะท้อนในเชิงมุมกระดาษบางประเภทที่มีความมันวาวมาก เช่น กระดาษชุบไข (Waxed Paper) อาจใช้มุมในการวัด 20 องศา

4) ความขาว (Whiteness) คือ สมบัติที่แตกต่างจากความขาวสว่าง ถ้ากระดาษนั้นสะท้อนแสงในช่วงคลื่นตามองเห็นออกมาสม่ำเสมอกว่าการย้อม (Tinting) กระดาษขาวด้วยสีม่วง หรือสีน้ำเงิน ให้ดูขาวขึ้นก็เพราะ แสงสีเหลืองและแสงสีแดงถูกดูดซับไว้มากขึ้น จึงถูกสะท้อนออกมาน้อยลง หากวัดค่าความขาวสว่างจะพบว่าลดลงเล็กน้อย เนื่องจากสีที่ใส่ลงไปในกระดาษจะถูกดูดกลืนแสงไว้ แต่สีน้ำเงินจะมีผลกระทบต่อค่าความขาวสว่างน้อยกว่าสีอื่น การใช้สารฟอกนวลในกระดาษเป็นการช่วยให้กระดาษมีการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นสีม่วงและสีน้ำเงินมากขึ้น กระดาษจึงดูขาวขึ้นเมื่อดูด้วยแสงแดดหรือแสงที่มีปริมาณรังสีอุลตราไวโอเลตใกล้เคียงกับแสงธรรมชาติ

2.3 การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำ

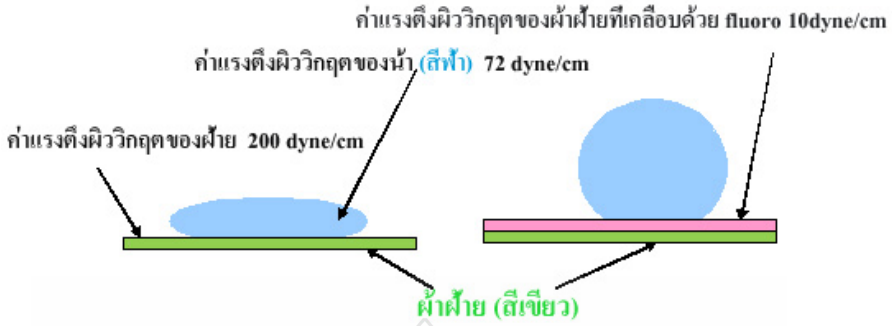
การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำ เป็นการทำให้วัสดุมีคุณสมบัติในการกันน้ำโดยใช้วิธีการเคลือบด้วยสารที่ไม่มีการดูดซึมน้ำ เช่น สารจำพวกขี้ผึ้งหรือยางจากธรรมชาติ เป็นต้น การใช้ยางธรรมชาติมีข้อเสียคือ เมื่อเก็บไว้นานจะแข็งเปราะ และทำให้หนาขึ้น ต่อมาจึงได้มีการนำสารสังเคราะห์มาใช้แทน ได้แก่ โพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride) และเซลลูโลสอะซิเตท (Cellulose Acetate) สารเหล่านี้มีคุณสมบัติในการกันน้ำได้ดีกว่ายางธรรมชาติ ทั้งยังมีสีและความโปร่งใสที่ดีกว่า อย่างไรก็ดีการตกแต่งกันน้ำโดยวิธีใช้สารเคลือบไปทั่วทั้งพื้นผิวผ้ามีข้อเสียคือ ทำให้อากาศไม่สามารถผ่านเข้าออกได้ ต่อมาจึงได้มีการพัฒนาสารตกแต่งกันน้ำที่สามารถดูดซึมเข้าไปในเส้นใย และทำให้ผ้ามีคุณสมบัติในการกันน้ำได้โดยที่ช่องว่างระหว่างเส้นด้ายไม่ถูกปิดไป อากาศยังคงผ่านเข้าออกได้ [45]

2.3.1 การเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารสะท้อนน้ำกับเส้นใย [46]

หลักการเกิดปฏิกิริยากับเส้นใยด้วยปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน (Esterification) กับอีเทอร์ริฟิเคชัน (Etherification) บนเส้นใยเซลลูโลสกับสารสะท้อนน้ำ สารเคมีที่ใช้มีหลายประเภท เช่น อนุพันธ์กรดไขมันที่มีประจุบวกที่ทำปฏิกิริยากับเส้นใย เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนจำพวกสารประเภทไพริดินัม แต่มีข้อเสียคือมีสารไพริดีน (Pyridine) ปล่อยออกมาทำให้เกิดกลิ่นเหม็นและเป็นพิษในระหว่างกระบวนการตกแต่งที่ความร้อน ส่วนเรซินสังเคราะห์ที่ได้จากการดัดแปรไขมันและพาราฟินแว็กซ์ (Paraffin wax) ซึ่งเป็นสารที่มีประสิทธิภาพดีมาก ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (Urea Formaldehyde) และเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ (Melamine Formaldehyde) เป็นสารเชื่อมขวางระหว่างเส้นใยภายในโมเลกุลทำให้เกิดพันธะโคเวเลนต์ (Covalent Bond) โดยมีหมู่ที่ไม่ชอบน้ำเป็นตัวกำหนดสมบัติสะท้อนน้ำของผ้า อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการปลดปล่อยฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) สูง จะมีกลิ่นคล้ายผลไม้และเป็นอันตรายต่อสุขภาพ นอกจากนี้ยังมีอนุพันธ์ของกรดไขมันที่ประกอบด้วยโลหะ สารประกอบเชิงซ้อนออร์แกโนเมทแทลลิกของโครเมียมที่ใช้กัน แต่มีข้อเสียที่เป็นปัญหาแก่สิ่งแวดล้อม ภายหลังจากทำการตกแต่งสำเร็จแล้ว น้ำทิ้งที่ออกมาจะมีโลหะโครเมียมปนเปื้อนอยู่ จึงมีการใช้อย่างจำกัด

2.3.2 กลไกการสะท้อนน้ำ (Mechanisms of Repellency) [47]

กระบวนการสะท้อนน้ำ โดยจากความสัมพันธ์ของค่าแรงตึงผิววิกฤต (Critical Surface Tension) ของผ้าและของเหลวซึ่งมีค่าแรงตึงวิกฤตของผ้าที่มีค่าน้อยกว่าแรงตึงผิววิกฤตของของเหลว โดยของเหลวจะไม่ซึมเข้าจะทำให้เกิดเป็นสมบัติกันน้ำ (Water Repellent) เพราะฉะนั้นในการทำ Water/Oil repellent จะต้องทำให้ของแข็งมีค่าแรงตึงผิววิกฤตลดลงต่ำกว่าค่าแรงตึงผิววิกฤตของของเหลว ดังแสดงในรูปที่ 2.7 (ค่าแรงตึงผิววิกฤตผ้า>ค่าแรงตึงผิววิกฤตของๆ เหลว=ผ้าเปียก, ค่าแรงตึงผิววิกฤตผ้า < ค่าแรงตึงผิววิกฤตของของเหลว = ผ้าสะท้อนน้ำ)



รูปที่ 2.7 ค่าแรงตึงผิววิกฤตของผ้าฝ้ายขณะเปียกและขณะสะท้อนน้ำ
ที่มา : [48]

2.3.3 มุมสัมผัสของน้ำ (Contact Angle) [46]

การสะท้อนน้ำบนพื้นผิววัสดุได้จากการวัดมุมสัมผัสของน้ำ ซึ่งเป็นมุมสัมผัสที่เกิดจากจุดบนเส้นสัมผัสของเฟส 3 เฟส ที่มีอย่างน้อย 2 เฟสที่สัมผัสกัน ซึ่งหาได้โดยลากเส้นสัมผัสวงของหยดของเหลวกับพื้นผิว ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ทั้ง 3 เฟส จะมีเพียงเฟสเดียวที่ต้องเป็นของเหลวอีกเฟสจะเป็นของแข็งหรือของเหลว และเฟสสุดท้ายจะเป็นอากาศหรือของเหลว

รูปที่ 2.8 มุมสัมผัสของเหลว
ที่มา : [49]

ค่ามุมสัมผัสจะขึ้นอยู่กับพลังงานพื้นผิวและแรงตึงผิวของเหลว ถ้าพื้นผิวมีการเปียกที่สมบูรณ์กับของเหลว หยดของเหลวจะแบ่งตัวออกไปทั่วทั้งพื้นผิว ทำให้มุมสัมผัสมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ขณะเดียวกันถ้าพื้นผิวสามารถเปียกโดยของเหลวได้ไม่ดี มุมสัมผัสระหว่างหยดของเหลวกับพื้นผิว

ก็จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 180 องศา โดยที่ค่ามุมสัมผัสของน้ำสูง แสดงให้เห็นว่าผิวสัมผัสมีสมบัติสะท้อนน้ำได้ดี แต่ถ้ามุมสัมผัสของน้ำต่ำ พื้นผิวจะถูกทำให้เปียกได้ง่าย [49] ในการพิจารณาการเปียกของเหลวบนพื้นผิววัสดุว่าเปียกได้ดีหรือไม่ดี ดังแสดงในรูปที่ 2.9 โดยมีเกณฑ์ดังนี้

2.3.3.1 มุมสัมผัสเท่ากับ 0 องศา

การเปียกอย่างสมบูรณ์ ซึ่งเป็นกรณีที่แรงยึดติดมีค่ามากกว่าแรงเชื่อมแน่นมาก ๆ เมื่อของเหลวถูกหยดลงบนผิววัสดุ ของเหลวจะกระจายไปตามผิวจนกลายเป็นชั้นของของเหลวบาง ๆ คลุมพื้นผิววัสดุเป็นบริเวณกว้างที่สุด

2.3.3.2 มุมสัมผัสมีค่าระหว่าง 0 ถึง 90 องศา

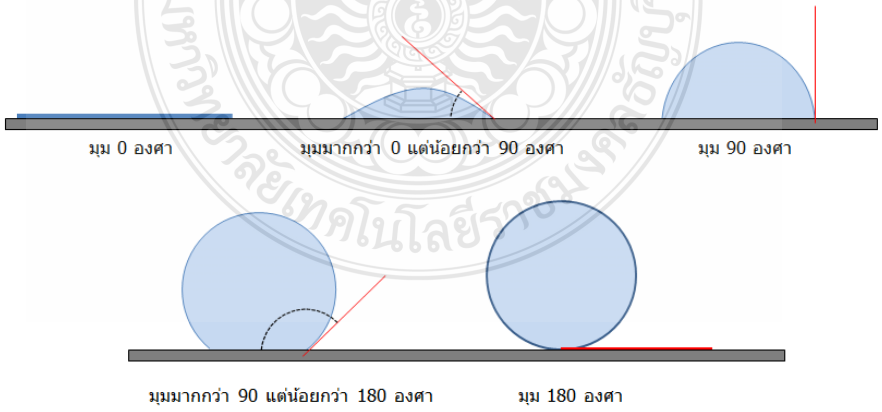
เกิดการเปียกได้ดี ของเหลวจะกระจายไปบนผิวได้เป็นบริเวณกว้าง แต่ก็ยังคงเกาะกันเป็นหยดนูนขึ้นเล็กน้อยบนพื้นผิววัสดุ

2.3.3.3 มุมสัมผัสมีค่าตั้งแต่ 90 แต่ไม่ถึง 180 องศา

ของเหลวจะรวมกันเป็นหยดรูปทรงค่อนข้างกลม จะมีบริเวณเล็ก ๆ ที่ฐานของหยดของเหลว ที่ของเหลวยังคงแตะกับผิววัสดุ เรียกว่าผิวเปียกยาก

2.3.3.4 มุมสัมผัสมีค่าเท่ากับ 180 องศา

เกิดขึ้นเมื่อแรงยึดติดมีค่าน้อยกว่าแรงเชื่อมแน่นมาก ๆ ดังนั้นของเหลวจะรวมกันเป็นหยดทรงกลม บริเวณที่ของเหลวแตะกับพื้นผิววัสดุจะอยู่ที่ฐานของทรงกลม ซึ่งเล็กมากจนแทบจะเป็นจุด เมื่อเป็นลักษณะนี้ ของเหลวสามารถกลิ้งไปมาบนพื้นผิววัสดุได้อย่างอิสระเหมือนลูกบอลกลิ้งบนพื้นเรียบ เรียกว่าผิวไม่เปียก [50]



รูปที่ 2.9 การเปียกและมุมสัมผัสในแต่ละลักษณะ
ที่มา : [50]

2.3.4 สารสะท้อนน้ำที่มีใช้ในภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอ [51]

สารสะท้อนน้ำที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอมีหลายประเภทได้แก่ สารพาราฟิน แว็กซ์ (Paraffin wax) สารซิลิโคน (Silicone) และสาร Fluorocarbon - based repellents (FC) โดยมีรายละเอียดดังนี้

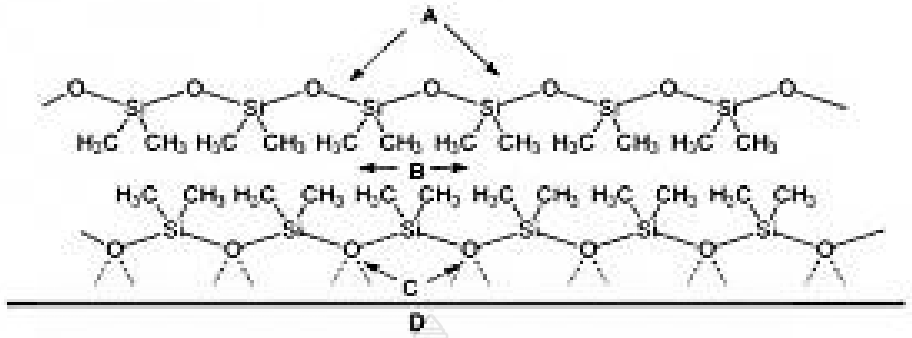
2.3.4.1 สารพาราฟิน แว็กซ์ (Paraffin wax)

เป็นสารสะท้อนน้ำที่ใช้กันในยุคแรก ๆ ส่วนใหญ่จะเป็นกรดไขมันประเภท กรดสเตียริก แอซิด (Stearic Acid) ที่มีส่วนประกอบของอะลูมิเนียม (Aluminium) หรือเซอร์โคเนียม (Zirconium) ดังแสดงในรูปที่ 2.10 สารสะท้อนน้ำชนิดนี้จะไปทำปฏิกิริยากับเส้นใยทำให้เกิดสมบัติสะท้อนน้ำขึ้น แต่สารกลุ่มนี้จะไปเพิ่มการติดไฟของผ้าได้ แต่ปัจจุบันไม่นิยมนำมาใช้ในสิ่งทอแล้ว

รูปที่ 2.10 องค์ประกอบเคมีของสารพาราฟิน แว็กซ์ (Paraffin wax)
ที่มา : [48]

2.3.4.2 สารสะท้อนน้ำประเภทซิลิโคน (Silicone)

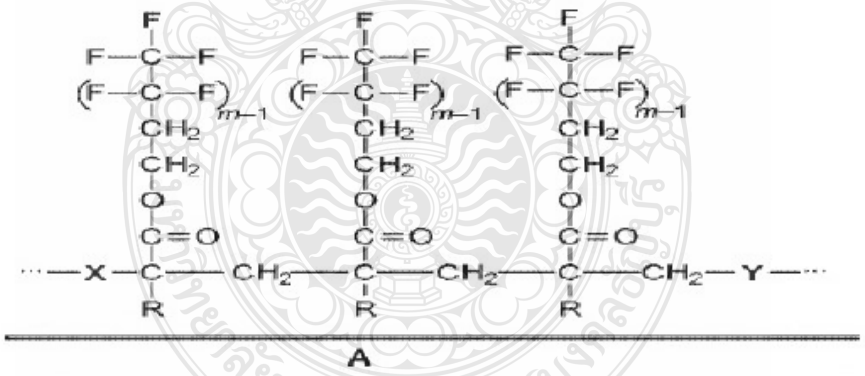
เป็นสารจำพวกพอลิไดเมทิลซิโลเซน (Polydimethylsiloxane) โดยที่ลักษณะในการสะท้อนน้ำของสารชนิดนี้จะมาสร้างชั้นที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic layer) รอบๆเส้นใย โดยโครงสร้างของพอลิไดเมทิลซิโลเซน จะยึดติดกับเส้นใยด้วยพันธะไฮโดรเจน และจะแสดงสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) บนผิวของเส้นใย สารในกลุ่มนี้มีความนิยมใช้กันค่อนข้างมากในปัจจุบัน มีองค์ประกอบทางเคมีดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 องค์ประกอบเคมีของสารซิลิโคน (Silicone)
ที่มา : [48]

2.3.4.3 สาร Fluorocarbon-based repellents (FC)

สารสะท้อนน้ำชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดในบรรดาสารสะท้อนน้ำที่ใช้กัน โดย FC นี้เมื่อตกแต่งสำเร็จลงบนผ้าแล้ว จะมีการก่อรูป CF3 คลุมบริเวณพื้นผิวเส้นใยด้านนอก ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพการสะท้อนน้ำดีมาก มีองค์ประกอบทางเคมีดังแสดงในรูปที่ 2.12



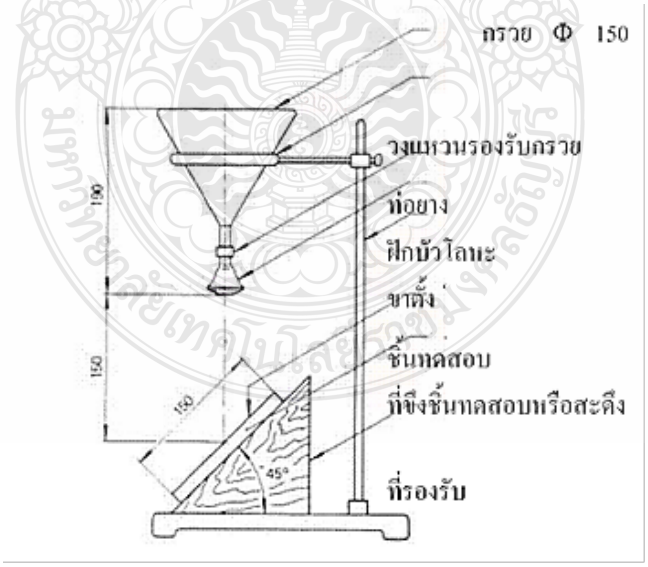
รูปที่ 2.12 องค์ประกอบเคมีของสาร Fluorocarbon-based repellents
ที่มา : [52]

2.3.5 วิธีทดสอบการต้านการเปียกน้ำโดยวิธีพ่นน้ำ [53]

หลักการทดสอบการต้านการเปียกน้ำ ทำโดยการพ่นน้ำตามปริมาตรที่กำหนดลงบนชิ้นทดสอบ ซึ่งขึงอยู่บนสะดึงที่เอียงเป็นมุม 45 องศา โดยที่กึ่งกลางของชิ้นทดสอบอยู่ใต้หัวพ่นน้ำตามระยะที่กำหนด หาค่าการต้านการเปียกน้ำของผิวชิ้นทดสอบ โดยประเมินลักษณะปรากฏของชิ้นทดสอบหลังพ่นน้ำเปรียบเทียบกับรูปภาพมาตรฐานและคำอธิบาย ซึ่งใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ดังนี้

2.3.5.1 อุปกรณ์ทดสอบการพ่นน้ำ (Spray Device)

ประกอบด้วยกรวยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร ที่อยู่ในแนวตั้ง มีฝักบัวโลหะ (Metal Nozzle) ต่ออยู่กับท่อยางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างจุดสูงสุดของกรวยและจุดต่ำสุดของฝักบัวโลหะเท่ากับ 190 มิลลิเมตร ฝักบัวโลหะมีผิวหน้าโค้งนูน และมีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.9 มิลลิเมตร จำนวน 19 รู กระจายทั่วผิวหน้าของฝักบัว และต้องให้น้ำกลั่นหรือน้ำที่ไม่มีประจุปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไหลผ่านจากกรวยจนหมดภายในเวลา 25 วินาที ถึง 30 วินาที และที่ขึงชิ้นทดสอบหรือสะดึงมีลักษณะเป็นวงแหวน 2 วง ทำจากไม้หรือโลหะสำหรับสวมทับกันพอดี ใช้ขึงยึดชิ้นทดสอบให้แน่น โดยที่วงแหวนวงนอกมีเส้นผ่าศูนย์กลางด้านใน 150 มิลลิเมตร และวงแหวนวงในมีเส้นผ่าศูนย์กลางด้านนอก 150 มิลลิเมตร เมื่อวางชิ้นทดสอบที่ขึงเรียบร้อยแล้วลงบนที่รองรับซึ่งเอียงเป็นมุม 45 องศา และให้ศูนย์กลางของชิ้นทดสอบอยู่ต่ำจากศูนย์กลางของผิวหน้าฝักบัวโลหะ 150 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.13 อุปกรณ์ทดสอบการพ่นน้ำ
ที่มา : [53]

2.3.5.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ

สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ คือ น้ำกลั่นหรือน้ำที่ขจัดไอออนแล้ว (Fully Deionized Water) ที่อุณหภูมิ (20 ± 2) องศาเซลเซียส หรือ (27 ± 2) องศาเซลเซียส

2.3.5.3 ภาวะทดสอบ

ปรับภาวะตัวอย่างทดสอบ (Condition) ในบรรยากาศมาตรฐานสำหรับการทดสอบสิ่งทอ ที่อุณหภูมิ (20 ± 2) องศาเซลเซียสความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ (65 ± 4) ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง และทำการทดสอบในบรรยากาศมาตรฐาน หากมีการตกลงกันระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง อาจปรับภาวะตัวอย่างทดสอบและทดสอบที่อุณหภูมิห้องได้

2.3.5.4 การเตรียมชิ้นทดสอบ

เตรียมชิ้นทดสอบขนาด 180×180 มิลลิเมตร อย่างน้อย 3 ชิ้น โดยตัดชิ้นทดสอบจากตำแหน่งต่าง ๆ กัน เพื่อให้เป็นตัวแทนของผืนผ้าตัวอย่าง และห่างจากริมผ้าไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของความกว้างหน้าผ้า ต้องไม่ตัดชิ้นทดสอบจากบริเวณที่มีรอยยับหรือรอยพับ

2.3.5.5 การทดสอบ

1) ปรับสภาวะชิ้นทดสอบตามข้อที่ 2.3.5.3 ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง นำชิ้นทดสอบที่ปรับสภาวะแล้วยึดให้ตึงด้วยที่ขึงชิ้นทดสอบหรือสะดึง จากนั้นวางบนที่รองรับของอุปกรณ์พ่นน้ำ โดยให้ผิวผ้าด้านใช้งานอยู่ด้านบนและจัดชิ้นทดสอบให้ทิศทางของด้ายยืนขนานกับทิศทางการไหลของน้ำที่ตกลงบนชิ้นทดสอบ

2) เทน้ำกลั่นปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในกรวยอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ ขณะเทน้ำลงในกรวยไม่ควรให้กระบอกตวงสัมผัสกับกรวย เนื่องจากถ้ากรวยมีการเคลื่อนที่จะทำให้ตำแหน่งการพ่นน้ำลงบนชิ้นทดสอบเปลี่ยนไป ให้น้ำพ่นออกมาจากฝักบัวโลหะต่อเนื่องกันให้หมดภายใน 25 วินาที ถึง 30 วินาที ทันทีที่การพ่นน้ำหยุดลง ให้นำที่ขึงชิ้นทดสอบหรือสะดึงออกจากอุปกรณ์พ่นน้ำ พลิกกลับด้านให้ผิวด้านใช้งานอยู่ด้านล่าง จับให้ขนานกับแนวราบ แล้วแคะขอบที่ขึงชิ้นทดสอบหรือสะดึงด้านตรงข้ามที่มือจับกับของแข็ง 1 ครั้ง หมุนสะดึงไป 180 องศา แล้วเคาะอีก 1 ครั้ง

3) ประเมินค่าการต้านการเปียกน้ำทันทีหลังการเคาะ โดยการเปรียบเทียบลักษณะการเปียกกับภาพมาตรฐานและคำอธิบายตามรูปที่ 2.14

4) ให้ทำการทดสอบให้ครบทั้ง 3 ชิ้น

2.3.5.6 การรายงานผล

ให้ระบุรายละเอียดในรายงานผลการทดสอบ ดังต่อไปนี้

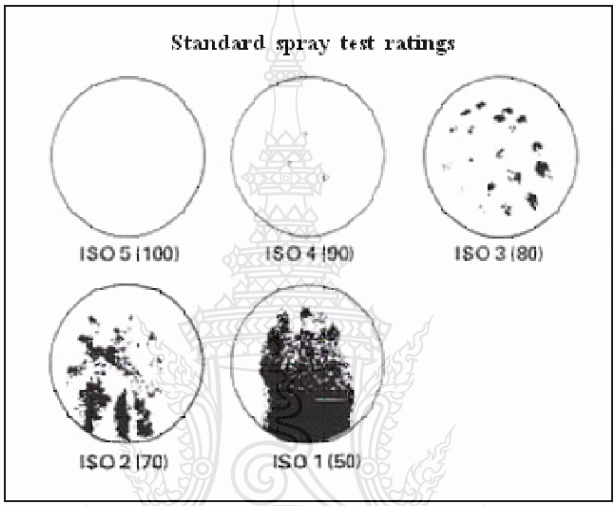
1) มาตรฐานที่ใช้ทดสอบ และวันที่ทดสอบ

2) ภาวะทดสอบที่ใช้

3) อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ (20 องศาเซลเซียส หรือ 27 องศาเซลเซียส หรือที่อุณหภูมิอื่น)

4) รายงานค่าการต้านการเปียกน้ำของผิวผ้าของชิ้นทดสอบทุกชิ้น

2.3.5.7 ระดับการให้คะแนนแสดงค่าการต้านการเปียกน้ำ



รูปที่ 2.14 ระดับการให้คะแนนแสดงค่าการต้านการเปียกน้ำ
ที่มา : [53]

1) ระดับ 1 (ISO 1 เท่ากับ AATCC 50) หมายถึง ผิวผ้าด้านหน้ารอบบริเวณที่ถูกน้ำพ่นเปียกทั้งหมด

2) ระดับ 2 (ISO 2 เท่ากับ AATCC 70) หมายถึง ผิวผ้าด้านหน้ารอบบริเวณที่ถูกน้ำพ่นเปียกบางส่วน

3) ระดับ 3 (ISO 3 เท่ากับ AATCC 80) หมายถึง ผิวผ้าด้านหน้าเปียกเฉพาะบริเวณที่ถูกพ่น

4) ระดับ 4 (ISO 4 เท่ากับ AATCC 90) หมายถึง ผิวผ้าด้านหน้ามีหยดน้ำเล็ก ๆ เกาะอยู่เล็กน้อย หรือรอยเปียกเล็กน้อย

5) ระดับ 5 (ISO 5 เท่ากับ AATCC 100) หมายถึง ผิวผ้าด้านหน้าไม่มีหยดน้ำเล็ก ๆ เกาะอยู่ และไม่มีรอยเปียก

2.4 ผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์

การออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ ที่มีความสวยงามแตกต่างไปจากผลิตภัณฑ์จากกระดาษที่มีรูปแบบเดิม และพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์เดิม ที่มีอยู่ในท้องตลาดให้มีความสวยงามแปลกใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปใช้เป็นสินค้าที่มีความสวยงามน่าสนใจมากยิ่งขึ้น [54] งานออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์เป็นงานที่ใช้ฝีมือ ความคิดสร้างสรรค์ ภูมิปัญญาและที่สำคัญคือ การนำวัสดุมาใช้ให้เกิดประโยชน์ จะช่วยทำให้งานประดิษฐ์มีคุณค่าและราคายิ่งขึ้น สิ่งประดิษฐ์เกิดขึ้นเพราะมนุษย์เป็นผู้สร้างผู้พัฒนา ปรับปรุงและเปลี่ยนแปลง ผลงานด้วยความคิดสร้างสรรค์ที่มีอยู่ในแต่ละบุคคล เป็นการถ่ายทอดความรู้ ความคิด และประสบการณ์ ตลอดจนทักษะความชำนาญ ให้ออกมาเป็นผลงานที่สมบูรณ์สวยงาม ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อตอบสนองความต้องการด้านความสวยงามประโยชน์ใช้สอย การสร้างสรรค์งานประดิษฐ์ให้ประสบความสำเร็จ ผู้ประดิษฐ์ต้องมีใจรักในงาน ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมอยู่เสมอมีความอดทน ทดลองฝึกและฝึกปฏิบัติจนเกิดความชำนาญ สามารถประยุกต์ ดัดแปลงสร้างสรรค์งานประดิษฐ์ใหม่ ๆ ให้สอดคล้องกับวัสดุและเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังต้องมีความรู้ในเรื่องศิลปะ หลักการออกแบบบรรจุภัณฑ์ การคำนวณต้นทุน กำหนดราคาขายและการจัดจำหน่าย ซึ่งจะช่วยเพิ่มคุณค่าแก่งานประดิษฐ์ [55]

2.4.1 การออกแบบผลิตภัณฑ์ [56]

การออกแบบจึงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งนอกเหนือจากปัจจัยสี่ คือ สิ่งที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้นเพื่อก่อให้เกิดความงามและประโยชน์การใช้สอย ทั้งสำหรับตนเองและสังคม มนุษย์มีแนวความคิดในเรื่องของการออกแบบที่ได้แรงบันดาลใจจากรูปลักษณะ และสัดส่วนตลอดทั้งวิธีการและกลไกที่ธรรมชาติสร้างขึ้น โดยสังเกตศึกษาและลอกเลียนแบบกลั่นกรองทดลองแล้วปรับปรุงจนเกิดเป็นประสบการณ์หรือภูมิปัญญาของมนุษย์ จึงเกิดเป็นแนวทางในการออกแบบซึ่งประกอบด้วยแนวทางในการประดิษฐ์ขึ้นใหม่ และแนวทางพัฒนาปรับปรุงของเดิมให้ดียิ่งขึ้น งานออกแบบมีมากมายหลายแขนง เช่น การออกแบบสภาพแวดล้อม และการออกแบบสิ่งของหรือผลิตภัณฑ์สิ่งของ โดยจำแนกตามลักษณะที่ปรากฏ ดังนั้นงานออกแบบกับงานศิลปะ มีทั้งความเหมือนและความแตกต่าง การออกแบบและการออกแบบผลิตภัณฑ์ (Design and Product Design) คือ ผลงานสร้างสรรค์ของมนุษย์ที่เกิดจากความจำเป็น (Needs) หลักเกณฑ์ในการออกแบบมีปัจจัย หรือเงื่อนไข2 ประการ คือ ปัจจัยภายนอก ปัจจัยภายในโดยกำหนดขอบเขตของงานออกแบบมีด้วยกัน 3 ประการคือ วัสดุและกรรมวิธีการผลิต หน้าที่และประโยชน์ใช้สอยและรูปร่างองค์ประกอบของการออกแบบ (Element of Design) การสร้างสรรค์ผลงานและสร้างความหมายด้วยวิธีการตามหลักการหรือโครงสร้างองค์ประกอบ

ที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญมีจุด (Dot or Point), เส้น (Line), รูปร่างและรูปทรง (Shape and Form), สี (Color), พื้นที่หรือช่วงระยะ (Space), พื้นผิว (Surface) ดังนั้นโครงสร้างการออกแบบจึงเป็นการจัด จุด เส้น พื้นผิว รูปทรง สี แสง เป็นต้น ให้เกิดความเป็นเอกภาพ สัดส่วน หรือสัดส่วน ความสมดุล ช่วงจังหวะ ความกลมกลืน และความเด่น โดยโครงสร้างเหล่านี้มีจุดมุ่งหมาย คือ ความงาม ความพอดี และหน้าที่ประโยชน์ใช้สอย

2.4.2 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ (Product Development) [56]

องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ หมายถึง การพิจารณาถึงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่สามารถจูงใจตลาดได้โดยถือเกณฑ์คุณสมบัติ 4 ประการ ผลิตภัณฑ์นั้นเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายผลิตภัณฑ์ซึ่งจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติ กล่าวคือ ความสามารถของผลิตภัณฑ์ในการจูงใจตลาดจนลักษณะและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ส่วนประสมบริการ และคุณภาพบริการ และขณะเดียวกันการตั้งราคานั้นถือเกณฑ์คุณค่าที่ลูกค้ารับรู้ (Value - Based Prices) ซึ่งในการกำหนดองค์ประกอบผลิตภัณฑ์นั้นจะต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายด้าน ดังนี้

2.4.2.1 ความสามารถจูงใจของสิ่งที่นำมาเสนอต่อตลาด (Attractiveness of The Market Offering)

ในประเด็นนี้ผลิตภัณฑ์จะต้องสามารถตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าที่เหนือกว่าผู้แข่งขัน

2.4.2.2 รูปลักษณ์ (Features) และคุณภาพผลิตภัณฑ์ (Product Quality)

ลักษณะผลิตภัณฑ์จะต้องตอบสนองต่อความจำเป็น และความต้องการของลูกค้าได้ดีกว่าคู่แข่งขัน

2.4.2.3 ส่วนประกอบของบริการและคุณภาพบริการ (Services Mix Quality)

ปัจจัยที่ให้การสนับสนุนนอกจากคำนึงถึงรูปลักษณะของผลิตภัณฑ์แล้วนักการตลาดจะต้องคำนึงถึงว่าจะจัดบริการเสริมอะไรให้กับลูกค้าได้

2.4.2.4 ราคาซึ่งถือเกณฑ์ (Value - Base Prices)

ในการตั้งราคานี้จะต้องยึดถือคุณค่ากับการรับรู้ผลิตภัณฑ์(Perceived Value) เพราะเป็นสิ่งจำ เป็นที่นักการตลาดจะต้องสร้างมูลค่าเพิ่ม(Value Added)

2.4.3 ประเภทของผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ [57]

งานประดิษฐ์ต่าง ๆ สามารถเลือกทำได้ตามความต้องการและประโยชน์ใช้สอยซึ่งอาจแบ่งประเภทของงานประดิษฐ์ได้ตามโอกาสใช้สอยดังนี้

2.4.3.1 ประเภทใช้เป็นของเล่น

เป็นของเล่นที่ผู้ใหญ่ในครอบครัวทำให้ลูกหลานเล่นเพื่อความเพลิดเพลิน เช่น งานปั้นดินเป็นสัตว์ สิ่งของ งานจักสานใบลานเป็นโมบาย งานพับกระดาษ

2.4.3.2 ประเภทของใช้

ทำขึ้นเพื่อเป็นของใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การสานกระบุง ตะกร้า การทำเครื่องใช้จากดินเผา จากผ้าและเศษวัสดุ

2.4.3.3 ประเภทงานตกแต่ง

ใช้ตกแต่งสถานที่ บ้านเรือนให้สวยงาม เช่น งานแกะสลักไม้ การทำกรอบรูป ดอกไม้ประดิษฐ์

2.4.3.4 ประเภทเครื่องใช้ในงานพิธี

ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อใช้ในงานเทศกาลหรือประเพณีต่าง ๆ เช่น การทำกระทงลอย ทำพานพุ่ม มาลัย บายศรี

2.4.4 คุณสมบัติที่ดีของผลิตภัณฑ์ [58]

2.4.4.1 ความแปลกใหม่ (Innovative)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ซ้ำซาก มีการนำเสนอความแปลกใหม่ในด้านต่าง ๆ เช่น ประโยชน์ใช้สอย รูปแบบใหม่ วัสดุใหม่ หรือให้มีความเหมาะสมกับสภาพความต้องการของผู้บริโภค

2.4.4.2 มีที่มา (Story)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีต้นกำเนิดในด้านการผลิต และวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิต ตลอดจนถึงกรรมวิธีในการผลิต รวมถึงความคิดร่วมยอดของการออกแบบให้ผู้บริโภคทราบ

2.4.4.3 ระยะเวลาที่เหมาะสม (Timing)

การนำเสนอผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดนั้น เหมาะสมตามฤดูกาลหรือตามความจำเป็น ตลอดจนความเหมาะสมต่อความต้องการของผู้บริโภคในช่วงเวลานั้นหรือไม่

3.4.4.4 ราคาพอสมควร (Price)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาขายเหมาะสมกับกำลังซื้อของผู้บริโภคในตลาด โดยอาศัยการศึกษาวิจัยกลุ่มผู้บริโภค ให้ได้ข้อมูลก่อนทำการออกแบบและผลิต

3.4.4.5 มีข้อมูลข่าวสาร (Information)

ข้อมูลข่าวสารของผลิตภัณฑ์ควรจะสื่อให้ผู้บริโภคได้ทราบ และเข้าใจอย่างถูกต้องในด้านประโยชน์และวิธีการใช้งาน เป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีแก่องค์กรและผลิตภัณฑ์

3.4.4.6 เป็นที่ยอมรับ (Regional Acceptance)

ผลิตภัณฑ์นั้นจะต้องเป็นที่ยอมรับของสังคมหรือกลุ่มสังคมเป้าหมายไม่เป็นสิ่งที่ทำให้เสื่อมเสียหรือขัดต่อขนบธรรมเนียมประเพณี วัฒนธรรมหรือศาสนา

3.4.4.7 มีอายุการใช้งาน (Life Cycle)

ผลิตภัณฑ์นั้นจะต้องมีความแข็งแรงคงทนต่อสภาพของการใช้งาน หรือมีอายุการใช้งานที่เหมาะสมกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ และราคาที่จำหน่าย

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเรื่อง การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ โดยมีรายละเอียดที่สำคัญและมีความเกี่ยวข้องที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยดังนี้

ปิยะธิดา [59] ศึกษาเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ดอกกล้วยไม้ไทยจากโสนหางไก่ โดยออกแบบดอกกล้วยไม้เลียนแบบธรรมชาติจำนวน 5 ชนิด ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีเป็นกลุ่มแม่บ้านในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เก็บข้อมูลความพึงพอใจของกลุ่มผู้ผลิตดอกไม้จากโสนหางไก่จำนวน 60 คน ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.73

ปิยะธิดา [60] ศึกษาเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์พานพุ่มจากโสนหางไก่ด้วยเทคนิคเปเปอร์มาเช่ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์พานพุ่มจากโสนหางไก่ด้วยเทคนิคเปเปอร์มาเช่ และศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อผลิตภัณฑ์พานพุ่มจากโสนหางไก่ด้วยเทคนิคเปเปอร์มาเช่ ผลการวิจัยพบว่า ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดย 3 ท่าน มีความพึงพอใจต่อผลการศึกษาสูตรโสนหางไก่ผสมเยื่อกระดาษชำระในสูตรที่ 2 อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 และมีความพึงพอใจต่อพัฒนาผลิตภัณฑ์พานพุ่มจากโสนหางไก่ด้วยเทคนิคเปเปอร์มาเช่ จากกลุ่มเป้าหมาย 50 คน อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.89

ชัยพร [61] ศึกษาเรื่อง การพัฒนากระบวนการผลิตกระดาษฟางข้าวแบบพื้นบ้าน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตกระดาษฟางข้าวแบบพื้นบ้านให้มีคุณภาพที่ดี โดยศึกษาผลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 15 และ 20 จากนั้นนำไปคัดแยกขนาดเยื่อให้ได้เฉพาะเยื่อที่เหมาะสมในการผลิต แล้วนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษ เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 20 ได้กระดาษฟางข้าว ที่มีสมบัติทางกายภาพดีที่สุด

สวนิต [62] ศึกษาเรื่อง การศึกษาวิธีการผลิตกระดาษจากเปลือกหน่อไม้ไผ่ตง ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษจากเปลือกหน่อไม้ไผ่ตงเพื่อใช้ในงานด้านคหกรรม โดยมุ่งเน้นให้กระดาษที่ผลิตได้มีความขาวสว่าง งานวิจัยนี้เลือกใช้อัตราส่วนระหว่างเปลือกหน่อไม้ไผ่ตงต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 1:14, 1:16 และ 1:18 และต้มแต่ละอัตราส่วนในเวลาต่างกันคือ 90 นาที, 120 นาที และ 150 นาที เยื่อที่ได้จะถูกนำไปทำให้แห้งโดยกระบวนการตากแห้ง จากนั้นจะนำกระดาษไปตรวจสอบค่าความสว่าง (L) ผลการทดลองพบว่า เมื่ออัตราส่วนระหว่างเปลือกหน่อไม้ไผ่ตงต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น ค่าความสว่างของกระดาษมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่เมื่อเวลาในการต้มเพิ่มขึ้น ค่าความสว่างของกระดาษมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

จินตนา [47] ศึกษาเรื่อง การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษจากซังขนุนสำหรับงานประดิษฐ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสมบัติทางกายภาพของซังขนุน เพื่อผลิตกระดาษซังขนุนสะท้อนน้ำ จากนั้นทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษซังขนุนสะท้อนน้ำ และสำรวจความพึงพอใจของผู้ที่มีความรู้ด้านงานประดิษฐ์ที่มีต่อกระดาษซังขนุนสะท้อนน้ำมีผลการวิจัยพบว่า ภาพตัดขวางและภาพตัดตามยาวของซังขนุนมีลักษณะพื้นผิวที่เรียบ มัน มีใยอาหารร้อยละ1.8 มีการสะท้อนน้ำของกระดาษอยู่ในระดับ 50

ศจีมาศ [14] ศึกษาเรื่องการผลิตกระดาษจากใบเตยหอมและการใช้ประโยชน์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อกากใบเตยหอมและคุณสมบัติของกระดาษทำจากเยื่อกากใบเตยหอมล้วน และเยื่อผสมระหว่างกากใบเตยหอมกับเยื่อสา รวมถึงศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อดอกกุหลาบประดิษฐ์ที่ทำจากเยื่อกากใบเตยหอมผสมเยื่อสา โดยผลการวิจัยพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อกากใบเตยหอม คือ ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 6 ใช้เวลาในการต้มเยื่อ 2 ชั่วโมง และฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 10 สมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ทำจากเยื่อเตยหอมล้วน มีค่าดัชนีอุ้มน้ำสูง ความขาวสว่าง ความต้านแรงดึง ความต้านแรงฉีกขาด และความต้านแรงดันทะลุมีค่าต่ำกว่าเยื่อสา กลุ่มผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อกลีบกุหลาบกระดาษเยื่อกากใบเตยหอมล้วน

วิจิตร [19] ศึกษาเรื่อง การพัฒนากระดาษกกเพื่อใช้ในงานศิลปประดิษฐ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และระยะเวลาในการต้มเยื่อกก จากนั้นศึกษาลักษณะสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตได้จากการต้มเยื่อกก และประเมินความพึงพอใจของกลุ่มผู้ผลิตงานศิลปประดิษฐ์ที่มีต่อการประดิษฐ์กล่องทิชชูจากกระดาษกก ผลการวิจัยพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อกก คือ ใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 150 กรัม ของน้ำหนักเศษกกแห้ง 500 กรัม ใช้เวลาในการต้ม 1.30 ชั่วโมง ต่อน้ำ 10 ลิตร จะได้เยื่อ 850 กรัม เมื่อนำกระดาษกกไปประดิษฐ์เป็นกล่องทิชชู ผู้ผลิตมี

ความพึงพอใจในด้านสี การตัด พับ จับจีบ ความหนาที่เหมาะสม ความเหนียวและความคงทนต่อแรงฉีกขาด ง่ายต่อการติดกาวและรวมถึงความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

สุภา [63] ศึกษาเรื่อง การพัฒนาการผลิตกระดาษเชิงหัตถกรรมจากใยมะพร้าว มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำใยมะพร้าวไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษ จากนั้นศึกษาการผลิตกระดาษใยมะพร้าวโดยวิธีต้มเยื่อและทำเป็นแผ่นโดยวิธีตักช้อน และออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์จากกระดาษใยมะพร้าว 10 รูปแบบ ผลการวิจัยพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากกระดาษใยมะพร้าวผู้บริโภคมีความพึงพอใจในระดับมาก โดยใยมะพร้าวมีศักยภาพสามารถทำแผ่นกระดาษเพื่อใช้ประโยชน์ได้ แต่ต้องใช้ร่วมกับสารกระจายเยื่อ Sumifloc FA - 40 ซึ่งเป็นสารช่วยในการกระจายเยื่อและยึดติดของใยมะพร้าว

พัชทรา [64] ศึกษาเรื่อง การผลิตเยื่อกระดาษจากต้นกล้วยไข่ด้วยกรรมวิธีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตเยื่อกระดาษด้วยกรรมวิธีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจากของเหลือทิ้ง ผลการวิจัยพบว่า มีความเป็นไปได้ที่จะใช้ KOH ในการผลิตเยื่อกระดาษทำด้วยมือจากต้นกล้วยไข่ การต้มเยื่อต้นกล้วยไข่ด้วย KOH ร้อยละ 18 เพียงพอต่อการกำจัดลิกนินเพื่อผลิตกระดาษทำด้วยมือที่มีคุณภาพดีและมีต้นทุนที่เหมาะสม

บุศราภรณ์ [65] ศึกษาเรื่อง ความเป็นไปได้ในการผลิตเยื่อกระดาษจากต้นกล้วยหอมทอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการผลิตกระดาษจากต้นกล้วยหอมทองในระดับอุตสาหกรรมครัวเรือน โดยสำรวจและประเมินความต่อเนื่องของขนาดอุปมานต้นกล้วยหอมทองของสมาชิกสหกรณ์การเกษตรท่ายางจำนวน 250 คน และทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อโดยแยกส่วนของต้นกล้วยหอมทองที่ตากแห้งแล้วออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กาบ แกน และกาบผสมแกน จากนั้นนำเยื่อมาแปรสภาพเป็นเยื่อด้วยกระบวนการโซดาในระบบเปิด โดยกำหนดปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการต้มเยื่อ คือ ร้อยละ 8 10 12 ของน้ำหนักวัตถุดิบอบแห้ง รวมได้เยื่อในการทดลอง 9 ตัวอย่าง และนำไปทดสอบคุณสมบัติในห้องปฏิบัติการ ผลการทดลองผลิตเยื่อต้นกล้วยหอมทอง พบว่า มีความเป็นไปได้ในการนำต้นกล้วยหอมทองมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ สภาวะที่เหมาะสมคือเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 ของน้ำหนักวัตถุดิบอบแห้ง ซึ่งมีส่วนกาบผสมกับแกนเป็นวัตถุดิบ ซึ่งกระดาษที่ได้มีลวดลายเฉพาะ สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบต้นน้ำสำหรับงานหัตถกรรมได้

ฉัฐมณฑน์ [66] ศึกษาเรื่อง ความเป็นไปได้ในการผลิตเยื่อกระดาษจากต้นหญ้าขัด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยจากต้นหญ้าขัดผลิตกระดาษ กำหนดหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกวัตถุดิบคือ ส่วนของต้นหญ้าขัด แยกออกเป็น 2กลุ่มคือ ส่วนโคนต้น และ

ส่วนลำต้น แล้วแบ่งได้เป็นส่วนเปลือก ส่วนเปลือกและแกน นำมาทำเป็นแบบสด และแบบแห้ง นำมาแปรสภาพเป็นเยื่อด้วยกระบวนการผลิตเยื่อโดยการหมักน้ำประปาผสมปูนขาวร้อยละ 1 และการผลิตเยื่อด้วยกระบวนการโซดาในระบบเปิด ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ในการผลิตเยื่อกระดาษจากต้นหญ้าขัดด้วยกระบวนการโซดาในระบบปิด เพื่อแปรสภาพเส้นใยต้นหญ้าขัดเป็นเยื่อกระดาษ พบว่า เส้นใยลำต้นหมักน้ำประปาผสมปูนขาวร้อยละ 1 มีศักยภาพเหมาะสม เนื่องจากเส้นใยมีโครงสร้างสมบูรณ์ ด้านกระบวนการผลิตเยื่อพบว่า การใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 22 ของน้ำหนักเส้นใยอบแห้ง มีศักยภาพนำมาขึ้นแผ่นกระดาษมีความเหมาะสมในงานหัตถศิลป์

เพ็ญวิสาข์ [67] ศึกษาเรื่อง การใช้กระบวนการโซลเจลเพื่อเพิ่มสมบัติของสิ่งทอผ้าสะท้อนน้ำและน้ำมัน การดัดแปรพื้นผิวผ้าให้มีสมบัติที่ดีขึ้นหรือเพิ่มสมบัติพิเศษใหม่ ๆ สามารถทำได้ด้วยกระบวนการโซลเจลได้แก่ การดัดแปรผ้าธรรมดาให้แสดงสมบัติสะท้อนน้ำ น้ำมัน และคราบสกปรก วิธีการเคลือบพื้นผิวให้มีสมบัติสะท้อนน้ำหรือน้ำมันจะต้องใช้สารเคลือบผิวที่มีองค์ประกอบเป็นสารไม่ชอบน้ำ คือมีองค์ประกอบเป็นหมู่อัลคิลหรือฟลูออโรอัลคิล ซึ่งอาจเลือกสารเคมีที่มีโครงสร้างดังกล่าวผสมกับสารตั้งต้นในกระบวนการโซลเจล โดยให้เกิดพันธะโคเวเลนต์ระหว่างกัน หรืออาจผสมเป็นสารเติมแต่งที่จะฝังติดอยู่ในชั้นสารเคลือบผิวด้วยแรงทางกายภาพ

วาสนา [54] ศึกษาเรื่อง การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทผลิตภัณฑ์จากกระดาษสา กระดาษสับปะรด และกระดาษตะขบ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์จากกระดาษสา กระดาษสับปะรด และกระดาษตะขบ เพื่อเป็นการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ให้ผู้ผลิตได้นำรูปแบบไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ของตน และเพื่อเป็นการนำเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่ให้กับชุมชน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ความพึงพอใจของผู้ผลิตและผู้สนใจในสินค้า มีความพึงพอใจผลงานออกแบบผลิตภัณฑ์จากกระดาษสา กระดาษสับปะรด และกระดาษตะขบอยู่ในระดับมาก

สรวงพร [56] ศึกษาเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากกระดาษใบมะขาม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบริบทและทัศนคติของนักท่องเที่ยวเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากกระดาษใบมะขามจำนวน 10 รูปแบบ เพื่อส่งเสริมความรู้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากใบมะขาม จากนั้นศึกษาความพึงพอใจของผู้รับการอบรมเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่ระลึกจากกระดาษใบมะขาม ซึ่งผู้เข้ารับการอบรมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในข้างต้น ได้มีผู้ทดลองนำโสนหางไก่มาผลิตและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์หลายประเภท และในด้านการพัฒนาการผลิตกระดาษด้วยวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ เช่น ฟางข้าว เปลือกหน่อไม้ ซังขนุน ใบเตยหอม ต้นกก ใยมะพร้าวต้นกล้วย และต้นหญ้าขัด มาพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อปรับปรุงคุณภาพของกระดาษหัตถกรรมให้ดีขึ้น เหมาะสมกับการใช้งานและประหยัดต้นทุนในการผลิต ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการศึกษาการผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ที่เป็นของเหลือทิ้งจากการประดิษฐ์ดอกไม้จากต้นโสนหางไก่ ซึ่งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบ และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ให้มีสมบัติไม่เปียกน้ำ โดยการตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำ ซึ่งเป็นการนำเทคนิคตกแต่งสำเร็จในกระบวนการสิ่งทอมาประยุกต์ใช้ เพื่อประโยชน์ในการสร้างผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ที่ผลิตขึ้นจากกระดาษให้มีคุณภาพ และอายุการใช้งานตลอดจนการเก็บรักษาให้ยาวนานยิ่งขึ้น ที่สำคัญได้ผลิตภัณฑ์จากกระดาษที่มีความสวยงามอย่างสร้างสรรค์ เพราะเป็นการใช้ทรัพยากรที่เหลือทิ้งได้อย่างรู้คุณค่า

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่องการตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่และทดลองผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ จากนั้นทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ แล้วสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ โดยมีขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 วัตถุดิบ และอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 เปลือกโสนหางไก่แห้ง เป็นส่วนที่เหลือทิ้งจากการประดิษฐ์ดอกไม้จากต้นโสนของกลุ่มดอกไม้ประดิษฐ์จากต้นโสน ตำบลขนอนหลวง อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยได้จากต้นโสนหางไก่ที่โตเต็มที่ ลำต้นอวบ มีอายุประมาณ 8 เดือน

3.1.1.2 เยื่อปอสา จากบริษัทอุตสาหกรรมกระดาษซินกวงฮั้ว (ประเทศไทย) จำกัด

3.1.2 สารเคมีที่ใช้

3.1.2.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (โซดาไฟ)

3.1.2.2 สารสะท้อนน้ำ Starguard FCS จากสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

3.1.2.3 สารนอริก (กาว Sumifloc FA - 40) จากบริษัทอุตสาหกรรมกระดาษซินกวงฮั้ว (ประเทศไทย) จำกัด

3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.3.1 เครื่องชั่งดิจิตอล ยี่ห้อ Shaper รุ่น KC - 996

3.1.3.2 เครื่องอบลมร้อน ยี่ห้อ Link Rich รุ่น DH 4B - B

3.1.3.3 เครื่องกระจายเยื่อ

3.1.3.4 เฟรมสำหรับร่อนกระดาษ (Keita) ขนาด 67 × 97 เซนติเมตร

3.1.3.5 เสื่อสำหรับร่อน (Mizu)

3.1.3.6 อ่างผสมเยื่อ

3.1.3.7 เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Radwag รุ่น AS220.R1

3.1.3.8 เครื่องวัดค่าสี Hunter Lab Lovibond รุ่น SP 60

3.1.3.9 อุปกรณ์พ่นน้ำ (Spray Device) จากบริษัท ยูเนียน ทีเอสแอล จำกัด

3.1.4 เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์คุณภาพด้านความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.1.4.1 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

3.1.4.2 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

3.1.4.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

3.2.1 การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่

3.2.1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ชั่งเปลือกโสนหางไก่แห้งหนัก 100 กรัม แล้วตัดเป็นชิ้นตามขวางให้มีขนาดความกว้าง 2 เซนติเมตร

3.2.1.2 ทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่

การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ โดยปัจจัยที่ทำการศึกษามี 2 ปัจจัยคือ ปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 15 และ 20 และใช้ระยะเวลาในการต้ม 2 และ 3 ชั่วโมง ต้มที่อุณหภูมิน้ำเดือด ดัดแปลงจากการพัฒนากระบวนการผลิตกระดาษฟางข้าวแบบพื้นบ้านของชัยพร [61] วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จะได้ทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.1 แล้วทำการต้มเยื่อโสนหางไก่ตามกระบวนการผลิตในรูปที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การจัดสิ่งทดลองของสภาวะในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่

สิ่งทดลองที่	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละ)	ระยะเวลา (ชั่วโมง)
1	10	2
2	15	2
3	20	2
4	10	3
5	15	3
6	20	3

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่

1) เยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ที่ผลิตได้ทั้ง 6 สิ่งทดลอง ที่ผ่านการอบจนแห้งมาวิเคราะห์ร้อยละของผลผลิต (Percent Yield) ซึ่งทำซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยคำนวณจากสมการ คือ

$$\text{ผลผลิตร้อยละ} = \frac{\text{ผลผลิตจริง}}{\text{ผลผลิตตามทฤษฎี}} \times 100$$

ผลผลิตจริง คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองหรือจากการเกิดปฏิกิริยา

ผลผลิตตามทฤษฎี คือ ผลผลิตที่ได้จากการคำนวณตามสมการเคมี เป็นการเกิดจากปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ ผลผลิตร้อยละจะได้ไม่ถึงร้อยละร้อยเนื่องจาก จะเกิดการสูญเสียไปในระหว่างทำการทดลอง [68]

2) จากการวิเคราะห์ร้อยละของผลผลิตเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ที่ผลิตได้ทั้ง 6 สิ่งทดลอง นำมาผลิตเป็นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ แล้วทดสอบสมบัติทางกายภาพ เพื่อคัดเลือกสภาวะในการต้มเยื่อเปลือกโสนหางไก่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด นำไปทำเป็นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำในขั้นตอนต่อไป โดยการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่มีรายการทดสอบดังนี้

การทดสอบค่าความสว่าง (L*) ด้วยเครื่องวัดค่าสี (Hunter Lab Lovibond) โดยค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 [68]

การทดสอบหาน้ำหนักมาตรฐาน ตามมาตรฐานของ ISO 536 : 2012

การทดสอบความหนา ตามมาตรฐานของ ISO 534 : 2011

การทดสอบความต้านแรงดันทะลุ ตามมาตรฐานของ ISO 2758 : 2012

การทดสอบความต้านแรงฉีกขาด ตามมาตรฐานของ ISO 1974 : 2015

3.2.2 การทดลองผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

โดยกำหนดปริมาณสารสะท้อนน้ำ Starguard FCS เป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 3 4 และ 5 ดัดแปลงจากการตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษซังขนุนสำหรับงานประดิษฐ์ของจินตนา [47] วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design : CRD จะได้สิ่งทดลองทั้งหมด 3 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ปริมาณสารสะท้อนน้ำที่ใช้ในการผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

สิ่งทดลองที่	สารสะท้อนน้ำ Starguard FCS (ร้อยละ)
1	3
2	4
3	5

การทดลองผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ได้ทำตามกรรมวิธีการผลิตกระดาษของบริษัทอุตสาหกรรมกระดาษซินกวงฮั้ว (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งมีขั้นตอนในการผลิตดังนี้

3.2.2.1 ตัดเปลือกโสนหางไก่เป็นชิ้นตามขวางให้มีขนาดความกว้าง 2 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 เปลือกโสนหางไก่

3.2.2.2 ต้มเปลือกโสนหางไก่ต่อน้ำเท่ากับ 1:100 แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 20 ใช้ระยะเวลาในการต้ม 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิน้ำเดือด ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 การต้มเปลือกโสนหางไก่กับโซเดียมไฮดรอกไซด์

3.2.2.3 ล้างเยื่อเปลือกโสนหางไก่ให้สะอาด ซึ่งจะสังเกตได้จากเยื่อหมดความลื่นและน้ำที่ใช้ล้างจะใสขึ้น ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 การล้างเยื่อเปลือกโสนหางไก่

3.2.2.4 กระจายเยื่อเปลือกโสนหางไก่และผสมเยื่อปอสาในอัตราส่วนร้อยละ 10 ด้วยเครื่องกระจายเยื่อ ใช้เวลาการกระจายเยื่อ 1 ชั่วโมง ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 การกระจายเยื่อเปลือกโสนหางไก่ผสมเยื่อปอสา

3.2.2.5 กรองน้ำออกจากเครื่องกระจายเยื่อให้เหลือแต่เยื่อเปลือกโสนหางไก่กับเยื่อปอสาที่ผ่านการกระจายเยื่อแล้ว ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 การกรองน้ำออกให้เหลือแต่เยื่อเปลือกโสนหางไก่กับเยื่อปอสา

3.2.2.6 เติมสารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ปริมาณร้อยละ 3 4 และ 5 จากนั้นจึงเติมสารนอริก (กาว Sumifloc FA - 40) ร้อยละ 0.1 ละลายน้ำให้เข้ากันในอ่างผสมเยื่อแล้วจึงค่อยใส่เยื่อเปลือกโสนหางไก่กับเยื่อปอสาผสมให้เข้ากัน ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 การเติมสารสะท้อนน้ำ Starguard FCS และสารนอริก (กาว Sumifloc FA - 40) สำหรับการช้อนเยื่อทำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

3.2.2.7 ช้อนเยื่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ โดยใช้เฟรมสำหรับร่อนกระดาษ (Keita) ขนาด 67×97 เซนติเมตร ซึ่งภายในจะมีเสื่อสำหรับร่อน (Mizu) เป็นตัวกรองเยื่อให้อยู่ในเฟรมร่อนกระดาษ โดยนำเฟรมสำหรับร่อนกระดาษจุ่มลงในอ่าง ช้อนเยื่อเข้าหาตัวแล้วยกขึ้นมาจากน้ำโดยการยกขึ้นตรง ๆ ไม่ให้เอียงไปข้างใดข้างหนึ่งทิ้งไว้ให้น้ำไหลออกจนหมาด ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 การช้อนเยื่อทำแผ่นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

3.2.2.8 เปิดกรอบเฟรมสำหรับร่อนกระดาษออก เพื่อนำเสื่อสำหรับร่อนที่มีเยื่อเปลือกโสนติดอยู่ไปวางติดบนผืนผ้าแล้วจึงลอกเสื่อสำหรับร่อนออก ให้นำผ้าอีกผืนวางปิดซ้อนทับกันอีกชั้น จากนั้นให้ทำการช้อนเยื่อใหม่อีกครั้งตามวิธีการในข้อที่ 3.2.2.7 แล้วนำเยื่อที่ช้อนได้วางติดบนผืนผ้า ให้ทำซ้อนกันเป็นชั้นตามจำนวนของกระดาษที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 การวางแผ่นเยื่อกระดาษที่ช้อนแล้วลงบนผืนผ้าเพื่อรอการทำแห้งแผ่นกระดาษ

3.2.2.9 บีบน้ำออกจากเยื่อกระดาษเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ด้วยเครื่องไฮดรอลิค ซึ่งจะค่อย ๆ เพิ่มแรงกดลงไปทีละน้อย หากใช้แรงกดมากในครั้งแรกจะทำให้กระดาษมีรอยแตกและขาดได้ โดยปกติจะใช้เวลาในการบีบน้ำออกซึ่งทิ้งค้างคืนไว้ 1 คืน

3.2.2.10 ทำแห้งกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำแบบ Steam Dry โดยการใช้ความร้อนจากไอน้ำที่ได้จากการต้มน้ำผ่านมาตามท่อเข้าสู่แผ่นสามเหลี่ยม Triangle Hot Plate ใช้อุณหภูมิในการอบที่ 85 องศาเซลเซียส โดยการนำผ้าที่มีเยื่อกระดาษติดอยู่วางลงบนแผ่นให้ความร้อน แล้วใช้แปรงลูบบนผืนผ้าให้เรียบดึงให้ตึงไม่มีรอยย่นจนแผ่นกระดาษเริ่มแห้งจึงลอกผ้าออก จากนั้นใช้แปรงลูบที่ผิวหน้าของกระดาษอีกครั้งเพื่อให้แผ่นกระดาษเรียบ โดยการลูบไล่แบบต่อเนื่องเพื่อป้องกันการเกิดรอยย่นและไล่ฟองอากาศออกจากแผ่นกระดาษ พอกระดาษแห้งแล้วให้ลอกออก ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 การทำแห้งแผ่นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

3.2.3 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

เลือกกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำที่ผลิตได้ทั้ง 3 สิ่งทดลอง ที่มีน้ำหนักของกระดาษในแต่ละแผ่นที่เท่า ๆ กัน มาทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษ เพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองที่มีสมบัติทางกายภาพและความสะท้อนน้ำดีที่สุด นำไปทำการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำในขั้นตอนต่อไป โดยการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำทั้ง 3 สิ่งทดลอง ทำซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำ มีรายการทดสอบดังนี้

3.2.3.1 การทดสอบหาน้ำหนักมาตรฐาน ตามมาตรฐานของ ISO 536 : 2012

3.2.3.2 การทดสอบความหนา ตามมาตรฐานของ ISO 534 : 2011

3.2.3.3 การทดสอบความต้านแรงดันทะลุ ตามมาตรฐานของ ISO 2758 : 2012

3.2.3.4 การทดสอบความต้านแรงฉีกขาด ตามมาตรฐานของ ISO 1974 : 2015

3.2.3.5 การทดสอบความสะท้อนน้ำ ตามมาตรฐานของ AATCC 22 : 2010

3.2.4 การสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

การสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภค แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ จำนวน 20 คน และผู้บริโภค จำนวน 100 คน โดยใช้วิธีเก็บข้อมูลแบบ Home Use Tests ซึ่งเป็นกลุ่มผู้บริโภคที่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ที่มีอายุตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป มี 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม คือ เพศ อายุ การศึกษา อาชีพ และรายได้ ใช้สถิติค่าร้อยละและค่าเฉลี่ย

ส่วนที่ 2 การให้คะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ใช้แบบ Rating Scale แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ

5 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

4 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

3 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

2 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

1 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

สถิติที่ใช้วิเคราะห์คือค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในการประเมินให้การยอมรับ ซึ่งใช้มาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) ดังนี้ [69]

ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ระหว่าง 4.51 - 5.00 หมายถึง พึงพอใจระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ระหว่าง 3.51 - 4.50 หมายถึง พึงพอใจระดับมาก

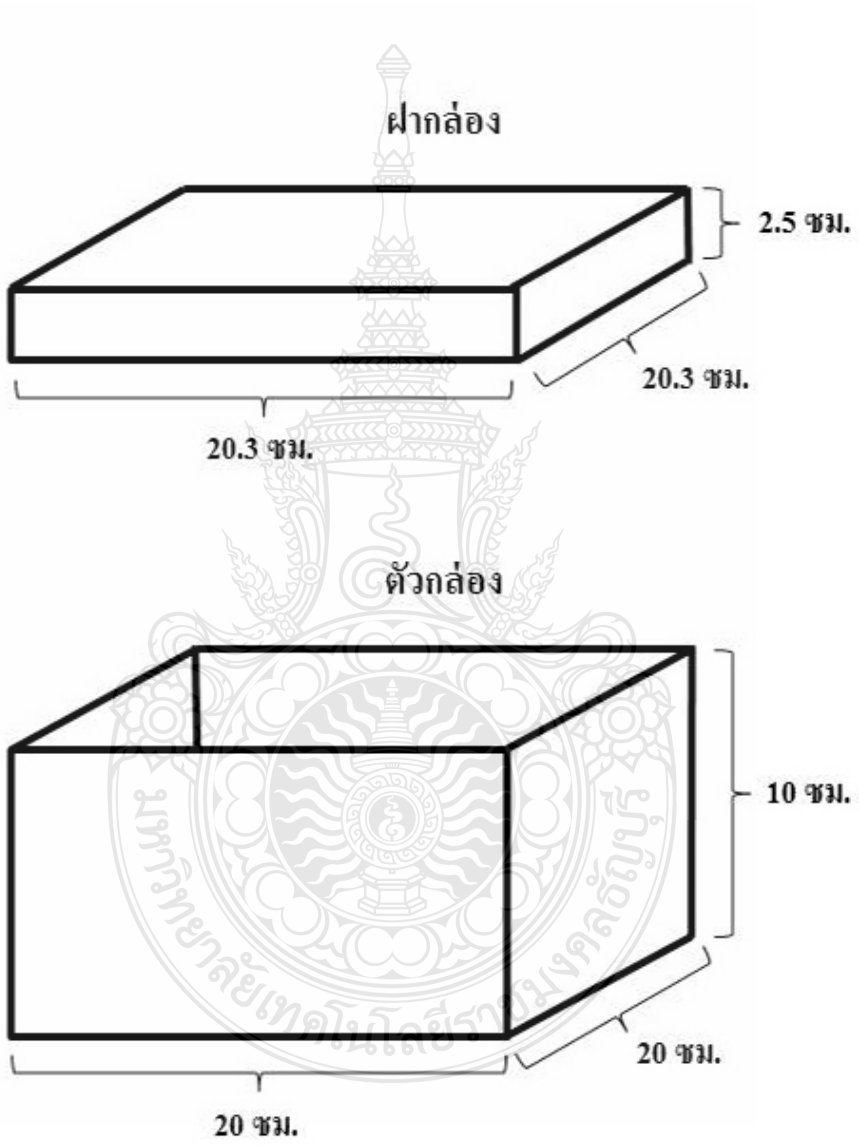
ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ระหว่าง 2.51 - 3.50 หมายถึง พึงพอใจระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ระหว่าง 1.51 - 2.50 หมายถึง พึงพอใจระดับน้อย

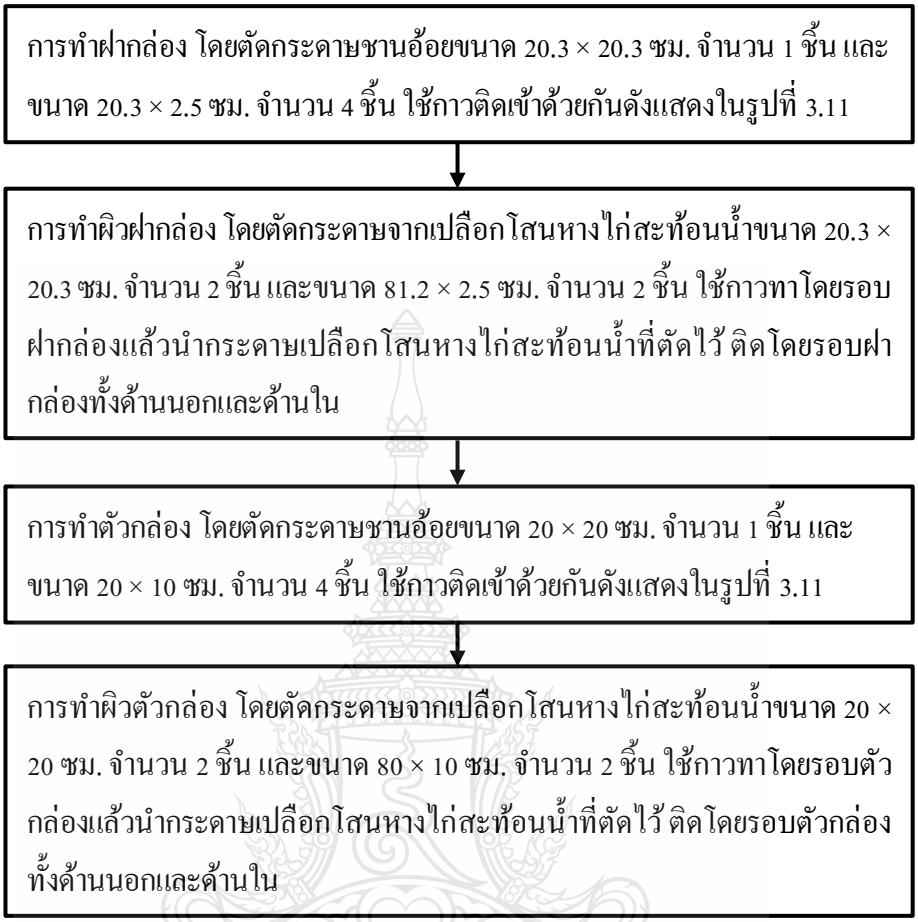
ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ระหว่าง 1.00 - 1.50 หมายถึง พึงพอใจระดับน้อยที่สุด

3.2.5 งานประดิษฐ์กล่องจากกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำต้นแบบ

จากการผลิตกล่องจากกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำต้นแบบ ได้นำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำที่ผ่านการทดสอบสมบัติทางกายภาพและความสะท้อนน้ำที่เหมาะสมดีที่สุด นำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์กล่องกระดาษจากกระดาษเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำดังแสดงในรูปที่ 3.11 โดยมีขั้นตอนในการประดิษฐ์ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.11 รูปแบบกล่องจากกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ



รูปที่ 3.12 วิธีการประดิษฐ์กล่องจากกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำต้นแบบ

3.3 สถานที่ทำการทดลอง

3.3.1 บริษัทอุตสาหกรรมกระดาษซินกวงฮั้ว(ประเทศไทย) จำกัด

3.3.2 คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3.4 ระยะเวลาทำการวิจัย

ในการทำงานวิจัยเรื่องนี้ เริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 และสิ้นสุดลงในเดือนเมษายน พ.ศ. 2560

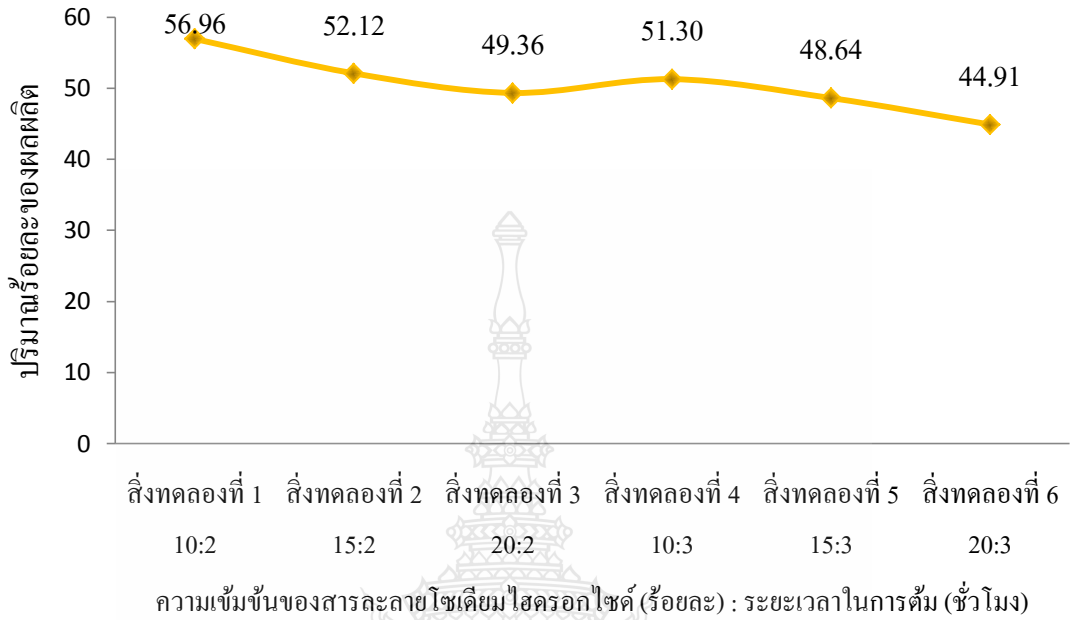
บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิจารณ์

ผลการทดลองการตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ โดยผู้วิจัยได้แสดงผลการทดลองตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ได้แก่ ผลการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ การทดลองผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ และผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ โดยมีผลการทดลองและการวิจารณ์ดังนี้

4.1 ผลการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่

จากการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 15 และ 20 ต่อระยะเวลาที่ใช้ในการต้ม 2 และ 3 ชั่วโมง คือ 10:2 15:2 20:2 10:3 15:3 และ 20:3 ทำซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยนำเปลือกโสนหางไก่หนัก 100 กรัม มาตัดเป็นชิ้นตามขวางให้มีขนาดความกว้าง 2 เซนติเมตร ต้มเปลือกโสนหางไก่ต่อน้ำเท่ากับ 1:100 แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ตามปริมาณที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 10 15 และ20 ใช้ระยะเวลาในการต้ม 2 และ 3 ชั่วโมง ต้มที่อุณหภูมิน้ำเดือด จากนั้นนำเยื่อเปลือกโสนหางไก่ที่ผ่านการต้มแล้วล้างน้ำให้สะอาดและอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลา 5 ชั่วโมง แล้วจึงทำการวิเคราะห์ค่าร้อยละของผลผลิตเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ โดยคำนวณออกมาในรูปผลผลิตร้อยละ (Percent Yield) จากนั้นนำเยื่อที่ได้ทั้ง 6 สิ่งทดลอง ทำเป็นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่เพื่อทดสอบค่าความสว่าง (L*) ในระบบ Hunter Lab โดยที่ค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 และทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ตามมาตรฐานการทดสอบของ ISO ได้แก่ การทดสอบน้ำหนักมาตรฐาน ISO 536 : 2012 การทดสอบความหนา ISO 534 : 2011 การทดสอบความต้านแรงดันทะลุ ISO 2758 : 2012 และการทดสอบความต้านแรงฉีกขาด ISO 1974 : 2015 ซึ่งการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษ ทำการทดสอบโดยโครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ มีผลการทดลองดังนี้

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของผลผลิตเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่

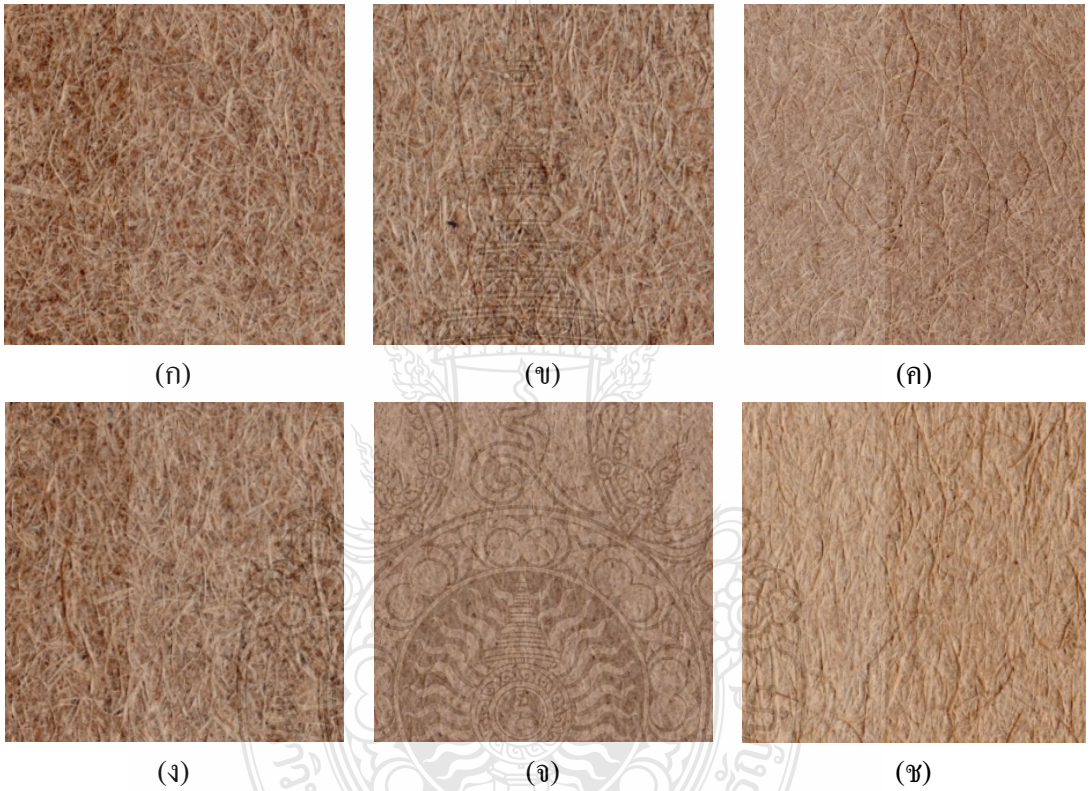


รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของผลผลิตเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่

จากรูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของผลผลิตเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ พบว่า การศึกษาสภาวะการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 15 และ 20 ใช้ระยะเวลาในการต้ม 2 และ 3 ชั่วโมง ร้อยละของผลผลิตเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ที่ผลิตได้ในสิ่งทดลองที่ 1 ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 ต่อระยะเวลาในการต้ม 2 ชั่วโมง ได้ผลผลิตเยื่อเปลือกโสนหางไก่ร้อยละ 56.96 มากที่สุด ซึ่งเยื่อที่ผลิตได้มีลักษณะแข็งและหยาบ รองลงมาสิ่งทดลองที่ 2 ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 ต่อระยะเวลาในการต้ม 2 ชั่วโมง ได้ผลผลิตเยื่อเปลือกโสนหางไก่ร้อยละ 52.12 ลักษณะเยื่อที่ผลิตได้ยังมีความหยาบอยู่แต่ไม่ถึงกับสิ่งทดลองที่ 1 และในสิ่งทดลองที่ 6 ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 20 ต่อระยะเวลาในการต้ม 3 ชั่วโมงได้ผลผลิตเยื่อเปลือกโสนหางไก่ร้อยละ 44.91 เยื่อที่ผลิตได้จะมีความละเอียดมากที่สุด แต่ได้ผลผลิตร้อยระน้อยที่สุด จากการทดลองจะสังเกตได้ว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์จะช่วยทำให้เยื่อเปื่อยมากขึ้น จึงทำให้เวลาที่ใช้ในการต้มให้เยื่อให้เปื่อยลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศจีมาศ [14] กล่าวว่า เมื่อใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้เวลาที่ใช้ในการต้มเยื่อให้เปื่อยลดลงและน้ำหนักเยื่อที่ได้ลดลงด้วย

4.1.2 การทดลองผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่

โดยต้มเปลือกโสนหางไก่ต่อน้ำเท่ากับ 1:100 แล้วเติมโซเดียมโฮดรอกไซด์ตามปริมาณที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 10 15 และ 20 ใช้ระยะเวลาในการต้ม 2 และ 3 ชั่วโมง เท่ากับ 10:2 15:2 20:2 10:3 15:3 และ 20:3 ทำเป็นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่จำนวน 6 สิ่งทดลอง พบว่ากระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ที่ผลิตได้ เมื่อกระดาษแห้งแล้วขอบกระดาษมีลักษณะโก่งงอเล็กน้อย เนื้อกระดาษแข็งกรอบ ไม่อ่อนนุ่มเหมือนกระดาษสา ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่

(ก) สิ่งทดลองที่ 1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละ) : ระยะเวลาในการต้ม (ชั่วโมง) 10:2

(ข) สิ่งทดลองที่ 2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละ) : ระยะเวลาในการต้ม (ชั่วโมง) 15:2

(ค) สิ่งทดลองที่ 3 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละ) : ระยะเวลาในการต้ม (ชั่วโมง) 20:2

(ง) สิ่งทดลองที่ 4 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละ) : ระยะเวลาในการต้ม (ชั่วโมง) 10:3

(จ) สิ่งทดลองที่ 5 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละ) : ระยะเวลาในการต้ม (ชั่วโมง) 15:3

(ช) สิ่งทดลองที่ 6 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละ) : ระยะเวลาในการต้ม (ชั่วโมง) 20:3

4.1.3 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ทั้ง 6 สิ่งทดลอง ซึ่งได้ทำการทดสอบค่าความสว่าง (L*) การทดสอบน้ำหนักมาตรฐาน การทดสอบความหนา การทดสอบความต้านแรงดันทะลุ และการทดสอบความต้านแรงฉีกขาด โดยมีผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่

สิ่งทดลองที่	ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละ) : ระยะเวลาในการต้ม (ชั่วโมง)	การทดสอบสมบัติทางกายภาพ				
		ความสว่าง (L*)	น้ำหนักมาตรฐาน, กรัม/ตารางเมตร	ความหนา, มิลลิเมตร	ความต้านแรงดันทะลุ, กิโลพาสคัล	ความต้านแรงฉีกขาด, มิลลินิวตัน
1	10:2	68.54^{c}	76.8^{d}	0.326^{b}	100^{c}	1,226^{b}
2	15:2	68.94^{bc}	83.3^{ab}	0.292^{e}	111^{b}	1,216^{c}
3	20:2	70.91^{a}	84.8^{a}	0.419^{a}	68.9^{e}	1,020^{e}
4	10:3	68.92^{bc}	81.4^{bc}	0.277^{f}	129^{a}	1,236^{a}
5	15:3	69.80^{b}	80.2^{c}	0.296^{d}	101^{c}	1,059^{d}
6	20:3	71.17^{a}	77.7^{d}	0.307^{c}	78.0^{d}	903^{f}

หมายเหตุ : อักษร $^{a-f}$ ที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีทางสถิติ($p\leq0.05$)
^{a} หมายถึง มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด และ ^{f} หมายถึง มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด

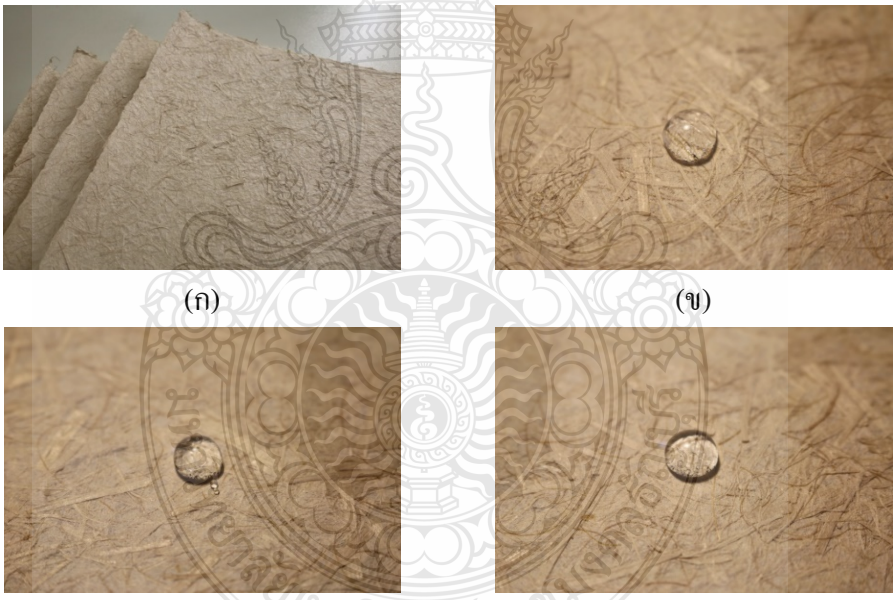
จากตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ พบว่า ความสว่าง (L*) น้ำหนักมาตรฐาน ความหนา ความต้านแรงดันทะลุ และความต้านแรงฉีกขาดของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ทั้ง 6 สิ่งทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยความสว่าง (L*) ของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ในสิ่งทดลองที่ 6 และ 3 มีค่าความสว่าง (L*) อยู่ที่ 71.17 และ 70.91 มากที่สุด รองลงมาคือสิ่งทดลองที่ 5 มีค่าความสว่าง (L*) อยู่ที่ 69.80 และในสิ่งทดลองที่ 1 มีค่าความสว่าง (L*) อยู่ที่ 68.54 น้อยที่สุด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้กำหนดความขาวสว่างของกระดาษไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 กระดาษที่ใช้ในงานหัตถกรรมไม่มีมาตรฐานค่าความสว่าง ซึ่งกระดาษที่ผลิตได้อาจจะไม่ทำการฟอกขาวหรือฟอกขาวก็ได้ ขึ้นอยู่กับงานที่จะนำไปใช้ กระดาษที่ต้องการสีธรรมชาติจึงไม่จำเป็นต้องฟอกขาวกระดาษจะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงเหลืองอ่อน [70] น้ำหนักมาตรฐานของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ในสิ่งทดลองที่ 3 มีน้ำหนักมาตรฐาน 84.8 กรัม/ตารางเมตร มากที่สุด รองลงมาคือสิ่งทดลองที่ 2 มีน้ำหนักมาตรฐาน 83.3 กรัม/ตารางเมตร และในสิ่งทดลองที่ 6 และ

1 มีน้ำหนักมาตรฐาน 77.7 และ 76.8 กรัม/ตารางเมตร น้อยที่สุด วุฒินันท์ [71] กล่าวว่า กระดาษที่ผลิตด้วยมือที่ใช้ในงานหัตถกรรมตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนจะไม่ระบุมาตรฐานไว้ เนื่องจากการใช้งานมีความแตกต่างกัน ซึ่งสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้กำหนดน้ำหนักมาตรฐานอยู่ที่ 70±2 และ 85±2 กรัม/ตารางเมตร เป็นเกรด C และ D ของกระดาษสาที่มีความเหมาะสมใช้ทำผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ ความหนาของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ในสิ่งทดลองที่ 3 มีความหนา 0.419 มิลลิเมตร มากที่สุด รองลงมาคือสิ่งทดลองที่ 1 มีความหนา 0.326 มิลลิเมตร และในสิ่งทดลองที่ 2 มีความหนา 0.292 มิลลิเมตร น้อยที่สุด ความต้านแรงดันทะลุของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ในสิ่งทดลองที่ 4 มีความต้านแรงดันทะลุ 129 กิโลพาสคัล มากที่สุด รองลงมาคือสิ่งทดลองที่ 2 มีความต้านแรงดันทะลุ 111 กิโลพาสคัล และในสิ่งทดลองที่ 3 มีความต้านแรงดันทะลุ 68.9 กิโลพาสคัล น้อยที่สุด และความต้านแรงฉีกขาดของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ในสิ่งทดลองที่ 4 มีความต้านแรงฉีกขาด 1,236 มิลลินิวตัน มากที่สุด รองลงมาคือสิ่งทดลองที่ 1 มีความต้านแรงฉีกขาด 1,226 มิลลินิวตัน และในสิ่งทดลองที่ 6 มีความต้านแรงฉีกขาด 903 มิลลินิวตัน น้อยที่สุด ซึ่งผลจากการทดสอบค่าความต้านแรงดันทะลุ และค่าความต้านแรงฉีกขาดมีค่าลดลงตามปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของศจีมาศ [14] ที่ศึกษาเรื่องการผลิตกระดาษจากใบเตยหอมและการใช้ประโยชน์ พบว่า ค่าความต้านแรงฉีกขาด และความต้านแรงดันทะลุมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น

จากผลการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ ผู้วิจัยได้เลือกสภาวะการต้มเยื่อเปลือกโสนหางไก่ที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 20 ใช้ระยะเวลาในการต้ม 2 ชั่วโมง ในสิ่งทดลองที่ 3 เยื่อที่ผลิตได้มีลักษณะที่ละเอียดเส้นใยมีขนาดเล็ก ได้ผลผลิตเยื่อเปลือกโสนหางไก่ร้อยละ 49.36 จากน้ำหนักเปลือกโสนหางไก่แห้งก่อนต้ม 100 กรัม ซึ่งการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่สูงจะช่วยลดระยะเวลาในการต้มได้ เมื่อทำเป็นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่จะมีลักษณะของกระดาษดังรูปที่ 4.2 (ค) ได้ค่าความสว่าง (L*) 70.91 น้ำหนักมาตรฐาน 84.8 กรัม/ตารางเมตร ความหนา 0.419 มิลลิเมตร ความต้านแรงดันทะลุ 68.9 กิโลพาสคัล และความต้านแรงฉีกขาด 1,020 มิลลินิวตัน ซึ่งความต้านแรงดันทะลุและความต้านแรงฉีกขาด อยู่ในระดับที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในงานประดิษฐ์ได้ จึงมีความเหมาะสมนำไปผลิตเป็นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำในขั้นตอนต่อไป

4.2 ผลการทดลองผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

การทดลองผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ได้ดำเนินการผลิตตามกรรมวิธีการผลิตกระดาษของบริษัทอุตสาหกรรมกระดาษซินกวงฮั้ว (ประเทศไทย) จำกัด โดยต้มเปลือกโสนหางไก่ต่อน้ำเท่ากับ 1:100 แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 20 ใช้ระยะเวลาในการต้ม 2 ชั่วโมง นำไปผลิตเป็นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ซึ่งเติมสารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ร้อยละ 3 4 และ 5 และได้ผสมเยื่อปอสาในอัตราส่วนร้อยละ 10 ตามอัตราส่วนของจินตนา [47] ที่ทำวิจัยเรื่องการตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษซังขนุนสำหรับงานประดิษฐ์ เพื่อให้กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำที่ผลิตได้มีคุณภาพที่ดีขึ้น ลดการโก่งงอและความแข็งกรอบ โดยกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำที่ผลิตได้ทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีผิวสัมผัสของแผ่นกระดาษทั้งด้านบนและด้านล่างที่พินิจได้ด้วยตาเปล่า พบว่ากระดาษด้านบนมีลักษณะไม่เรียบขรุขระเล็กน้อยและมีความด้าน ส่วนด้านล่างของกระดาษมีความเรียบกว่าด้านบน [20] กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อน ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

(ก) กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

(ข) สิ่งทดลองที่ 1 ปริมาณสารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ร้อยละ 3

(ค) สิ่งทดลองที่ 2 ปริมาณสารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ร้อยละ 4

(ง) สิ่งทดลองที่ 3 ปริมาณสารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ร้อยละ 5

4.3 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

นำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำที่ผลิตได้ทั้ง 3 สิ่งทดลอง มาทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษ ตามวิธีมาตรฐานการทดสอบของ ISO ได้แก่ การทดสอบน้ำหนักมาตรฐาน ISO 536 : 2012 การทดสอบความหนา ISO 534 : 2011 การทดสอบความต้านแรงดันทะลุ ISO 2758 : 2012 การทดสอบความต้านแรงฉีกขาด ISO 1974 : 2015 ซึ่งทำการทดสอบโดยโครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ และการทดสอบความสะท้อนน้ำตามมาตรฐานของ AATCC 22 : 2010 คัดเลือกสิ่งทดลองที่มีสมบัติทางกายภาพและความสะท้อนน้ำที่มีความเหมาะสมที่สุด นำไปผลิตเป็นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ แล้วนำไปสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ มีผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

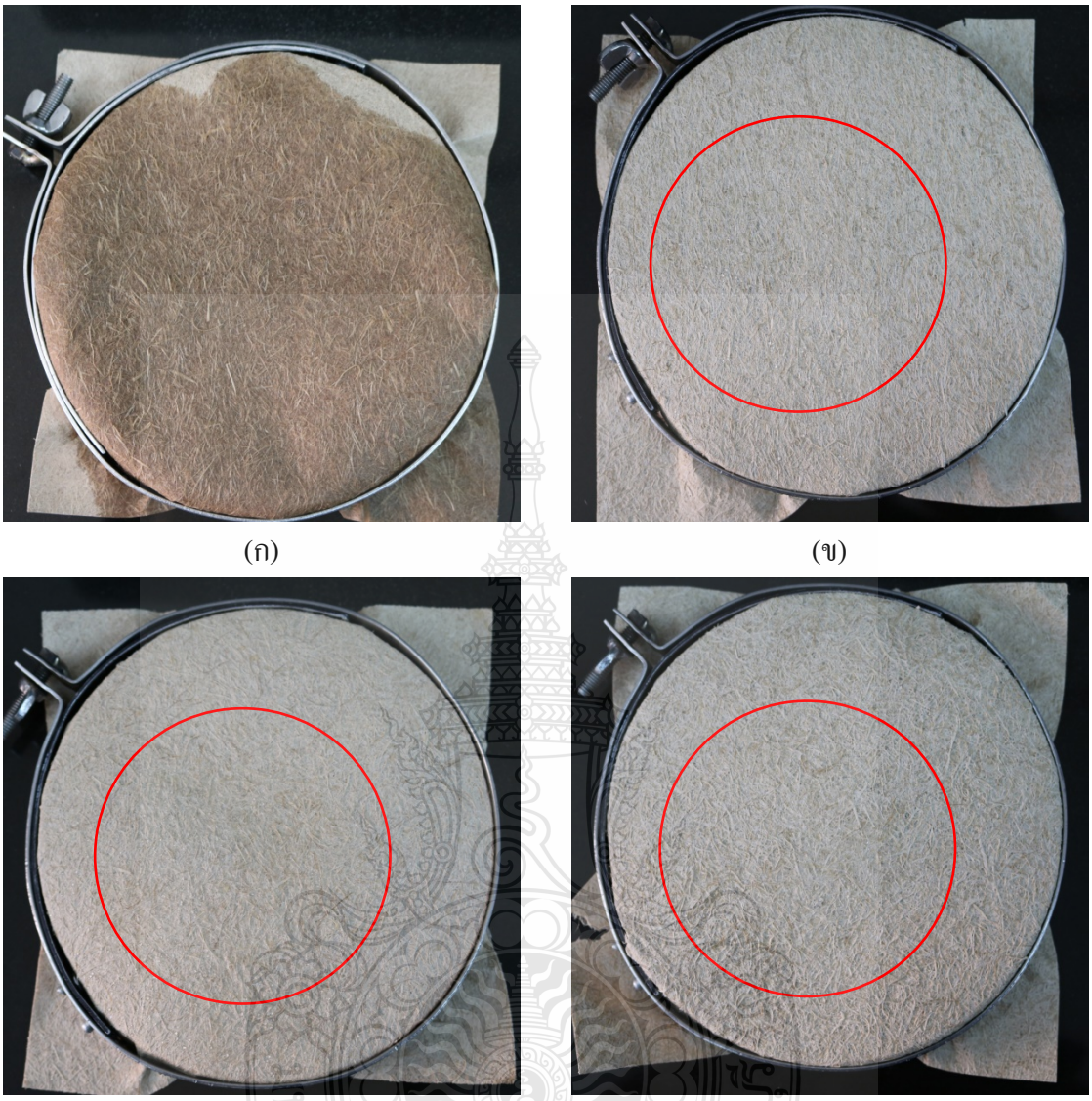
สิ่งทดลองที่	ปริมาณสารสะท้อนน้ำ Starguard FCS (ร้อยละ)	การทดสอบสมบัติทางกายภาพ			
		น้ำหนักมาตรฐาน, กรัม/ตารางเมตร	ความหนา, มิลลิเมตร	ความต้านแรงดันทะลุ, กิโลพาสคัล	ความต้านแรงฉีกขาด, มิลลินิวตัน
1	3	145[b]	0.412[c]	76.7[a]	1,161[a]
2	4	155[a]	0.486[b]	73.0[b]	1,012[b]
3	5	134[c]	0.603[a]	64.7[c]	1,008[c]

หมายเหตุ : อักษร [a−c] ที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีทางสถิติ($p \leq 0.05$)
[a] หมายถึง มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด และ [c] หมายถึง มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ พบว่า น้ำหนักมาตรฐาน ความหนา ความต้านแรงดันทะลุ และความต้านแรงฉีกขาดของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ก่อนการตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำ มีน้ำหนักมาตรฐานอยู่ที่ 84.8 กรัม/ตารางเมตร น้ำหนักมาตรฐานที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำในสิ่งทดลองที่ 1 2 และ 3 เนื่องจากได้ผสมเยื่อปอสา ในอัตราส่วนร้อยละ 10 โดยน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำในสิ่งทดลองที่ 2 มีน้ำหนักมาตรฐาน 155 กรัม/ตารางเมตร มากที่สุด

รองลงมาคือสิ่งทดลองที่ 1 มีน้ำหนักมาตรฐาน 145 กรัม/ตารางเมตร และสิ่งทดลองที่ 3 มีน้ำหนักมาตรฐาน 134 กรัม/ตารางเมตร น้อยที่สุด ความหนาของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำในสิ่งทดลองที่ 3 มีความหนา 0.603 มิลลิเมตร มากที่สุด รองลงมาคือสิ่งทดลองที่ 2 มีความหนา 0.486 มิลลิเมตร และสิ่งทดลองที่ 1 มีความหนา 0.412 มิลลิเมตร น้อยที่สุด ความต้านแรงดันทะลุของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำในสิ่งทดลองที่ 1 มีความต้านแรงดันทะลุ 76.7 กิโลพาสคัล มากที่สุด รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 2 มีความต้านแรงดันทะลุ 73.0 กิโลพาสคัล และสิ่งทดลองที่ 3 มีความต้านแรงดันทะลุ 64.7 กิโลพาสคัล น้อยที่สุด ความต้านแรงฉีกขาดของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำใน สิ่งทดลองที่ 1 มีความต้านแรงฉีกขาด 1,161 มิลลินิวตัน มากที่สุด รองลงมาคือสิ่งทดลองที่ 2 มีความต้านแรงฉีกขาด 1,012 มิลลินิวตัน และสิ่งทดลองที่ 3 มีความต้านแรงฉีกขาด 1,008 มิลลินิวตัน น้อยที่สุด โดยน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำมีความสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของกระดาษเหนียวที่เป็นคุณลักษณะที่ต้องการของกระดาษผิวกล่อง ที่กำหนดน้ำหนักมาตรฐานคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ±5 คือ 125 150 170 185 และ 230 กรัม/ตารางเมตร แต่กระดาษถุงชั้นเดียวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของกระดาษเหนียว ได้กำหนดน้ำหนักมาตรฐานอยู่ที่ 80 110 และ 120 กรัม/ตารางเมตร ความต้านแรงดันทะลุไม่น้อยกว่า 150 180 และ 200 กิโลพาสคัล และความต้านแรงฉีกขาดไม่น้อยกว่า 1,290 1,540 และ 1,680 มิลลินิวตัน เมื่อเปรียบเทียบกับกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำทั้ง 3 สิ่งทดลองมีน้ำหนักมาตรฐานมากกว่า และมีค่าความต้านแรงดันทะลุกับความต้านแรงฉีกขาดน้อยกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของกระดาษเหนียว ที่กำหนดไว้เป็นค่าแนะนำในการทำถุงชั้นเดียว [72]

ผลการทดสอบความสะท้อนน้ำของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำทั้ง 3 สิ่งทดลอง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำในสิ่งทดลองที่ 1 2 และ 3 มีผลการทดสอบความสะท้อนน้ำอยู่ในระดับ 80 คือ ผิวด้านหน้าเปียกเฉพาะบริเวณที่ถูกพ่น ดังรูปที่ 4.4 (ข) (ค) (ง) แต่กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ที่ไม่ได้ตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำมีผลการทดสอบความสะท้อนน้ำอยู่ในระดับ 0 คือ ผิวด้านหน้าเปียกทั้งหมด ดังรูปที่ 4.4 (ก) โดยงานวิจัยของจินตนา [47] ที่ศึกษาเรื่องการตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษซังขนุนสำหรับงานประดิษฐ์ กล่าวว่า ปริมาณน้ำและปริมาณความเข้มข้นของสารที่เหมาะสมสามารถนำไปสู่การสะท้อนน้ำได้ดี เนื่องมาจากความสัมพันธ์ของค่าแรงตึงผิววิกฤตระหว่างกระดาษซังขนุนกับอัตราส่วนของสาร Stsrguard ROF (C8) ที่เป็นของเหลว แสดงโดยค่าแรงตึงผิววิกฤตของกระดาษซังขนุนที่มีค่าน้อยกว่าหรือต่างค่าแรงตึงผิววิกฤตของสาร Stsrguard ROF (C8) ดังนั้นการตกแต่งสะท้อนน้ำกระดาษซังขนุนจึงมีสมบัติสะท้อนน้ำได้ทั้งน้ำและน้ำมัน



(ก) (ข)

(ค) (ง)

หมายเหตุ : วงกลมสีแดงแสดงถึงจุดหยดน้ำที่ติดบนพื้นผิวกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบความสะท้อนน้ำของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

(ก) กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ที่ไม่ได้ตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำ

(ข) สิ่งทดลองที่ 1 ปริมาณการใช้สารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ร้อยละ 3

(ค) สิ่งทดลองที่ 2 ปริมาณการใช้สารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ร้อยละ 4

(ง) สิ่งทดลองที่ 3 ปริมาณการใช้สารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ร้อยละ 5

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำทั้ง 3 สิ่งทดลอง ที่ปริมาณสารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ร้อยละ 3 4 และ 5 ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่า การใช้สารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ร้อยละ 3 ในสิ่งทดลองที่ 1 มีความเหมาะสมมากที่สุดในการนำมาผลิตเป็นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ โดยมีน้ำหนักมาตรฐาน 145 กรัม/ตารางเมตร ความหนา 0.412 มิลลิเมตร ความต้านแรงดันทะลุ 76.7 กิโลพาสคัล และความต้านแรงฉีกขาด 1,020 มิลลินิวตัน ส่วนผลการทดสอบความสะท้อนน้ำของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีผลการทดสอบความสะท้อนน้ำไม่มีความแตกต่างกัน อยู่ที่ระดับ 80 คือ ผิวด้านหน้าเปียกเฉพาะบริเวณที่ถูกพ่น ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกสิ่งทดลองที่ 1 ที่ปริมาณการใช้สารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ร้อยละ 3 เพราะใช้ในปริมาณที่น้อย แต่ได้ผลการทดสอบความสะท้อนน้ำอยู่ในระดับเดียวกันกับสิ่งทดลองที่ 2 และ 3

4.4 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ซึ่งแบ่งการนำเสนอผลการสำรวจออกเป็น 2 กลุ่มคือ ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ และผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภค

4.4.1 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์

การสำรวจความพึงพอใจของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์จำนวน 20 คน ทดลองใช้กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ซึ่งใช้วิธีการเก็บข้อมูลแบบ Home Use Tests โดยแบ่งการนำเสนอผลการสำรวจออกเป็น 2 ส่วนคือ ข้อมูลเบื้องต้นของของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ และความพึงพอใจของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ มีผลการสำรวจตามตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ n = 20

ข้อมูลเบื้องต้นของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	6	30.00
หญิง	14	70.00
รวม	20	100.00
ช่วงอายุ		
ต่ำกว่า 30 ปี	4	20.00

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ (ต่อ) n = 20

ข้อมูลเบื้องต้นของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
30 - 34 ปี	5	25.00
35 - 39 ปี	2	10.00
40 - 44 ปี	-	-
45 - 49 ปี	4	20.00
50 - 54 ปี	2	10.00
55 - 59 ปี	3	15.00
60 ปีขึ้นไป	-	-
รวม	20	100.00
ระดับการศึกษา		
ต่ำกว่าปริญญาตรี	-	-
ปริญญาตรี	8	40.00
ปริญญาโท	9	45.00
ปริญญาเอก	3	15.00
รวม	20	100.00
อาชีพ		
รับราชการ พนักงาน ลูกจ้างของรัฐ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	18	90.00
พนักงาน/ลูกจ้างเอกชน	-	-
ธุรกิจส่วนตัว/ประกอบอาชีพอิสระ	2	10.00
รวม	20	100.00
รายได้		
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท	-	-
10,001 - 15,000 บาท	5	25.00
15,001 - 20,000 บาท	1	5.00
20,001 - 25,000 บาท	-	-
25,001 - 30,000 บาท	3	15.00
มีรายได้สูงกว่า 30,000 บาท	11	55.00
รวม	20	100.00

จากตารางที่ 4.3 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ทั้ง 20 คน ส่วนมากเป็นเพศหญิง ร้อยละ 70.00 และเป็นเพศชาย ร้อยละ 30.00 มีอายุอยู่ระหว่าง 30 - 34 ปี ร้อยละ 25.00 รองลงมามีอายุต่ำกว่า 30 ปี ร้อยละ 20.00 มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาโท ร้อยละ 45.00 รองลงมาอยู่ในระดับปริญญาตรี ร้อยละ 40.00 ประกอบอาชีพรับราชการ พนักงาน ลูกจ้างของรัฐ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ ร้อยละ 90.00 รองลงมาธุรกิจส่วนตัว/ประกอบอาชีพอิสระ ร้อยละ 10.00 มีรายได้สูงกว่า 30,000 บาท ร้อยละ 55.00 และมีรายได้อยู่ระหว่าง 10,001 - 15,000 บาท ร้อยละ 25.00

ตารางที่ 4.4 ความพึงพอใจของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

รายละเอียดการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ					$\overline{X}$	S.D.	ความหมาย
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
1. ความสวยงาม	13	7	-	-	-	4.75	0.49	มากที่สุด
2. ความสม่ำเสมอของสี	13	7	-	-	-	4.75	0.49	มากที่สุด
3. ความเหนียว	9	7	4	-	-	4.35	0.79	มาก
4. ความหนา	8	10	2	-	-	4.30	0.66	มาก
5. ผิวสัมผัสของแผ่นกระดาษ	7	9	4	-	-	4.25	0.75	มาก
6. ความสะท้อนน้ำ	5	11	4	-	-	4.15	0.69	มาก
7. ง่ายต่อการติดกาว	8	12	-	-	-	4.40	0.50	มาก
8. ง่ายต่อการตัด พับ	6	11	3	-	-	4.25	0.77	มาก
9. ความเหมาะสมในการนำไปใช้ทำงานประดิษฐ์	11	9	-	-	-	4.65	0.51	มากที่สุด
10. ความพึงพอใจโดยรวม	12	7	1	-	-	4.65	0.60	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม						4.41	0.62	มาก

จากตารางที่ 4.4 ความพึงพอใจของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ พบว่า ผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์จำนวน 20 คน ให้ความพึงพอใจต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.41 โดยให้ความพึงพอใจด้านความสวยงาม ความสม่ำเสมอของสี ความพึงพอใจโดยรวม และความเหมาะสมในการนำไปใช้

ทำงานประดิษฐ์อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.75 4.65 และ 4.65 ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจด้านง่ายต่อการติดกาว ความเหนียว ความหนา ง่ายต่อการตัด พับ ผิวสัมผัสของแผ่นกระดาษ และความสะท้อนน้ำอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.40 4.35 4.30 4.25 และ 4.15 ตามลำดับ

จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ โดยร้อยละ 40.00 ของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า กระดาษมีความกรอบมากเมื่อเทียบกับกระดาษสา เนื้อกระดาษยังซึมซับน้ำได้อยู่บางส่วนไม่เท่ากับกระดาษสา การตัดสามารถตัดได้ง่ายไม่ต่างจากกระดาษสา และการพับยังไม่สามารถพับให้เป็นจีบได้ เนื่องจากกระดาษมีความยืดหยุ่น ควรมีการเพิ่มสีของกระดาษนอกเหนือจากสีธรรมชาติ ควรเพิ่มการตกแต่งลวดลายจากวัสดุธรรมชาติ เช่น ใบไม้ กลีบดอกไม้ และผสมกลิ่นเพื่อให้กระดาษมีกลิ่นหอมด้วย

4.4.2 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภค

การสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคจำนวน 100 คน โดยแบ่งการนำเสนอผลการสำรวจออกเป็น 2 ส่วนคือ ข้อมูลเบื้องต้นของผู้บริโภค และความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ มีผลการสำรวจตามตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6 ดังนี้

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้บริโภค n = 100

ข้อมูลเบื้องต้นของผู้บริโภค	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	33	33.00
หญิง	67	67.00
รวม	100	100.00
ช่วงอายุ		
ต่ำกว่า 20 ปี	2	2.00
20 - 24 ปี	49	49.00
25 - 29 ปี	19	19.00
30 - 34 ปี	12	12.00
35 - 39 ปี	14	14.00
40 - 44 ปี	-	-
45 - 49 ปี	1	1.00
50 - 54 ปี	1	1.00

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้บริโภค (ต่อ) n = 100

ข้อมูลเบื้องต้นของผู้บริโภค	จำนวน (คน)	ร้อยละ
55 - 59 ปี	2	2.00
60 ปีขึ้นไป	-	-
รวม	100	100.00
ระดับการศึกษา		
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	20	20.00
ปวส./อนุปริญญา	11	11.00
ปริญญาตรี	61	61.00
ปริญญาโท	8	8.00
ปริญญาเอก	-	-
รวม	100	100.00
อาชีพ		
นักเรียน/นักศึกษา	32	32.00
รับราชการ พนักงาน ลูกจ้างของรัฐ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	16	16.00
พนักงาน/ลูกจ้างเอกชน	43	43.00
ธุรกิจส่วนตัว/ประกอบอาชีพอิสระ	9	9.00
รวม	100	100.00
รายได้		
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท	33	33.00
10,001 - 15,000 บาท	27	27.00
15,001 - 20,000 บาท	24	24.00
20,001 - 25,000 บาท	7	7.00
25,001 - 30,000 บาท	1	1.00
มีรายได้สูงกว่า 30,000 บาท	8	8.00
รวม	100	100.00

จากตารางที่ 4.5 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคทั้ง 100 คน เป็นเพศหญิง ร้อยละ 67.00 และเป็นเพศชาย ร้อยละ 33.00 มีอายุอยู่ระหว่าง 20 - 24 ปี ร้อยละ 49.00 รองลงมามีอายุอยู่ระหว่าง 25 - 29 ปี ร้อยละ 19.00 มีระดับการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี ร้อยละ 61.00 รองลงมาเป็นมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. ร้อยละ 20.00 ประกอบอาชีพเป็นพนักงาน/ลูกจ้างเอกชน ร้อยละ 43.00 รองลงมาเป็นนักเรียน/นักศึกษา ร้อยละ 32.00 มีรายได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท ร้อยละ 33.00 และมีรายได้อยู่ระหว่าง 10,001 - 15,000 บาท ร้อยละ 27.00

ตารางที่ 4.6 ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

รายละเอียดการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ					$\overline{X}$	S.D.	ความหมาย
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
1. ความสวยงาม	51	48	1	-	-	4.50	0.52	มาก
2. ความสม่ำเสมอของสี	30	62	8	-	-	4.22	0.67	มาก
3. ความเหนียว	42	56	2	-	-	4.40	0.53	มาก
4. ความหนา	37	51	12	-	-	4.25	0.76	มาก
5. ผิวสัมผัสของแผ่นกระดาษ	18	60	22	-	-	3.96	0.63	มาก
6. ความสะท้อนน้ำ	46	51	3	-	-	4.43	0.65	มาก
7. ง่ายต่อการติดกาว	45	52	3	-	-	4.42	0.65	มาก
8. ง่ายต่อการตัด พับ	49	49	2	-	-	4.57	0.54	มากที่สุด
9. ความเหมาะสมในการนำไปใช้ทำงานประดิษฐ์	55	42	2	1	-	4.51	0.69	มากที่สุด
10. ความพึงพอใจโดยรวม	63	36	1	-	-	4.61	0.54	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม						4.48	0.61	มาก

จากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคจำนวน 100 คน ให้ความพึงพอใจต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.48 โดยให้ความพึงพอใจโดยรวม ง่ายต่อการตัด พับ และความเหมาะสมในการนำไปใช้ทำงานประดิษฐ์อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.61 4.57 และ 4.51 ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจด้านความสวยงาม ความสะท้อนน้ำ ง่ายต่อการติดกาว ความเหนียว ความหนา ความสม่ำเสมอของสี และผิวสัมผัสของแผ่นกระดาษอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.50 4.43 4.42 4.40 4.25 4.22 และ 3.96 ตามลำดับ

จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภค โดยร้อยละ 6.00 ของผู้บริโภคได้ให้ข้อเสนอแนะว่า ควรเพิ่มสีของกระดาษเพื่อเพิ่มความสวยงามและสามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพได้มากยิ่งขึ้น หรือนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาตกแต่งเพิ่มเติม จะได้เป็นการสร้างรายได้ให้กับชุมชนด้วย

การสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคทั้ง 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ จำนวน 20 คน และกลุ่มผู้บริโภคจำนวน 100 คน โดยผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ให้ความคิดเห็นว่า เยื่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่มีการกระจายตัวดี มีลวดลายที่เกิดขึ้นจากเยื่อเปลือกโสนหางไก่บนพื้นผิวกระดาษ และสีของกระดาษมีความสวยงามสม่ำเสมอ มีความแตกต่างจากกระดาษที่ใช้ในงานประดิษฐ์ที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด โดยให้ความพึงพอใจต่อด้านความสวยงาม ความสม่ำเสมอของสี และความเหมาะสมในการนำไปใช้ทำงานประดิษฐ์อยู่ในระดับมากที่สุด นอกจากนี้ เมื่อใช้มือลูบบนพื้นผิวของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่มีความขรุขระเล็กน้อยไม่เรียบ และนุ่มมือเหมือนกระดาษสา เมื่อนำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำมาพับ สันทบของกระดาษจะไม่เรียบและคงรูปตามรอยพับเดิม เพราะกระดาษมีความกรอบกว่ากระดาษสา และจากการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคซึ่งให้ความพึงพอใจในด้านง่ายต่อการตัด พับ และความเหมาะสมในการนำไปใช้ทำงานประดิษฐ์ อยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งจากการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคทั้ง 2 กลุ่ม มีข้อที่สังเกตได้ว่า ความพึงพอใจด้านความสวยงาม ความสม่ำเสมอของสี และง่ายต่อการตัดพับ มีระดับความพึงพอใจที่แตกต่างกัน ส่วนมากผู้บริโภคชอบกระดาษที่มีสีสันที่เกิดจากการย้อมสีมากกว่า จึงมีผลต่อการตัดสินใจในด้านความสวยงาม และความสม่ำเสมอของสี ส่วนด้านการตัด พับ ผู้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจที่เป็นกลุ่มผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ และกลุ่มผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ อยู่ในระดับมากที่สุด และระดับมาก ตามลำดับ เนื่องจากกลุ่มผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์มีทักษะการประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์งานกระดาษจากกระดาษชนิดต่าง ๆ มากกว่ากลุ่มผู้บริโภค ทั้งนี้รวมถึงความพึงพอใจส่วนบุคคลของผู้บริโภค นอกจากนี้กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำยังเป็นวัสดุที่ผลิตขึ้นเป็นครั้งแรก และไม่มีจำหน่ายในท้องตลาดจึงทำให้ความพึงพอใจที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำของผู้ตอบแบบสอบถามทั้ง 2 กลุ่ม อยู่ในระดับที่แตกต่างกัน โดยให้ความคิดเห็นว่า กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ สามารถสะท้อนน้ำได้ ปรากฏรอยเปียกน้ำบ้างเล็กน้อยเป็นบางจุด แตกต่างจากกระดาษสาที่เมื่อสัมผัสกับน้ำแล้วรอยเปียกจะปรากฏทั่วทั้งแผ่นกระดาษ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบความสะท้อนน้ำอยู่ในระดับ 80 คือ ผิวด้านหน้าเปียกเฉพาะบริเวณที่ถูกพ่น ตังแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ มีสมบัติความสะท้อนน้ำได้ ดังนั้นเมื่อนำมาใช้ในงานประดิษฐ์ทำให้ผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์มีผลต่ออายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้นด้วย

4.5 งานประดิษฐ์กล่องจากกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำต้นแบบ

โดยการนำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำในสิ่งทดลองที่ 1 ที่ปริมาณการใช้สารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ร้อยละ 3 ซึ่งมีผลการทดสอบน้ำหนักมาตรฐาน 145 กรัม/ตารางเมตร ที่มีความใกล้เคียงกับน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษผิวกล่องของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษเหนียวที่กำหนดให้น้ำหนักมาตรฐานของกระดาษผิวกล่องคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ±5 คือ 125 ถึง 150 กรัม/ตารางเมตร [72] ดังนั้นจึงนำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำมาทำเป็นกระดาษผิวกล่อง ซึ่งกล่องจากกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำต้นแบบที่ได้ มีส่วนประกอบของกล่องอยู่ 2 ส่วน คือ ฝากล่องมีขนาด (กว้าง × ยาว × สูง) เท่ากับ 20.3 × 20.3 × 2.5 เซนติเมตร และตัวกล่องมีขนาด (กว้าง × ยาว × สูง) เท่ากับ 20 × 20 × 10 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.5 กล่องกระดาษจากกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำต้นแบบ

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการศึกษาทดลองตามวัตถุประสงค์ไว้ดังนี้ คือ เพื่อทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ เพื่อทดลองผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ และเพื่อสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ โดยสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1 การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่

จากการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ ที่ปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 15 และ 20 ใช้ระยะเวลาในการต้ม 2 และ 3 ชั่วโมง จะได้ทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง ซึ่งการใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 20 ใช้ระยะเวลาในการต้ม 2 ชั่วโมง ในสิ่งทดลองที่ 3 มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการต้มเยื่อเปลือกโสนหางไก่ เยื่อที่ผลิตได้มีจะมีขนาดเล็ก จากการต้มเยื่อด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 และ 20 จะทำให้เส้นใยเปลือกโสนหางไก่ถูกทำลายมากขึ้น ลักษณะของเส้นใยจะกระจายตัวได้ดีกว่าการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 เส้นใยที่ผลิตได้จะมีขนาดใหญ่ หยาบ และแข็งมากกว่า ซึ่งการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณมาก จะช่วยให้เส้นใยจากเปลือกโสนหางไก่กระจายตัวได้เร็ว ช่วยลดระยะเวลาในการต้มให้เยื่อเปื่อยลดลงได้ และน้ำหนักเยื่อที่ได้จะลดลงตามปริมาณที่เพิ่มขึ้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ด้วย ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยในบทที่หนึ่ง กล่าวคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณที่ต่างกัน และระยะเวลาในการต้มแต่ละระดับจะทำให้ได้ปริมาณเยื่อที่มีคุณภาพแตกต่างกัน ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่า สภาวะการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ ในสิ่งทดลองที่ 3 ซึ่งจะได้ผลผลิตเยื่อร้อยละ 49.36 จากน้ำหนักเปลือกโสนหางไก่แห้งก่อนต้ม 100 กรัม เมื่อนำไปผลิตเป็นกระดาษแล้วนำไปทดสอบค่าความสว่าง (L*) อยู่ที่ 70.91 มีน้ำหนักมาตรฐาน 84.8 กรัม/ตารางเมตร ความหนา 0.419 มิลลิเมตร ความต้านแรงดันทะลุ 68.9 กิโลพาสคัล และความต้านแรงฉีกขาด 1,020 มิลลินิวตัน ด้วยเหตุผลดังกล่าวในข้างต้น ผู้วิจัยจึงเลือกสภาวะในสิ่งทดลองที่ 3 ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 20 ใช้ระยะเวลาในการต้ม 2 ชั่วโมง นำไปผลิตเป็นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำต่อไป

5.2 การทดลองผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

จากการผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ซึ่งได้ทำตามกรรมวิธีการผลิตกระดาษของบริษัทอุตสาหกรรมกระดาษซินกวงฮั้ว (ประเทศไทย) จำกัด จะได้กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำที่มีขนาด 67×97 เซนติเมตร ที่ใช้ปริมาณสารสะท้อนน้ำ Starguard ROF ร้อยละ 3 4 และ 5 โดยการผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำได้ผสมเยื่อปอสาในอัตราส่วนร้อยละ 10 เพื่อทำให้กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำมีคุณภาพที่ดีขึ้น เพราะกระดาษที่ผลิตจากเปลือกโสนหางไก่ในอัตราส่วนร้อยละ 100 จะได้กระดาษที่มีลักษณะโก่งงอเล็กน้อยที่ขอบกระดาษ เนื้อกระดาษแข็งกรอบไม่อ่อนนุ่มเหมือนกระดาษสา ต่อจากนั้นนำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำทั้ง 3 สิ่งทดลองไปทดสอบสมบัติทางกายภาพต่อไป

5.3 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำทั้ง 3 สิ่งทดลอง ที่ปริมาณการใช้สารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ร้อยละ 3, 4 และ 5 มีน้ำหนักมาตรฐานอยู่ระหว่าง 134 ถึง 155 กรัม/ตารางเมตร ความหนาอยู่ระหว่าง 0.412 ถึง 0.603 มิลลิเมตร ค่าความต้านแรงดันทะลุอยู่ระหว่าง 64.7 ถึง 76.7 กิโลพาสคัล ค่าความต้านแรงฉีกขาดอยู่ระหว่าง 1,008 ถึง 1,161 มิลลินิวตัน และมีผลการทดสอบความสะท้อนน้ำอยู่ในระดับ 80 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือ การเพิ่มสารสะท้อนน้ำในปริมาณที่ต่างกันจะทำให้ได้สมบัติการสะท้อนน้ำของกระดาษที่ต่างกัน โดยผลการทดสอบความสะท้อนน้ำของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำทั้ง 3 สิ่งทดลองมีค่าความสะท้อนน้ำที่ไม่แตกต่างกัน คือ ผิวด้านหน้าเปียกเฉพาะบริเวณที่ถูกพ่น ดังนั้น ปริมาณสารสะท้อนน้ำที่มีความเหมาะสมมากที่สุดคือ สารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ร้อยละ 3 ในสิ่งทดลองที่ 1 มีน้ำหนักมาตรฐาน 145 กรัม/ตารางเมตร ความหนา 0.412 มิลลิเมตร ความต้านแรงดันทะลุ 76.7 กิโลพาสคัล และความต้านแรงฉีกขาด 1,020 มิลลินิวตัน เพราะใช้สารสะท้อนน้ำ Starguard FCS น้อยกว่าสิ่งทดลองที่ 2 และ 3

5.4 การสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ จำนวน 20 คน และผู้บริโภค จำนวน 100 คน โดยผู้ตอบแบบสอบถามทั้ง 2 กลุ่ม มีความพึงพอใจด้านความสวยงาม ความสม่ำเสมอของสี ง่ายต่อการตัด พับ ความเหมาะสมในการนำไปใช้ทำงานประดิษฐ์ และความพึงพอใจโดยรวมอยู่ใน

ระดับมาก ถึงมากที่สุด ส่วนด้านความเหนียว ความหนา ผิวสัมผัสของแผ่นกระดาษ ความสะท้อนน้ำ และง่ายต่อการติดกาวอยู่ในระดับมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือ ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ และผู้บริโภค ได้ให้ข้อเสนอแนะตรงกันว่า ควรมีการเพิ่มสีของกระดาษให้มีความหลากหลายมากขึ้นนอกเหนือจากสีธรรมชาติ เพิ่มการตกแต่งลวดลายต่าง ๆ ด้วยวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ใบไม้ กลีบดอกไม้ มาตกแต่งเพิ่มเติม และตกแต่งกลิ่นเพื่อให้กระดาษมีกลิ่นหอม

5.5 งานประดิษฐ์กล่องจากกระดาษจากเปลือกโสนหางสะท้อนน้ำต้นแบบ

จากการนำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำที่มีสมบัติทางกายภาพและความสะท้อนน้ำที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ซึ่งผู้วิจัยได้นำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำที่ผลิตได้ในสิ่งทดลองที่ 1 ปริมาณการใช้สารสะท้อนน้ำ Starguard FCS ร้อยละ 3 ในการผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ มีความเหมาะสมที่จะนำมาทำเป็นกระดาษผิวกล่อง ประดิษฐ์กล่องจากกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

5.6 ข้อเสนอแนะ

5.5.1 ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกโสนหางไก่เพิ่มเติม

5.5.2 ควรมีการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่ที่ผลิตได้

5.5.3 ควรพัฒนากระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำให้มีคุณลักษณะตามที่ต้องการของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษเหนียว สำหรับกระดาษห่อของและกระดาษทำถุงชั้นเดียว

5.5.4 ควรพัฒนาการย้อมสีกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำนอกเหนือจากสีธรรมชาติ

5.5.5 ควรศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำกับกระดาษอื่น ๆ ที่ใช้ในธุรกิจงานประดิษฐ์

บรรณานุกรม

[1] สุริยนต์ หลาบหนองแสง, "การพัฒนาสังคมไทยเพื่อเข้าสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ.2558," *วารสารการศึกษาและพัฒนาสังคม*, ปีที่10 ฉ.1, น.6-18, 2555.

[2] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, "อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ กระดาษและสิ่งพิมพ์," สรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี 2559 และแนวโน้มปี 2560, น.140-146, 2559.

[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, "คู่มือฝึกอบรมผู้เชี่ยวชาญการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ," มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 2550.

[4] ปิยะธิดา สีหะวัฒนกุล, สุกัญญา จันทกุล, อารยะ ไทยเที่ยง, สุชีรา ผ่องใส, นิอร ดาวเจริญพร, รุ่งฤทัย รำพึงจิต และอนุสรณ์ ใจทน, "การพัฒนาผลิตภัณฑ์ดอกไม้ป่าไทยจากโสนหางไก่ : กรณีศึกษา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา," *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5*, น.106-111, 2556.

[5] สุรเดช ชุพินิจรอบคอบ, สาคร ชลสาคร, อุไรวรรณ คำสิงหา และกิติยาพรรณ โพธิ์ล่าม, "การพัฒนาแปรรูปสิ่งทอจากเปลือกโสน," คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2551.

[6] ดวงพร สุวรรณกุล และรังสิต สุวรรณเขตนิคม, "โสนหางไก่," วัชพืชในประเทศไทย. 2544, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544, น.126.

[7] โสนหางไก่, ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์ (ออนไลน์), 2554, สืบค้นจาก: http://www.qsbg.org/database/botanic_book%20full%20option/search_detail.asp?botanic_id=1557 (1 ธันวาคม 2558).

[8] Aeschynomene indica L., West African Plants (online), n.d., Available: http://www.westafricanplants.senckenberg.de/root/index.php?page_id=14&id=58 (9 December 2015).

[9] Aeschynomene aspera L., Biolib.cz (online), n.d., Available: http://www.biolib.cz/en/taxonimage/id237141/?taxonid=194768 (6 January 2016).

บรรณานุกรม (ต่อ)

[10] สุวิทย์ เทียรทอง, วิมลพรรณ รุ่งพรหม และขนิษฐา วันชัย, "การพัฒนาปรับปรุงวัสดุที่นำไปผลิตสินค้าและผลิตภัณฑ์ดอกไม้จากโสนหางไก่," *วารสารวิชาการ ราชภัฏกรุงเก่า*, ปีที่13 ฉ.22, น.88-92, 2549.

[11] กลุ่มผู้ผลิตดอกไม้ประดิษฐ์จากต้นโสนหางไก่, Communicative English For Community Development (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http://cd.rmutp.ac.th/?page_id=783 (6 มกราคม 2559).

[12] ดรรชนี พัทธวรากร, "กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษ," สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, ม.ป.ป..

[13] ที่มาของกระดาษ, eduzones (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: https://blog.eduzones.com/poonpreecha/96485 (24 เมษายน 2558).

[14] ศจีมาศ นันตสุคนธ์, "การผลิตกระดาษจากใบเตยหอมและการใช้ประโยชน์," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาคหกรรมศาสตร์เพื่อพัฒนาชุมชน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ, 2551.

[15] ประวัติความเป็นมาของกระดาษ, โรงพิมพ์ดอทคอม (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http://www.rongpim.com/know_paper.php (24 เมษายน 2558).

[16] ความสำคัญของกระดาษ, chicken smile (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http://www.chickensmile.com/2013-04-15-06-34-35/89-2013-05-29-06-24-14 (24 เมษายน 2558).

[17] สมหวัง ขันตสุคนธ์, "เส้นใยเยื่อและกระดาษ: สมบัติทางกายภาพ," สาขาวิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2551.

[18] ประกิต จันทร์ศรี, การผลิตกระดาษเชิงหัตถกรรมจากวัตถุดิบในท้องถิ่น," พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์บรรณกิจ, 2551.

[19] วิจิตร สนหอม, "การพัฒนากระดาษกกเพื่อใช้ประโยชน์ในงานศิลปะประดิษฐ์," วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์เพื่อพัฒนาชุมชน คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ, 2554.

[20] วุฒินันท์ คงทัด, "กระดาษทำด้วยมือ," ในงานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการผลิตเยื่อและกระดาษจากปอสา, ณ ห้องประชุมชั้น 8 อาคารอุตสาหกรรมเกษตร 3 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, 2545.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[21] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, "เกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมกระดาษ," กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ, ม.ป.ป..

[22] องค์ประกอบของกระดาษ, Double A Thailand (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: https://www.doubleapaper.com/th/assets/media/paperknowledge/paper_element1.pdf (24 เมษายน 2558).

[23] นุชศรา นงนุช, "ความเป็นไปได้ในการใช้เยื่อจากกระดาษคราฟท์และกระดาษกล่องมาผลิตกระดาษเช็ดมือ," การค้นคว้าอิสระตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2553.

[24] สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมเป้าหมาย, "หนังสือชุดองค์ความรู้ด้านบรรจุภัณฑ์ เรื่อง ความรู้พื้นฐานในการทำบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษ เล่มที่ 1 ประเภทของกระดาษ," กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2555.

[25] สุทธิ์สุดา วานิช, "การพัฒนากระดาษต้านจุลินทรีย์เคลือบสตาร์ชดัดแปรผสมน้ำมันกานพลู," วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีการบรรจุและวัสดุบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2553.

[26] สารเคมีในกระดาษที่ควรรู้, Paper Love Jung (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http://paperlovejung.blogspot.com/2014/07/blog-post_6.html (6 ตุลาคม 2558).

[27] การผลิตเยื่อกระดาษ, Siam Safety (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http://www.siamsafety.com/pulp_industry3.pdf (22 เมษายน 2558).

[28] อังคณา สุวรรณกูฏ, กรมวิชาการเกษตร (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http://www.doa.go.th/pibai/pibai/n11/v_11-mar/ceaksong.html (11 ตุลาคม 2558).

[29] พินิจกานต์ อารีวงษ์ และวรรณิษา นาคแถมทอง, "การผลิตเยื่อกระดาษจากฟางข้าวด้วยวิธีทางชีวภาพร่วมกับกรรมวิธีโซดา," ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2555.

[30] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0612/cellulose-%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%A5%E0%B8%A5%E0%B8%B9%E0%B9%82%E0%B8%A5%E0%B8%AA (15 ตุลาคม 2558).

บรรณานุกรม (ต่อ)

[31] ประวัตร จันทรานุภาพ และพนิตนาฎ จันทรานุภาพ, "การผลิตเยื่อจากหญ้าแฝกอย่างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยใช้ของผสม NH4 OH-KOH," คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2552.

[32] การศึกษาผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http://sci.bsru.ac.th/dept/product/research/1364273813/1364273813_Chapter3.pdf (24 เมษายน 2558).

[33] องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้, Buranapa Group (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http://www.buranapagroup.com/knowledge_chemical.php (15 ตุลาคม 2558).

[34] Office of Water, United States Environmental Protection Agency (online) 1997, Available: http://water.epa.gov/scitech/wastetech/guide/pulppaper/upload/1997_11_14_guide_pulppaper_jd_fs2.pdf (29 September 2015).

[35] การผลิตกระดาษ, Siam Safety (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http://www.siamsafety.com/pulp_industry4.pdf (22 เมษายน 2558).

[36] ยงยุทธ ทองคำ, "การผลิตกระดาษจากเยื่อลำต้นมะพร้าวผสมกับเยื่อยูคาลิปตัส," วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 2556.

[37] ประเภทของบรรจุภัณฑ์กระดาษ, บริษัทเพอเฟคท์ อินดัสทรี จำกัด. (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http://www.perfect770.com/packaging-type.htm (15 พฤศจิกายน 2558).

[38] ชนิดของกระดาษ (Type of Paper), อินฟินิตี้ คัลเลอร์ พริ้นติ้ง บจก. (ออนไลน์), 2550, สืบค้นจาก: http://www.infinityprinting.co.th/main/content.php?page=sub&category=20&id=53 (13 พฤศจิกายน 2558).

[39] ชนิดของกระดาษ, บริษัท นอร์ทเทิร์นอาร์ต จำกัด. (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http://www.apprinting.in.th/%E0%B8%8A%E0%B8%99%E0%B8%B4%E0%B8%94%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%94%E0%B8%B2%E0%B8%A9/ (13 พฤศจิกายน 2558).

บรรณานุกรม (ต่อ)

[40] กระดาษอนามัย : ขยายตลาดส่งออก…รองรับกำลังผลิตส่วนเกิน, ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (ออนไลน์), 2550, สืบค้นจาก: http://library.dip.go.th/multim6/edoc/16734.pdf (13 พฤศจิกายน 2558).

[41] วราภรณ์ เนรมิตพานิชย์, "การผลิตกระดาษหัตถกรรมจากต้นกล้วยผสมกระดาษใช้แล้วเพื่อการใช้ประโยชน์," วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์เพื่อพัฒนาชุมชน คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ, 2551.

[42] สมบัติของกระดาษ(1), Double A Thailand (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: https://www.doubleapaper.com/th/assets/media/paperknowledge/paper_properties1.pdf (24 เมษายน 2558).

[43] ธัญญธร อินทร์ท่าฉาง, "การศึกษาผลของคุณภาพเยื่อกระดาษเส้นใยพืชที่มีผลต่อระบบการพิมพ์พื้นทะลุเพื่องานบรรจุภัณฑ์," คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ, 2554.

[44] สมบัติของกระดาษ(2), Double A Thailand (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: https://www.doubleapaper.com/th/assets/media/paperknowledge/paper_properties2.pdf (24 เมษายน 2558).

[45] ธวิช ถ้วยทอง, "การตกแต่งสำเร็จ," เอกสารประกอบการสอน, วิทยาลัยเทคนิคโพธาราม, ราชบุรี, 2546.

[46] ธัญวรัตน์ พิพัฒน์ชาญชัย, "การเตรียมผ้าฝ้ายและผ้าไหมสะท้อนน้ำด้วยออร์แกโนซิเลนร่วมกับนาโนซิลิกอนไดออกไซด์," ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2549.

[47] จินตนา บมขุนทด, "การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษซังขนุนสำหรับงานประดิษฐ์," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2555.

[48] สุภา จุฬคุปต์, "การพัฒนากระดาษใบบัวอัดแห้งสำหรับใช้ในงานประดิษฐ์," คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2553.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[49] ปรากฏการณ์น้ำกลิ้งบนใบบัว, ศูนย์เทคโนโลยีอีเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: http://www.nectec.or.th/info/posters/archives/pdf/Eco/RDE3e.pdf, (1 กันยายน 2558).

[50] กระจกทำความสะอาดตัวเองได้ด้วยวิธีไม่ชอบน้ำ, วิชาการดอทคอม (ออนไลน์), 2554, สืบค้นจาก: http://www.vcharkarn.com/varticle/43544, (1 มีนาคม 2559)

[51] Boris Mahltig and Torsten Textor, Nanosols and textiles, nd. printed in Singapore : n.p., 2008.

[52] Greenpeace Puts Pressure On Outdoor Brands To Phase Out Fluorocarbon Chemistry, Stepchange Innovations (online), 2013, Available: http://blog.stepchange-innovations.com/2013/07/greenpeace-puts-pressure-on-outdoor-brands-to-phase-out-fluorocarbon-chemistry/, (4 January 2016).

[53] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน (ออนไลน์), 2552, สืบค้นจาก: http://research.rid.go.th/vijais/moa/fulltext/TIS121_3-2552.pdf, (29 กุมภาพันธ์ 2559).

[54] วาสนา เจริญวิเชียรฉาย, "การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทผลิตภัณฑ์จากกระดาษสา กระดาษสับปะรด และกระดาษตะขบ," คณะศิลปกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2551.

[55] สุดสงวน สุนาคราช, "งานประดิษฐ์ตามสมัยนิยม," สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์, วิทยาลัยอาชีวศึกษาร้อยเอ็ด, ร้อยเอ็ด, 2546.

[56] สรวงพร กุศลส่ง, "การพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากกระดาษใบมะขาม," มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, เพชรบูรณ์, 2554.

[57] ความหมายงานประดิษฐ์, Eduzones (ออนไลน์), ม.ป.ป., สืบค้นจาก: https://blog.eduzones.com/jade/3237, (22 ธันวาคม 2558).

[58] มยุรี เรืองสมบัติ, ยุวดี พรธาราพงศ์, นพพร สกุลยืนยงสุข และดรุณรัตน์ พิกุลทอง,"การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์หัตถกรรมกรณีศึกษาเฟอร์นิเจอร์จากหวายเทียม," คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ, 2555.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[59] ปิยะธิดา สีหะวัฒนกุล, สุกัญญา จันทกุล, อารยะ ไทยเที่ยง, สุชีรา ผ่องใส, นิอร ดาวเจริญพร, รุ่งฤทัย รำพึงจิต และอนุสรณ์ ใจทน, "การพัฒนาผลิตภัณฑ์ดอกกล้วยไม้ไทยจากโสนหางไก่: กรณีศึกษาอำเภอพระนครศรีอยุธยาจังหวัดพระนครศรีอยุธยา," คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ, 2555.

[60] ปิยะธิดา สีหะวัฒนกุล, อนุสรณ์ ใจทน และอัมพวัน ยันเสน, "การพัฒนาผลิตภัณฑ์พานพุ่มจากโสนหางไก่ด้วยเทคนิคเปเปอร์มาช่,"คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ, 2557.

[61] ชัยพร สามพุ่มพวง, รังสินี โสธรวิทย์, วุฒินันท์ คงทัด และวารุณี ธนะแพสย์, "การพัฒนากระบวนการผลิตกระดาษฟางข้าวแบบพื้นบ้าน," การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 : สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550.

[62] สวนิต อิชยาวณิชย์ และจักรพันธ์ เงาทอง,"การศึกษาวิธีการผลิตกระดาษจากเปลือกหน่อไม้ไผ่ตง," *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, ปีที่43 ฉ.3, น.123-126, 2555.

[63] สุภา จุฬคุปต์,"การพัฒนาการผลิตกระดาษเชิงหัตถกรรมจากใยมะพร้าว,"คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2552.

[64] พัชทรา มณีสินธุ์, "การผลิตเยื่อกระดาษจากต้นกล้วยไข่ด้วยกรรมวิธีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม," *วารสารการบรรจุภัณฑ์*, ปีที่19 ฉ.2, น.7-15, 2554.

[65] Budsaraporn Bhechrung, "Feasibility Study of Pulp Production from Hom Thong Banana Trunk (Musa acuminate Gros Michel) for SMEs," a Thesis Submitted id Partial Fulfillment of The Reguirements for The Degree of Master of Science, (Environmental Planning for Community and Rural Development) Faculty of Graduate Studies, Mahidol University, n.d., 2008.

[66] Shattamon Kaewnongsamet, "The Feasibility Study on The Pulp Processing from Sida Grass.(Sida acula Burm t.)," a Thesis Submitted id Partial Fulfillment of The Reguirements for The Degree of Master of Science, (Appropriate Technology for Resource and Environmental Development) Faculty of Graduate Studies, Mahidol University, n.d., 2004.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[67] เพ็ญวิสาข์ พิสิฏฐศักดิ์, "การใช้กระบวนการโซลเจลเพื่อเพิ่มสมบัติของสิ่งทอ : ผ้าสะท้อนน้ำและน้ำมัน," *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่4 ฉ.1, น.46-63, 2558.

[68] โสนภิดา วิศาลศักดิ์กุล, "การพัฒนาบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งเมล็ดขนุนสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องเครื่องปั้นดินเผา," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2555.

[69] ประสิทธิ์ สุวรรณรักษ์, "ระเบียบวิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์," ภาควิชาทดสอบและวิจัยทางการศึกษา คณะครุศาสตร์, สถาบันราชภัฏบุรีรัมย์, บุรีรัมย์, 2542.

[70] วุฒินันท์ คงทัด, ชัยพร สามพุ่มพวง และสาริมา สุนทราชุน, "คุณสมบัติเชิงกลของกระดาษผักตบชวาผสมเยื่อสาที่ทำด้วยมือแบบไทยเพื่องานหัตกรรม," การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 : สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550.

[71] วุฒินันท์ คงทัด, "ศึกษาสมบัติเชิงกลของกระดาษเปลือกสบู่ดำที่ทำด้วยมือแบบไทยเพื่องานหัตถกรรม," การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 : สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552.

[72] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน (ออนไลน์), 2550, สืบค้นจาก: http://research.rid.go.th/vijais/moa/fulltext/TIS170-2550.pdf, (22 ธันวาคม 2559).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
หนังสือขอความอนุเคราะห์นักศึกษาเข้าศึกษาและทดสอบ

ศธ 0578.04/ 1090

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

4 กรกฎาคม 2559

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์นักศึกษาเข้าศึกษาและทดสอบ

เรียน ผู้จัดการ บริษัท อุตสาหกรรมกระดาษชินกวงฮั้ว (ประเทศไทย) จำกัด

ด้วยนายพรชัย บุญญิกา นักศึกษาปริญญาโท คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย - เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้ทำวิทยานิพนธ์ ในหัวข้อ "การตกแต่งสะท้อนน้ำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์" ซึ่งนักศึกษามีความประสงค์เข้าศึกษาและทดสอบการทำกระดาษจากเปลือกโสนหางไกในระบบอุตสาหกรรม คณะฯ เห็นว่าหน่วยงานของท่านมีการดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการทำกระดาษมาเป็นระยะเวลานาน มีเครื่องมือและเครื่องจักรที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน ในการนี้ คณะฯใคร่ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเข้าไปศึกษาและทดสอบการทำกระดาษจากเปลือกโสนหางไกในระบบอุตสาหกรรม ในหน่วยงานของท่าน โดยนักศึกษาได้ติดต่อกับเจ้าหน้าที่ไว้เบื้องต้นแล้ว และสามารถสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ นายพรชัย บุญญิกา หมายเลขโทรศัพท์ 08-3699-9565

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวจีรวัฒน์ เหรียญอารีย์)
คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

บัณฑิตศึกษา
โทร.0-2549-3162
โทรสาร. 0-2577-2358

ภาคผนวก ข
รายงานการทดสอบ จากกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ วท 0307/ 7134

ถึง นายพรชัย บุญญิกา

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่าง กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ ตัวอย่างที่ 1 หมายเลขปฏิบัติการ L59/03061.1 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้อง เลขรับ L59/03061 วันที่ 17 มิถุนายน 2559

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

4 กรกฎาคม 2559

โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม
โทร. 0 2201 7130
โทรสาร 0 2201 7127
E-mail : physics@dss.go.th

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ ตัวอย่างที่ 1	-	L59/03061.1

ผลการทดสอบ

น้ำหนักมาตรฐาน, กรัม/ตารางเมตร	76.8
ความหนา, มิลลิเมตร	0.326
ความต้านแรงดันทะลุ, กิโลพาสคัล	100
ความต้านแรงฉีกขาด, มิลลินิวตัน	1,226

ชื่อผู้ใช้บริการ	นายพรชัย บุญญิกา
ที่อยู่ผู้ใช้บริการ	23/1 หมู่ 8 ตำบลคานหาม อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13210
ลักษณะตัวอย่าง	แผ่นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ ขนาด 19 X 27 เซนติเมตร จำนวน 9 แผ่น
วันที่ทดสอบ	27-28 มิถุนายน 2559
วิธีทดสอบ	1. น้ำหนักมาตรฐาน ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 536: 2012 2. ความหนา ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 534: 2011 3. ความต้านแรงดันทะลุ ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2758: 2014 4. ความต้านแรงฉีกขาด ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1974: 2012
หมายเหตุ	สภาวะการทดสอบ : อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส 27 ± 1 ความชื้นสัมพัทธ์, ร้อยละ 65 ± 2

ผู้รับรอง

(นางสาวภูวดี ตู้จินดา)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ผู้รายงาน

(นายสมชาย ศิริเลิศพิทักษ์)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ถนนพระรามที่ 6 ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 ประเทศไทย

ที่ วท 0307/ 7135

ถึง นายพรชัย บุญญิกา

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่าง กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ ตัวอย่างที่ 2 หมายเลขปฏิบัติการ L59/03061.2 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้อง เลขรับ L59/03061 วันที่ 17 มิถุนายน 2559

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ
4 กรกฎาคม 2559

โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม
โทร. 0 2201 7130
โทรสาร 0 2201 7127
E-mail : physics@dss.go.th

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ ตัวอย่างที่ 2	-	L59/03061.2

ผลการทดสอบ

น้ำหนักมาตรฐาน, กรัม/ตารางเมตร	83.3
ความหนา, มิลลิเมตร	0.292
ความต้านแรงดันทะลุ, กิโลพาสคัล	111
ความต้านแรงฉีกขาด, มิลลินิวตัน	1,216

ชื่อผู้ใช้บริการ	นายพรชัย บุญญิกา
ที่อยู่ผู้ใช้บริการ	23/1 หมู่ 8 ตำบลคานหาม อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13210
ลักษณะตัวอย่าง	แผ่นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ ขนาด 19 X 27 เซนติเมตร จำนวน 9 แผ่น
วันที่ทดสอบ	27-28 มิถุนายน 2559
วิธีทดสอบ	1. น้ำหนักมาตรฐาน ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 536: 2012 2. ความหนา ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 534: 2011 3. ความต้านแรงดันทะลุ ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2758: 2014 4. ความต้านแรงฉีกขาด ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1974: 2012
หมายเหตุ	สภาวะการทดสอบ : อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส 27 ± 1 ความชื้นสัมพัทธ์, ร้อยละ 65 ± 2

ผู้รับรอง

(นางสาวภูวดี ตู้จินดา)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ผู้รายงาน

(นายสมชาย ศิริเลิศพิทักษ์)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ที่ วท 0307/ 7136

ถึง นายพรชัย บุญญิกา

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่าง กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ ตัวอย่างที่ 3 หมายเลขปฏิบัติการ L59/03061.3 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้อง เลขรับ L59/03061 วันที่ 17 มิถุนายน 2559

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

4 กรกฎาคม 2559

โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม
โทร. 0 2201 7130
โทรสาร 0 2201 7127
E-mail : physics@dss.go.th

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ ตัวอย่างที่ 3	-	L59/03061.3

ผลการทดสอบ

น้ำหนักมาตรฐาน, กรัม/ตารางเมตร	84.8
ความหนา, มิลลิเมตร	0.419
ความต้านแรงดันทะลุ, กิโลพาสคัล	68.9
ความต้านแรงฉีกขาด, มิลลินิวตัน	1,020

ชื่อผู้ใช้บริการ	นายพรชัย บุญญิกา
ที่อยู่ผู้ใช้บริการ	23/1 หมู่ 8 ตำบลคานหาม อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13210
ลักษณะตัวอย่าง	แผ่นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ ขนาด 19 X 27 เซนติเมตร จำนวน 9 แผ่น
วันที่ทดสอบ	27-28 มิถุนายน 2559
วิธีทดสอบ	1. น้ำหนักมาตรฐาน ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 536: 2012 2. ความหนา ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 534: 2011 3. ความต้านแรงดันทะลุ ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2758: 2014 4. ความต้านแรงฉีกขาด ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1974: 2012
หมายเหตุ	สภาวะการทดสอบ : อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส 27 ± 1 ความชื้นสัมพัทธ์, ร้อยละ 65 ± 2

ผู้รับรอง

(นางสาวภูวดี ตู้จินดา)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ผู้รายงาน

(นายสมชาย ศิริเลิศพิทักษ์)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ที่ วท 0307/ 7137

ถึง นายพรชัย บุญญิกา

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่าง กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ ตัวอย่างที่ 4 หมายเลขปฏิบัติการ L59/03061.4 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้อง เลขรับ L59/03061 วันที่ 17 มิถุนายน 2559

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ
4 กรกฎาคม 2559

โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม
โทร. 0 2201 7130
โทรสาร 0 2201 7127
E-mail : physics@dss.go.th

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ ตัวอย่างที่ 4	-	L59/03061.4

ผลการทดสอบ

น้ำหนักมาตรฐาน, กรัม/ตารางเมตร	81.4
ความหนา, มิลลิเมตร	0.277
ความต้านแรงดันทะลุ, กิโลพาสคัล	129
ความต้านแรงฉีกขาด, มิลลินิวตัน	1,236

ชื่อผู้ใช้บริการ	นายพรชัย บุญญิกา
ที่อยู่ผู้ใช้บริการ	23/1 หมู่ 8 ตำบลคานหาม อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13210
ลักษณะตัวอย่าง	แผ่นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ ขนาด 19 X 27 เซนติเมตร จำนวน 9 แผ่น
วันที่ทดสอบ	27-28 มิถุนายน 2559
วิธีทดสอบ	1. น้ำหนักมาตรฐาน ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 536: 2012 2. ความหนา ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 534: 2011 3. ความต้านแรงดันทะลุ ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2758: 2014 4. ความต้านแรงฉีกขาด ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1974: 2012
หมายเหตุ	สภาวะการทดสอบ : อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส 27 ± 1 ความชื้นสัมพัทธ์, ร้อยละ 65 ± 2

ผู้รับรอง

(นางสาวภูวดี ตู้จินดา)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ผู้รายงาน

(นายสมชาย ศิริเลิศพิทักษ์)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ถนนพระรามที่ 6 ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 ประเทศไทย

ที่ วท 0307/ 7138

ถึง นายพรชัย บุญญิกา

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่าง กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ ตัวอย่างที่ 5 หมายเลขปฏิบัติการ L59/03061.5 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้อง เลขรับ L59/03061 วันที่ 17 มิถุนายน 2559

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

1 กรกฎาคม 2559

โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม
โทร. 0 2201 7130
โทรสาร 0 2201 7127
E-mail : physics@dss.go.th

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ ตัวอย่างที่ 5	-	L59/03061.5

ผลการทดสอบ

น้ำหนักมาตรฐาน, กรัม/ตารางเมตร	80.2
ความหนา, มิลลิเมตร	0.296
ความต้านแรงดันทะลุ, กิโลพาสคัล	101
ความต้านแรงฉีกขาด, มิลลินิวตัน	1,059

ชื่อผู้ใช้บริการ	นายพรชัย บุญญิกา
ที่อยู่ผู้ใช้บริการ	23/1 หมู่ 8 ตำบลคานหาม อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13210
ลักษณะตัวอย่าง	แผ่นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ ขนาด 19 X 27 เซนติเมตร จำนวน 9 แผ่น
วันที่ทดสอบ	27-28 มิถุนายน 2559
วิธีทดสอบ	1. น้ำหนักมาตรฐาน ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 536: 2012 2. ความหนา ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 534: 2011 3. ความต้านแรงดันทะลุ ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2758: 2014 4. ความต้านแรงฉีกขาด ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1974: 2012
หมายเหตุ	สภาวะการทดสอบ : อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส 27 ± 1 ความชื้นสัมพัทธ์, ร้อยละ 65 ± 2

ผู้รับรอง
(นางสาวภูวดี ตู้จินดา)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ผู้รายงาน
(นายสมชาย ศิริเลิศพิทักษ์)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ที่ วท 0307/ 7139

ถึง นายพรชัย บุญญิกา

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่าง กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ ตัวอย่างที่ 6 หมายเลขปฏิบัติการ L59/03061.6 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้อง เลขรับ L59/03061 วันที่ 17 มิถุนายน 2559

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ
4 กรกฎาคม 2559

โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม
โทร. 0 2201 7130
โทรสาร 0 2201 7127
E-mail : physics@dss.go.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ ตัวอย่างที่ 6	-	L59/03061.6

ผลการทดสอบ

น้ำหนักมาตรฐาน, กรัม/ตารางเมตร	77.7
ความหนา, มิลลิเมตร	0.307
ความต้านแรงดันทะลุ, กิโลพาสคัล	78.0
ความต้านแรงฉีกขาด, มิลลินิวตัน	903

ชื่อผู้ใช้บริการ	นายพรชัย บุญญิกา
ที่อยู่ผู้ใช้บริการ	23/1 หมู่ 8 ตำบลคานหาม อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13210
ลักษณะตัวอย่าง	แผ่นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ ขนาด 19 X 27 เซนติเมตร จำนวน 9 แผ่น
วันที่ทดสอบ	27-28 มิถุนายน 2559
วิธีทดสอบ	1. น้ำหนักมาตรฐาน ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 536: 2012 2. ความหนา ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 534: 2011 3. ความต้านแรงดันทะลุ ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2758: 2014 4. ความต้านแรงฉีกขาด ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1974: 2012
หมายเหตุ	สภาวะการทดสอบ : อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส 27 ± 1 ความชื้นสัมพัทธ์, ร้อยละ 65 ± 2

ผู้รับรอง

(นางสาวภูวดี ตู้จินดา)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ผู้รายงาน

(นายสมชาย ศิริเลิศพิทักษ์)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ที่ วท 0307/ 7601

ถึง นายพรชัย บุญญิกา

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่าง กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ตัวอย่างที่ 1 หมายเลขปฏิบัติการ L59/03387.1 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้องเลขรับ L59/03387 วันที่ 1 กรกฎาคม 2559

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ
13 กรกฎาคม 2559

โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม
โทร. 0 2201 7130
โทรสาร 0 2201 7127
E-mail : physics@dss.go.th

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ สะท้อนน้ำ ตัวอย่างที่ 1	-	L59/03387.1

ผลการทดสอบ

น้ำหนักมาตรฐาน, กรัม/ตารางเมตร	145
ความหนา, มิลลิเมตร	0.412
ความต้านแรงดันทะลุ, กิโลพาสคัล	76.7
ความต้านแรงฉีกขาด, มิลลินิวตัน	1,161

ชื่อผู้ใช้บริการ นายพรชัย บุญญิกา

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 23/1 หมู่ 8 ตำบลคานหาม อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13210

ลักษณะตัวอย่าง แผ่นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ขนาด 19 X 27 เซนติเมตร จำนวน 20 แผ่น

วันที่ทดสอบ 4 – 6 กรกฎาคม 2559

วิธีทดสอบ
1. น้ำหนักมาตรฐาน ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 536: 2012
2. ความหนา ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 534: 2011
3. ความต้านแรงดันทะลุ ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2758: 2014
4. ความต้านแรงฉีกขาด ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1974: 2012

หมายเหตุ สภาวะการทดสอบ : อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส 27 ± 1
ความชื้นสัมพัทธ์, ร้อยละ 65 ± 2

ผู้รับรอง ผู้รายงาน

(นางสาวภูวดี ตู้จินดา) (นายสมชาย ศิริเลิศพิทักษ์)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ถนนพระรามที่ 6 ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 ประเทศไทย

ที่ วท 0307/ 7602

ถึง นายพรชัย บุญญิกา

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่าง กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ตัวอย่างที่ 2 หมายเลขปฏิบัติการ L59/03387.2 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้องเลขรับ L59/03387 วันที่ 1 กรกฎาคม 2559

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

13 กรกฎาคม 2559

โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม
โทร. 0 2201 7130
โทรสาร 0 2201 7127
E-mail : physics@dss.go.th

แบบ วศ.1

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ สะท้อนน้ำ ตัวอย่างที่ 2	-	L59/03387.2

ผลการทดสอบ

น้ำหนักมาตรฐาน, กรัม/ตารางเมตร	155
ความหนา, มิลลิเมตร	0.486
ความต้านแรงดันทะลุ, กิโลพาสคัล	73.0
ความต้านแรงฉีกขาด, มิลลินิวตัน	1,012

ชื่อผู้ใช้บริการ นายพรชัย บุญญิกา

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 23/1 หมู่ 8 ตำบลคานหาม อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13210

ลักษณะตัวอย่าง แผ่นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ขนาด 19 X 27 เซนติเมตร จำนวน 20 แผ่น

วันที่ทดสอบ 4 – 6 กรกฎาคม 2559

วิธีทดสอบ
1. น้ำหนักมาตรฐาน ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 536: 2012
2. ความหนา ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 534: 2011
3. ความต้านแรงดันทะลุ ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2758: 2014
4. ความต้านแรงฉีกขาด ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1974: 2012

หมายเหตุ สภาวะการทดสอบ : อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส 27 ± 1
ความชื้นสัมพัทธ์, ร้อยละ 65 ± 2

ผู้รับรอง	ผู้รายงาน
(นางสาวภูวดี ตู้จินดา)	(นายสมชาย ศิริเลิศพิทักษ์)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ที่ วท 0307/ 7603

ถึง นายพรชัย บุญญิกา

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่าง กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ตัวอย่างที่ 3 หมายเลขปฏิบัติการ L59/03387.3 จำนวน 1 ตัวอย่าง ตามคำร้องเลขรับ L59/03387 วันที่ 1 กรกฎาคม 2559

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

13 กรกฎาคม 2559

โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม
โทร. 0 2201 7130
โทรสาร 0 2201 7127
E-mail : physics@dss.go.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
กระดาษจากเปลือกโสนหางไก่ สะท้อนน้ำ ตัวอย่างที่ 3	-	L59/03387.3

ผลการทดสอบ

น้ำหนักมาตรฐาน, กรัม/ตารางเมตร	134
ความหนา, มิลลิเมตร	0.603
ความต้านแรงดันทะลุ, กิโลพาสคัล	64.7
ความต้านแรงฉีกขาด, มิลลินิวตัน	1,008

ชื่อผู้ใช้บริการ นายพรชัย บุญญิกา

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 23/1 หมู่ 8 ตำบลคานหาม อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13210

ลักษณะตัวอย่าง แผ่นกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ ขนาด 19 X 27 เซนติเมตร จำนวน 20 แผ่น

วันที่ทดสอบ 4 – 6 กรกฎาคม 2559

วิธีทดสอบ
1. น้ำหนักมาตรฐาน ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 536: 2012
2. ความหนา ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 534: 2011
3. ความต้านแรงดันทะลุ ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2758: 2014
4. ความต้านแรงฉีกขาด ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1974: 2012

หมายเหตุ สภาวะการทดสอบ : อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส 27 ± 1
ความชื้นสัมพัทธ์, ร้อยละ 65 ± 2

ผู้รับรอง ผู้รายงาน

(นางสาวภูวดี ตู้จินดา) (นายสมชาย ศิริเลิศพิทักษ์)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

ภาคผนวก ค
แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภค

แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์

เรื่อง การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

ด้วยนายพรชัย บุญญิกา นักศึกษาปริญญาโท คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้ทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อ “เรื่อง การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์” ซึ่งมีความประสงค์ขอความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ เพื่อประกอบการตัดสินใจและการให้คะแนนของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ โดยแบบสอบถามฉบับนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 การให้คะแนนความพึงพอใจของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ที่มีต่อกระดาษ จากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

ทั้งนี้ ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้มาแปรผลในภาพรวม โดยคำตอบทุกคำตอบของท่านจะได้รับการเก็บรักษาเป็นความลับ และจะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อตัวท่านหรือหน่วยงานของท่าน เพราะข้อมูลจะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อเป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์เท่านั้น

นายพรชัย บุญญิกา
นักศึกษาปริญญาโท คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลลงในช่องว่าง และใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่องที่กำหนดไว้

ชื่อผู้ทดสอบ ..... วันที่ทดสอบ .....

ตำแหน่งงานปัจจุบัน .....

สังกัด/หน่วยงาน .....

ประสบการณ์การทำงาน ..... ปี

1.1 เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

1.2 ช่วงอายุ
☐ ต่ำกว่า 30 ปี ☐ 30 - 34 ปี
☐ 35 - 39 ปี ☐ 40 - 44 ปี
☐ 45 - 49 ปี ☐ 50 - 54 ปี
☐ 55 - 59 ปี ☐ 60 ปีขึ้นไป

1.3 ระดับการศึกษา
☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ ปริญญาตรี
☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก

1.4 อาชีพ
☐ 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 การให้คะแนนความพึงพอใจของผู้มีประสบการณ์ด้านงานประดิษฐ์ที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลลงในช่องว่าง และใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่องที่กำหนดไว้

เกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rating Scale แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ

5 คะแนนหมายถึง พึงพอใจมากที่สุด 4 คะแนนหมายถึง พึงพอใจมาก

3 คะแนนหมายถึง พึงพอใจปานกลาง 2 คะแนนหมายถึง พึงพอใจน้อย

1 คะแนนหมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

ลักษณะของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. ความสวยงาม					
2. ความสม่ำเสมอของสี					
3. ความเหนียว					
4. ความหนา					
5. ผิวสัมผัสของแผ่นกระดาษ					
6. ความสะท้อนน้ำ					
7. ง่ายต่อการติดกาว					
8. ง่ายต่อการตัด พับ					
9. ความเหมาะสมในการนำไปใช้งานประดิษฐ์					
10. ความพึงพอใจโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ อื่น ๆ (ถ้ามี) .....

.....

.....

.....

.....

ขอขอบพระคุณที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภค

เรื่อง การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

ด้วยนายพรชัย บุญญิกา นักศึกษาปริญญาโท คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้ทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อ “เรื่อง การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์” ซึ่งมีความประสงค์ขอความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ เพื่อประกอบการตัดสินใจและการให้คะแนนของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ โดยแบบสอบถามฉบับนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 การให้คะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

ทั้งนี้ ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้มาแปรผลในภาพรวม โดยคำตอบทุกคำตอบของท่านจะได้รับการเก็บรักษาเป็นความลับ และจะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อตัวท่านหรือหน่วยงานของท่าน เพราะข้อมูลจะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อเป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์เท่านั้น

นายพรชัย บุญญิกา
นักศึกษาปริญญาโท คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลลงในช่องว่าง และใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่องที่กำหนดไว้

ชื่อผู้ทดสอบ ..... วันที่ทดสอบ .....

1.1 เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

1.2 ช่วงอายุ
☐ ต่ำกว่า 20 ปี ☐ 20 - 24 ปี
☐ 25 - 29 ปี ☐ 30 - 34 ปี
☐ 35 - 39 ปี ☐ 40 - 44 ปี
☐ 45 - 49 ปี ☐ 50 - 54 ปี
☐ 55 - 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 การให้คะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลลงในช่องว่าง และใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่องที่กำหนดไว้

เกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rating Scale แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ

5 คะแนนหมายถึง พึงพอใจมากที่สุด 4 คะแนนหมายถึง พึงพอใจมาก

3 คะแนนหมายถึง พึงพอใจปานกลาง 2 คะแนนหมายถึง พึงพอใจน้อย

1 คะแนนหมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

ลักษณะของกระดาษจากเปลือกโสนหางไก่สะท้อนน้ำ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. ความสวยงาม					
2. ความสม่ำเสมอของสี					
3. ความเหนียว					
4. ความหนา					
5. ผิวสัมผัสของแผ่นกระดาษ					
6. ความสะท้อนน้ำ					
7. ง่ายต่อการติดกาว					
8. ง่ายต่อการตัด พับ					
9. ความเหมาะสมในการนำไปใช้งานประดิษฐ์					
10. ความพึงพอใจโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ อื่น ๆ (ถ้ามี) .....

.....

.....

.....

.....

ขอขอบพระคุณที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

ภาคผนวก ง
หนังสือตอบรับการนำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มสธ. ครั้งที่ 6

ที่ ศธ 0522.14(04)/ 1094

สำนักบัณฑิตศึกษา
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี 11120

4 ตุลาคม 2559

เรื่อง ตอบรับการนำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มสธ. ครั้งที่ 6

เรียน นายพรชัย บุญญิกา

ตามที่ท่านได้สมัครเข้าร่วมการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มสธ. ครั้งที่ 6 ในวันที่ 25 พฤศจิกายน 2559 ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช โดยส่งผลงาน **เรื่อง การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อจากเปลือกโสนหางไก่สำหรับการผลิตกระดาษ** นั้นคณะกรรมการจัดการประชุมฯ ได้พิจารณาบทความของท่านเรียบร้อยแล้ว ขอแจ้งผลการพิจารณา ดังนี้

*ผลงานของท่าน ได้รับการตอบรับให้นำเสนอผลงานวิจัยในรูปแบบ**โปสเตอร์** (Poster Presentation) หมายเลขโปสเตอร์ของท่านคือ P-ST 014 กรุณาอ้างอิงหมายเลขโปสเตอร์ทุกครั้งที่ติดต่อกับคณะกรรมการฯ* และส่งแบบตอบรับการนำเสนอผลงานเพื่อยืนยันการเข้าร่วมเสนอผลงานภายในวันที่ 14 ตุลาคม 2559 เพื่อคณะกรรมการจะได้ดำเนินการจัดตารางการนำเสนอ

ทั้งนี้ท่านสามารถตรวจสอบกำหนดการประชุมได้ที่ http://grad-research.stou.ac.th และหากท่านต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อที่นางสุพัตรา ทีนาคะ โทร 0 2504 7568-9

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลภา สบายยิ่ง)
ผู้อำนวยการสำนักบัณฑิตศึกษา

หมายเหตุ คำอธิบายสำหรับผู้นำเสนอแบบโปสเตอร์ (Poster Presentation)

1. ให้ผู้นำเสนอจัดเตรียมโปสเตอร์ขนาด กว้าง 90 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร โดยติดโปสเตอร์ในวันนำเสนอผลงานตามหมายเลขบอร์ดที่กำหนด
2. ในวันนำเสนอขอให้ผู้นำเสนอลงนามที่โต๊ะลงทะเบียนฝ่ายวิชาการเพื่อยืนยันการนำเสนอ สามารถตรวจสอบวันและเวลาที่นำเสนอผลงานได้ทาง http://grad-research.stou.ac.th
3. การนำเสนอผลงานต้องยืนประจำที่โปสเตอร์ในเวลาที่กำหนด 1 ชั่วโมง

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายพรชัย บุญญิกา
วัน เดือน ปีเกิด	8 ตุลาคม 2533
ที่อยู่	เลขที่ 23/1 หมู่ 8 ตำบลคานหาม อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13210
การศึกษา	ปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ประสบการณ์การทำงาน	-
เบอร์โทรศัพท์	083-699-9565
อีเมล์	pornchai_b@mail.rmutt.ac.th