รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

The Development of Rice Paper Straw Products

อาจารย์ธนพรรณ บุณรัตกลิน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทรงสิริ วิชิรานนท์
อาจารย์อุดม พลเยี่ยม

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตโชติเวช

2545

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

ผู้วิจัย : ธนพรรณ บุณยรัตกลิน ทรงสิริ วิชิรานนท์ อุดม พลเยี่ยม

พ.ศ. : 2545

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา (1) ศึกษาและพัฒนากระดาษที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการทำผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว (2) ผลิตผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว โดยมีวิธีดำเนินการวิจัย 2 ส่วน ส่วนที่ 1 การทำกระดาษจากฟางข้าว เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยทำการต้มฟางข้าวที่คัดเลือกแล้ว ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอดไซด์ เข้มข้น 2% และ 4% และฟอกเยื่อกระดาษที่ได้ด้วย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้นข้น 2% จะได้กระดาษ 4 ชนิด คือ กระดาษ 2% ไม่ฟอก กระดาษ 4% ไม่ฟอก กระดาษ 2% ฟอก และกระดาษ 4% ฟอก แล้วทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติความแข็งแรงของกระดาษ ส่วนที่ 2 การทำผลิตผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ ประชากรคือ ผู้ทำผลิตภัณฑ์ จำนวน 16 คน และผู้ประเมินผลิตภัณฑ์ จำนวน 16 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบสอบถาม 2 ชุด ชุดที่ 1 ถามการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ชุดที่ 2 ถามความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS for Windows สถิติที่ใช้ คือ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (F-test) แบบทางเดียวและสองทาง

ผลการวิจัยพบว่า

1. คุณสมบัติของกระดาษจากฟางข้าว เป็นดังนี้ น้ำหนักมาตรฐานอยู่ระหว่าง 29.85 – 62.27 กรัม/ตารางเมตร ความหนา อยู่ระหว่าง 137.8 – 259.3 ไมครอน ความชื้น อยู่ระหว่าง 10.43 – 10.78 เปอร์เซ็นต์ ความขาวสว่าง อยู่ระหว่าง 42.03 – 76.52 เปอร์เซ็นต์ ความทึบแสง อยู่ระหว่าง 69.25 – 93.34 เปอร์เซ็นต์ ความต้านแรงดันทะลุ อยู่ระหว่าง 34.34 – 64.75 กิโลปาสคาล ความต้านแรงดึง อยู่ระหว่าง 48.67 – 95.33 กิโลกรัม/เมตร และความต้านแรงฉีกขาด อยู่ระหว่าง 237.22 – 473.55 มิลลินิวตัน

2. คุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการพับงอของกระดาษ การฉีกขาดของกระดาษ การดูดซึมของกระดาษ และการยึดติดของกระดาษ ได้รับการยอมรับในระดับปานกลาง ส่วนด้านความหนาของกระดาษได้รับการยอมรับในระดับมาก

3. การยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าวขึ้นกับการฟอกกระดาษ แต่ไม่ขึ้นกับระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และไม่ขึ้นกับปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการฟอกกระดาษกับระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์

4. ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าวทุกประเภท ที่ทำจากกระดาษจากฟางข้าวทุกชนิด ได้รับความพึงพอใจในระดับมาก

5. ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าวแต่ละประเภท ที่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดกัน ได้รับความพึงพอใจไม่แตกต่างกัน ยกเว้นผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทโคมไฟ ได้รับความพึงพอใจแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Title : The Development of Rice Paper Straw Products

Researchers : Thanapan Boonyaruthutkalin, *(M.Ed)*

Songsiri Wichiranon, *(M.Ed)*

Udom polyium, *(M.Sc)*

YEAR : 2002

Abstract

The objective of this paper was to study and development of rice straw paper, and development of rice straw paper products-making. Part I. Rice straw paper-making. The bleached and unbleached with 2% $H_2O_{2(aq)}$form rice straw fiber was boiled with 2% and 4% $NaOH_{(aq)}$. The 4 treatment was take out container and spread in to thin piece of paper. The 4 treatment were conducted to test physical properties and strength properties on rice straw paper. Part II Rice straw paper products-making. The populations in this research were 16 students and 16 teachers on RIT. Chotiwet Campus to making and evaluate the rice straw paper products. The instrument used in this research were questionnaires, about the admission on specifics properties of rice straw paper products and satisfaction to rice straw paper products. The data were analyzed by SPSS program. The statistic used that mean, standard deviation, one way ANOVA and two way ANOVA. Differences between various groups were tested by Scheff 's method.

The results were :

1. The properties of rice straw paper show that, basis weight 29.85-62.27 g/m^2 , thickness 137.8-259.3 micron, moisture content 10.43-10.78 %, brightness 42.03-76.52 %, opacity 69.25-93.34 %, burst strength 34.34-64.75 %, tensile strength 48.67-95.33% and tear strength 237.22-473.55%.

2. The admission on specifics properties of rice straw paper products such as folding endurance, tear resistance, water absorption and elongation was satisfactory, but thickness was more satisfactory.

3. The admission on specifics properties of rice straw paper products dependent on the bleached , but independent on concentrate level of $NaOH_{(aq)}$, interaction between the bleached and concentrate level of $NaOH_{(aq)}$

4. The rice straw paper products had more satisfaction

5. The satisfaction of rice straw paper products overall to making of difference's rice straw paper was non-significant difference at .05 , except lamp products had the satisfaction was significant difference at .05.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	VII
สารบัญแผนภาพ	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในของการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น	6
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	6
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 วัตถุดิบที่ใช้การทำวิจัย	8
2.2 ต้นข้าวและฟางข้าว	10
2.3 การผลิตกระดาษในอุตสาหกรรม	14
2.4 การผลิตกระดาษด้วยมือ	17
2.5 คุณสมบัติของกระดาษและการทดสอบ	22
2.6 การพัฒนาผลิตภัณฑ์	28
2.7 ผลิตภัณฑ์กระดาษ	31
2.8 งานวิจัยเกี่ยวกับเยื่อและกระดาษ	32
บทที่ 3 การทำกระดาษจากฟางข้าว	39
3.1 ประชากร	39
3.2 เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์	39
3.3 วิธีการ	40

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 การทดสอบคุณสมบัติกระดาษ	44
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	45
3.6 ผลการทดสอบคุณสมบัติกระดาษ	45
3.7 สรุปผลการทำกระดาษจากฟางข้าว	53
บทที่ 4 การทำผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว	**55**
4.1 ประชากร	55
4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	55
4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	56
4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	56
4.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	58
4.6 สรุปผลการทำผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว	81
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	**83**
5.1 สรุปการวิจัย	83
5.2 อภิปรายผล	85
5.3 ข้อเสนอแนะ	86
กิตติกรรมประกาศ	**87**
บรรณานุกรม	**88**
ภาคผนวก	**90**
ภาคผนวก ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์กระดาษ	
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	
ภาคผนวก ค ภาพตัวอย่างกระดาษจากฟางข้าวและผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าวประเภทต่างๆ	

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	กระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษนำเข้าปี 2531	31
3.1	แสดงน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษจากฟางข้าว	45
3.2	แสดงความหนาของกระดาษจากฟางข้าว	46
3.3	แสดงความชื้นของกระดาษจากฟางข้าว	47
3.4	แสดงความขาวสว่างของกระดาษจากฟางข้าว	48
3.5	แสดงความทึบแสงของกระดาษจากฟางข้าว	49
3.6	แสดงความต้านแรงดันทะลุของกระดาษจากฟางข้าว	50
3.7	แสดงความต้านแรงดึงของกระดาษจากฟางข้าว	51
3.8	แสดงความต้านแรงฉีกขาดของกระดาษจากฟางข้าว	52
4.1	แสดงเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย	57
4.2	แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านความหนาของกระดาษ	58
4.3	แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการพับงอของกระดาษ	59
4.4	แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการฉีกขาดของกระดาษ	60
4.5	แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการดูดซึมของกระดาษ	61
4.6	แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการยึดติดของกระดาษ	62

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.7	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านความหนาของกระดาษ	63
4.8	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการพับงอของกระดาษ	64
4.9	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการฉีกขาดของกระดาษ	65
4.10	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการดูดซึมของกระดาษ	66
4.11	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการยึดติดของกระดาษ	67
4.12	แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ตามประเภทผลิตภัณฑ์	68
4.13	แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ด้านรูปแบบ	69
4.14	แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ด้านขนาด	70
4.15	แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ด้านประโยชน์	71
4.16	แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทดอกไม้ประดิษฐ์	72
4.17	แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทโคมไฟ	73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.18	แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทของที่ระลึก/ของชำร่วย	74
4.19	แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทเปเปอร์มาเช่	75
4.20	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทดอกไม้ประดิษฐ์ ที่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดกัน	76
4.21	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทโคมไฟที่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดกัน	77
4.22	แสดงการทดสอบพหุคูณของค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทโคมไฟที่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดกัน ด้วยวิธีของ Scheffe's test	78
4.23	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทของที่ระลึก/ของชำร่วย ที่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดกัน	79
4.24	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทเปเปอร์มาเช่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดกัน	80

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพ	หน้า
1 การนำข้าวไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ	12
2 ทิศทางของข้าว	13
3 กระบวนการผลิตกระดาษด้วยมือ	20
4 แสดงขั้นตอวิธีการผลิตกระดาษจากฟางข้าว	43

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันนี้กระดาษนับว่าเป็นสิ่งจำเป็นของมนุษย์ ซึ่งแต่ละคนมีความต้องการกระดาษด้วยจุดประสงค์ที่แตกต่างกัน ระดับความต้องการกระดาษจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคม ประเทศที่มีระดับเศรษฐกิจและสังคมพัฒนายิ่งมากเท่าไร อัตราการใช้กระดาษต่อบุคคลจะเพิ่มขึ้น คนในประเทศอุตสาหกรรมจะใช้กระดาษมากกว่าคนในประเทศด้อยพัฒนา แต่ถ้ากล่าวโดยส่วนรวมคนทั้งโลกมีความต้องการกระดาษเพิ่มขึ้นโดยลำดับ เนื่องจากประชากรโลกเพิ่มขึ้นและระดับการพัฒนาของประเทศต่าง ๆ ในโลกเพิ่มขึ้นกระดาษมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศทั้งทางด้าน วัฒนธรรม การศึกษา อุตสาหกรรม การติดต่อข่าวสาร การเผยแพร่ข่าวสารต่าง ๆ และด้านเศรษฐกิจ จากคุณสมบัติที่มีความเหมาะสมกับสภาพการใช้งาน มีน้ำหนักเบา พับ ย่อส่วนลงได้ ทำลายทิ้งได้ง่ายเมื่อไม่ต้องการใช้ ตลอดถึงการเพิ่มของจำนวนของประชากร ทำให้มีความต้องการใช้กระดาษและเยื่อกระดาษเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี สำหรับประเทศไทยมีความต้องการกระดาษทุกประเภทเฉลี่ยร้อยละ 13 ต่อปี คนไทยมีอัตราการใช้กระดาษ ชนิดต่าง ๆ ต่ำมาก คือ 13 กิโลกรัม/คน/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศที่พัฒนาแล้วอย่าง เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น ซึ่งมีอัตราการบริโภคกระดาษเฉลี่ยประมาณ 400 และ 350 กิโลกรัม/คน/ปี ตามลำดับ (อิทธิศานต์ วชิรานุภาพ ,2542 : 1)

กระดาษที่เราใช้กันทำมาจากเส้นใยเล็ก ๆ ที่มีอยู่ ในเนื้อไม้หรือพืชต่าง ๆ โดยนำมาแยกเป็นเส้นใยเล็ก ๆ ซึ่งเรียกว่าเยื่อหรือเยื่อกระดาษ ด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ เยื่อที่ได้จากไม้หรือพืชมี 2 ชนิดได้แก่ เยื่อใยสั้น กับเยื่อใยยาว ปัญหาที่พบในปัจจุบันนี้คือประเทศเราขาดแคลนเยื่อที่นำมาใช้ในการทำกระดาษ การเลือกว่าจะใช้เยื่อชนิดใดในการทำกระดาษนั้น ขึ้นอยู่กับราคาและคุณสมบัติของกระดาษที่ต้องการชนิดของกระดาษที่แตกต่างกัน จะมาจากวัตถุดิบที่แตกต่างกันและกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันด้วย เช่นเยื่อกระดาษหนังสือพิมพ์ได้จากไม้มาบดให้ละเอียดจึงทำให้มีปริมาณมาก

ราคาจึงถูก เยื่อชนิดนี้คุณสมบัติไม่ดี กระดาษที่ใช้เขียนหรือพิมพ์หนังสือ ทำมาจากเยื่อเคมีที่ฟอกขาว มีการเติมสารเคมี เพื่อช่วยให้ผิวหน้าเรียบ ทึบแสง กระดาษมีคุณภาพดีขึ้น กระดาษพันธบัตรใช้เยื่อฟอกขาวอย่างดี ต้องการคุณสมบัติในด้านความเหนียวและความทนทานเป็นสำคัญ อาจใช้เยื่อจากหญ้าผสมเยื่อจากเศษผ้าเพราะจะให้ความเหนียวเพิ่มขึ้น กระดาษอาร์ตทำโดยใช้เยื่อกระดาษฟอกขาวมาทำเป็นกระดาษโดยเพิ่มปริมาณดินขาวให้มากขึ้น กระดาษห่อของ กระดาษทำถุงปูนซีเมนต์หรือถุงสำหรับบรรจุของหนัก โดยมากทำจากเยื่อไม้ที่ได้จากการต้มด้วยกระบวนการซัลเฟตหรือคราฟท์ เยื่อที่ใช้โดยมากไม่ผ่านการฟอก โดยทั่วไปเรียกกระดาษชนิดนี้ว่า กระดาษเหนียวหรือกระดาษคราฟท์ คราฟท์มาจากภาษาเยอรมันแปลว่าเหนียว ชื่อที่เรียกมาจากคุณสมบัติของกระดาษนั่นเอง กระดาษประเภทนี้เน้นความเหนียวเป็นสำคัญ คือ ทนต่อแรงดึง แรงต้านการฉีกขาด และแรงดันทะลุได้ดี กระดาษมวนบุหรี่ ต้องมีคุณสมบัติพิเศษกว่ากระดาษชนิดอื่นคือต้องเบาบางแต่ทึบแสง ไม่มีกลิ่น รส มีความพรุนพอดี ให้มีการเผาไหม้ช้าและมีความเหนียวพอสมควร ไม่ใส่ยากันซึม ก่อนทำเป็นแผ่นต้องทำให้เยื่อไม้อยู่ในเครื่องตีเยื่อนานพอสมควรเพื่อเพิ่มคุณสมบัติความเหนียวเรียบสม่ำเสมอของกระดาษ กระดาษซับ กระดาษเช็คมือ กระดาษใช้ในห้องน้ำต้องมีคุณสมบัติดูดน้ำได้ดี อ่อนนุ่มไม่แข็งกระด้าง ทำมาจากเยื่อเคมีฟอกขาวผสมเยื่อไม้บด ผสมสารเคมีเล็กน้อย บางครั้งไม่ผสมเลย ใช้เยื่อทำแผ่นแต่น้อย เพื่อให้ได้กระดาษบาง ๆ ผสมสีต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความสวยงาม น่าใช้ยิ่งขึ้นเมื่อทำแผ่นแล้ว จะผ่านเครื่องทำให้ย่น กระดาษเหล่านี้จึงอ่อนนุ่ม กระดาษเช็คหน้านั้นต้องการความสะอาด ทำจากเยื่อเคมีฟอกขาวล้วน ใช้สวนผสมของเยื่อใยสั้นประมาณ 30% เยื่อใยยาวประมาณ 70% กระดาษลูกฟูกสำหรับทำกล่องบรรจุสินค้า ประกอบด้วยกระดาษ 2-3 ชั้น ชั้นนอกเป็นกระดาษคราฟท์หนา ชั้นกลางเป็นกระดาษลอนลูกฟูก เพื่อต้องการความแข็งอยู่ตัวและความหนาสม่ำเสมอ ด้านในทำด้วยกระดาษคราฟท์อีกชั้น จะเห็นได้ว่าเยื่อกระดาษถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้มาก อาทิเช่น นำไปทำกระดาษหนังสือพิมพ์ พิมพ์เป็นหนังสือต่าง ๆเพื่อให้ความรู้และข่าวสารแก่ประชาชน ทำเป็นกล่องเพื่อใส่อาหารพวกนม น้ำผลไม้ต่าง ๆ ทำเป็นภาชนะบรรจุภัณฑ์ในวงการอุตสาหกรรม ธนบัตร จนกระทั่งกระดาษชำระ จากประโยชน์มากมายของเยื่อกระดาษและกระดาษ ควรให้ความสำคัญและต้องมีการศึกษาในเรื่องนี้อย่างต่อเนื่อง

ฟางข้าว (Rice Straw) เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรของผลผลิตข้าวเปลือก ซึ่งข้าวถือว่าเป็นธัญพืชประจำชาติ เป็นอาหารของคนไทยมาตั้งแต่บรรณกาล เป็นสินค้าเพื่อการส่งออก และทำรายได้ให้กับประเทศมาโดยตลอด ประโยชน์ที่ได้จากข้าวเปลือกจะแยกได้ 3 ส่วนคือ เนื้อข้าว รำและแกลบ เศษเหลือ คือฟางข้าว ซึ่งได้มีการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรผลิตภัณฑ์ ฟางข้าวเพื่อให้ก่อประโยชน์อย่างสูงสุด ทิศทางการใช้ประโยชน์จากฟางข้าวมีดังนี้

1. แหล่งของเยื่อกระดาษ
2. ฟางข้าวที่ป่นละเอียดแล้วใช้ในกิจการต่าง ๆ เช่น เป็นส่วนผสมในซีเมนต์ เป็น Filler ในดินสำเร็จรูป เป็น Filler ในการเพาะเห็ด
3. ใช้ประโยชน์ด้านหัตถกรรมและจักสาน
4. ใช้ประโยชน์แทนแผ่นโฟมในการประดับดอกไม้ทำพวงมาลาและพวงหรีด

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ จะศึกษาเฉพาะ ประโยชน์จากฟางข้าว ในกรณี ที่เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษ คุณสมบัติของฟางข้าวคือ เป็นพืชใยสั้นและบาง เมื่อนำมาผลิตเป็นกระดาษจะมีแรงต้านทางการฉีกขาดและความทึบแสงต่ำ หลายประเทศในยุโรปใช้ทำ Coarse pulp สำหรับทำกล่องกระดาษ กระดาษแข็งและทำกระดาษห่อของ ในประเทศไทยได้นำเยื่อที่ฟอกแล้วมาทำกระดาษพิมพ์เขียน เช่น ที่โรงงานบางปะอิน ใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบผลิตเยื่อกระดาษถึง 100% (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย , 2539 : 6) แต่ในแง่ของการนำกระดาษฟางข้าวมาก่อให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบอื่นยังไม่มีผู้ใดทำวิจัยไว้

คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญของการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ซึ่งถือว่าเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าของฟางข้าว ทั้งเป็นการแก้ปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบและลดภาวะการทำลายป่า ดังนั้นผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งนอกจากเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษแล้ว ยังเป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ อีกทั้งเป็นการยกระดับศักยภาพการพัฒนาการผลิตอุตสาหกรรมใหม่อันเป็นนโยบายที่สำคัญของนโยบายและแนวทางการวิจัยของชาติ ฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2540-2544) และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540-2544)

1.2 วัตถุประสงค์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อ

1. ศึกษาและพัฒนากระดาษที่มีคุณสมบัติเหมาะกับการทำผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว
2. ผลิตผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

1.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ความต้องการใช้กระดาษภายในประเทศไทยนิยมและเพิ่มมากขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากกระดาษไม่ได้ต้องการความเหนียว และความคงทนมากนัก ดังนั้นการผลิตฟางข้าวมาทำกระดาษและพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว และการเลือกใช้สารเคมี ตลอดทั้งเลือกกรรมวิธีการผลิตให้เหมาะสม และไม่ก่อให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม ผลการวิจัยเรื่องนี้จึงเป็นประโยชน์สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อและกระดาษในระดับหนึ่ง คือ

1. ได้กระดาษฟางข้าว 4 ชนิด
2. เป็นแนวทางในการผลิตเยื่อกระดาษที่ใช้งานได้หลายประเภท
3. ได้ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว 4 ประเภท ที่ทำจากกระดาษ 4 ชนิด

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ส่วนที่ 1 การผลิตกระดาษจากฟางข้าว

1. ประชากร

ประชากร คือ ฟางข้าวเจ้า

2. ตัวแปร

(1) ตัวแปรอิสระ มีดังนี้

- ความเข้มข้นของน้ำยาต้มเยื่อ ประกอบด้วย เข้มข้น 2% กับ เข้มข้น 4%
- การฟอกเยื่อกระดาษประกอบด้วย ฟอกเยื่อกระดาษ กับไม่ฟอกเยื่อกระดาษ

ดังนั้น ตัวแปรอิสระจะอยู่ในรูป ของกระดาษ 4 ชนิด ดังนี้

- กระดาษ 2% ไม่ฟอก
- กระดาษ 4% ไม่ฟอก
- กระดาษ 2% ฟอก
- กระดาษ 4% ฟอก

(2) ตัวแปรตาม ได้แก่ คุณสมบัติของกระดาษจากฟางข้าว ที่ประกอบด้วย น้ำหนักมาตรฐาน ความหนา ความชื้น ความขาวสว่าง ความทึบแสง ความต้านแรงดันทะลุ ความต้านแรงดึง และความต้านแรงฉีกขาด

1.4.2 ส่วนที่ 2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

1. ประชากร

(1) กลุ่มผู้พัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ได้แก่ นักศึกษาปริญญาตรีปี 4 สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ทั่วไป-คหกรรมศาสตร์ศึกษา จำนวน 16 คน

(2) กลุ่มผู้ประเมินผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ได้แก่ อาจารย์สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตโชติเวช สาขาวิชาเทคโนโลยีออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ และสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ จำนวน 16 คน

2. ตัวแปร

(1) ตัวแปรอิสระ (Independent variables) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว 4 ประเภท ที่ทำจากกระดาษจากฟางข้าว 4 ชนิด

(2) ตัวแปรตาม (dependent variable) ได้แก่ การยอมรับ /ความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น

1. การทำวิจัยครั้งนี้ ใช้ฟางข้าว ที่มีกรรมวิธีผลิตมาจากการตักข้อนด้วยมือ ไม่มีการย้อมสี
2. ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว มี 4 ประเภท คือ
    1. ดอกไม้ประดิษฐ์
    2. โคมไฟ
    3. ของที่ระลึก / ของชำร่วย
    4. เปเปอร์มาเช่

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **กระดาษจากฟางข้าว** หมายถึง กระดาษที่ได้จากการนำฟางข้าวเจ้ามาต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และฟอกเยื่อกระดาษหรือไม่ฟอกเยื่อกระดาษด้วย สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มี 4 ชนิด ดังนี้

    ชนิดที่ 1 กระดาษ 2% ไม่ฟอก

    ชนิดที่ 2 กระดาษ 2% ฟอก

    ชนิดที่ 3 กระดาษ 4% ไม่ฟอก

    ชนิดที่ 4 กระดาษ 4% ฟอก

2. **กระดาษ** 2% **ไม่ฟอก** หมายถึง กระดาษฟางข้าวที่ได้จากการต้มเยื่อกระดาษด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 2% และไม่ฟอกเยื่อ

3. **กระดาษ 4% ไม่ฟอก** หมายถึง กระดาษฟางข้าวที่ได้จากการต้มเยื่อกระดาษด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 4% และไม่ฟอกเยื่อ

4. **กระดาษ 2% ฟอก** หมายถึง กระดาษฟางข้าวที่ได้จากการต้มเยื่อกระดาษด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 2% และทำการฟอกเยื่อด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้น 2%

5. **กระดาษ 4% ฟอก** หมายถึง กระดาษฟางข้าวที่ได้จากการต้มเยื่อกระดาษด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 4% และทำการฟอกเยื่อด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้น 2%

6. **น้ำยาต้มเยื่อ** หมายถึง สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ซึ่งทำการเตรียมให้มีความเข้มข้น 2% และ 4% โดยปริมาตร

7. **น้ำยาฟอกเยื่อ** หมายถึง สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งทำการเตรียมให้มีความเข้มข้น 2% โดยปริมาตร

8. **ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว** หมายถึง สิ่งที่ประดิษฐ์หรือสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ใช้สอยหรือใช้ในการตกแต่ง โดยใช้กระดาษจากฟางข้าวเป็นวัสดุหลัก แบ่งออกเป็น 4 ประเภทดังนี้

(1) ดอกไม้ประดิษฐ์

(2) โคมไฟ

(3) ของที่ระลึก / ของชำร่วย

(4) เปเปอร์มาเช่

9. **การยอมรับ/ความพึงพอใจ** หมายถึง ท่าทีความรู้สึก ความต้องการ และความคิดเห็นที่มีต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว เมื่อได้ดู สัมผัส แล้วมีความพึงพอใจในรูปแบบ ขนาดและประโยชน์ ลวดลายที่นำมาตกแต่งหรือความสวยงามเหมาะสมของผลิตภัณฑ์นั้น

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการเพิ่มมูลค่าของฟางข้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร
2. ก่อให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษฟางข้าวในรูปแบบผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ
3. เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้งานวิจัยบรรลุผลตามจุดมุ่งหมาย คณะผู้วิจัย ได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอดังหัวข้อต่อไปนี้

1. วัตถุดิบในการทำกระดาษ
2. ต้นข้าวและฟางข้าว
3. การผลิตกระดาษในอุตสาหกรรม
4. การผลิตกระดาษด้วยมือ
5. คุณสมบัติกระดาษและการทดสอบ
6. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษ
7. ผลิตภัณฑ์กระดาษ
8. งานวิจัยเกี่ยวกับเยื่อและกระดาษ

2.1 วัตถุดิบในการทำกระดาษ

2.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ทำกระดาษ

กระดาษเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากวัสดุเส้นใย (Fiber) ของพืช เส้นใยของพืชเป็นเซลล์ประเภทสร้างความแข็งแรงให้กับลำต้นส่วนใหญ่ทำหน้าที่ส่งน้ำและอาหารของต้นพืช มีลักษณะเป็นเซลล์ประเภทสร้างความแข็งแรงให้กับลำต้นส่วนใหญ่ทำหน้าที่ส่งน้ำและอาหารของต้นพืช มีลักษณะเป็นเซลล์ขนาดเล็ก ๆ เป็นแท่งยาว (ลิขิต หาญจางสิทธิ์ และนัยนา นิยมวัน. 2532 : 1) มีส่วนประกอบทางเคมีหลักอยู่ 4 ชนิด ได้แก่ เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ลิกนิน (Lignin) และสารสกัดอื่น ๆ (Extractires) โดยทั่วไปจะพบว่าต้นพืชจะมีเซลลูโลสมากที่สุด ส่วนอื่น ๆ นั้นรองลงมา (ณรงค์ วุทธเสถียร. 2526 : 521)

วัตถุดิบที่ใช้เป็นพืชคือ ไม้ยืนต้นหรือพืชล้มลุก เช่น สน ต้นยูคาลิปตัส ฟางข้าว ปอ กาก อ้อย หญ้าขจรจบ เป็นต้น หากแบ่งประเภทของต้นไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ไม้เนื้ออ่อน ส่วนใหญ่เป็นไม้ในเขตหนาว ได้แก่ สนสองใบ สนสามใบ จัดเป็นพวก Coniferous Wood ไม้เนื้ออ่อนประกอบด้วยเส้นใยในเนื้อไม้มีความยาวเฉลี่ย 3.0 – 4.0 มิลลิเมตร

2. ไม้เนื้อแข็ง ได้แก่ ต้นยางพารา สัก ประดู่ ตะเคียน เป็นต้น จัดเป็นพวก Deciduous Wood มีเส้นใยที่มีความยาวเฉลี่ยเพียง 1 – 1.5 มิลลิเมตร

2.1.2 องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของไม้ทุกประเภทประกอบด้วยสารเคมีหลัก 4 ชนิด คือ

1. เซลลูโลส ประกอบด้วยโมเลกุล ของ Cellobiose Unit ต่อเรียงกันยาวเป็น สารโพลีเมอร์

2. เฮมิเซลลูโลส ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลประเภท Hexosell Pentose แบบอื่น ๆ ไม่ใช่ Glucose เช่น Galactose Manose , Arabinose ต่อกันเป็นสายยาว

3. ลิกนิน เป็นพวกสาร High Polymer มีโครงสร้างที่ซับซ้อนมากในเนื้อไม้ บางประเภทมีลิกนินแทรกอยู่ระหว่าง Polymer ทำหน้าที่เป็นสารยึดเส้นใยให้ติดกัน

4. สารสกัดได้พบมากในเนื้อไม้บางประเภทประกอบด้วยสารจำพวก Resin Acid Fatty Acid เป็นต้น การวิเคราะห์เคมีของไม้เนื้ออ่อน และเนื้อแข็งมีดังนี้

	Cellulose	Hemicellulose	Lignin	Extractives
Soft Wood	42	23	29	4 (%)
Hard Wood	45	34	21	- (%)

ลักษณะเส้นใยของพืชจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่

1. เยื่อชนิดเส้นใยสั้นคือ เยื่อที่มีความยาวของเส้นใยอยู่ในช่วงระหว่าง 1.0 – 3.0 มิลลิเมตร ผลิตขึ้นได้จากพืชหลายชนิด เช่น กก อ้อ กากอ้อย ปอแก้ว ฟางข้าว ใบสับปะรด ไม้ยูคาลิปตัส เป็นต้น เยื่อชนิดนี้จะใช้ทำกระดาษที่ไม่ต้องการความเหนียวมากนัก

2. เยื่อชนิดเส้นใยยาวคือ เยื่อที่มีเส้นใยยาวเกิน 3.0 มิลลิเมตร ในประเทศไทยยังไม่มีการผลิตเยื่อชนิดเส้นใยยาวขึ้นในประเทศแต่ใช้วิธีนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น สวีเดน ฟินแลนด์ แคนาดา และนิวซีแลนด์ เป็นต้น ในประเทศไทย มีเยื่อสาเป็นเยื่อชนิดเส้นใยยาว มีความยาวของเส้นเยื่อประมาณ 8 มิลลิเมตร (วันทนี สาตราคม ,นิโลบล เดชาติวงศ์ และรุ่งอรุณ ศิริพันธุ์. 2526 :18) แต่ในเชิงอุตสาหกรรมไม่สามารถนำมาใช้ผลิตเป็นเยื่อชนิดเส้นใยยาวได้ เนื่องมาจากปริมาณของเปลือกสามีไม่มากพอภายในประเทศ เยื่อชนิดเส้นใยยาวจัดเป็นเส้นใยที่มีคุณภาพ เพราะมีคุณสมบัติที่ดีของกระดาษ เช่น การต้านทานแรงดึง การต้านทานแรงฉีกขาด เป็นต้น

2.2 ต้นข้าวและฟางข้าว

ต้นข้าว จัดแบ่งออกได้ตามชนิดของแป้งในเมล็ดข้าว ได้แก่ ข้าวเจ้า กับข้าวเหนียว มีลักษณะเหมือนกันทุกประการต่างกันที่ เมล็ดข้าวเจ้าประกอบด้วยแป้ง Amylose ร้อยละ 15 – 30 ส่วน เมล็ดข้าวเหนียวประกอบด้วยแป้ง Anylopectin เป็นส่วนใหญ่ และมีแป้ง Amylose เป็นส่วนน้อยเพียงร้อยละ 5 – 7 เท่านั้น

2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ชื่อพื้นเมือง ข้าวนึ่ง ข้าวเหนียว ข้าวเจ้า ข้าวสวย

ชื่อวิทยาศาสตร์ Oryza Glaberrima

ชื่อวงศ์ Oryza

2.2.2 ลักษณะของเส้นใย

เส้นใยชนิดสั้น ความยาวเฉลี่ยประมาณ 0.54 – 0.92 มิลลิเมตร

2.2.3 **ลักษณะทั่วไป**

ต้นข้าว เป็นพืชชนิดหนึ่งอยู่ในตระกูลหญ้า เพราะต้นข้าวมีลักษณะคล้ายกับต้นหญ้า เช่น ใบ กาบ ลำต้น และราก ประเทศไทยชาวนาในภาคเหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือนิยมปลูกข้าวเหนียว ส่วนภาคกลางและภาคใต้ชาวนานิยมปลูกข้าวเจ้า

ราก อยู่ใต้ผิวดิน ยึดลำต้นกับดินเพื่อไม่ให้ข้าวล้ม ต้นข้าวไม่มีรากแก้วมีแต่รากฝอย

ลำต้น มีลักษณะเป็นโพรงตรงกลางแบ่งออกเป็นปล้อง ๆ มีข้อกั้นระหว่างปล้อง ต้นข้าวเป็นพืชเส้นใยชนิดสั้น ลำต้นใช้ทำกระดาษได้ (สุพจน์ ใช้เทียมวงศ์. 2528 : 195)

ใบ ต้นข้าวมีใบไว้สังเคราะห์แสงเพื่อเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุ น้ำ อาหาร สำหรับการเจริญเติบโต และสร้างเมล็ดข้าว ใบประกอบด้วยกาบใบ และแผ่นใบ กาบใบ คือส่วนที่ติดอยู่กับข้อของลำต้น และห่อหุ้มต้นข้าวไว้ แต่ละข้อมีเพียงหนึ่งกาบใบ แผ่นใบคือ ส่วนที่อยู่เหนือข้อต่อของใบ มีลักษณะเป็นแผ่นแบนบาง ๆ พันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์จะมีใบต่างกันไป

รวง เป็นช่อดอกของข้าว (Infloresence) เกิดขึ้นที่ข้อของปล้องอันสุดท้ายของต้นข้าว

ดอกข้าว เป็นส่วนที่มีเกษรตัวผู้ และเกษรตัวเมียสำหรับการผสมพันธุ์ ดอกข้าวประกอบด้วยเปลือกนอกสองแผ่นประสานกัน ห่อหุ้มส่วนที่อยู่ภายในไว้ดอกข้าวเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (Perfect Flower) เพราะมีทั้งเกษรตัวเมีย และเกษรตัวผู้อยู่ในดอกเดียวกัน

เมล็ดข้าว เป็นแป้งเรียกว่า Endosperm และส่วนที่เป็นต้นอ่อน (Embryo) ถูกห่อหุ้มโดยเปลือกนอกเรียกว่า Lemma และ Palca แป้งเป็นส่วนที่เราบริโภค ส่วนต้นอ่อนเป็นส่วนที่มีชีวิต และงอกออกจากเมล็ดมาเป็นต้นข้าวเมื่อนำไปเพาะ และถูกความชื้น

2.2.4 **ประโยชน์**

ข้าวเป็นพืชที่ปลูกกันทั่วประเทศ มีปริมาณมากมายมหาศาลนอกจากใช้บริโภคภายในประเทศแล้วยังส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศทำรายได้เข้าประเทศมาเป็นอันดับหนึ่งทางด้านสินค้าส่งออกทางการเกษตร ดังนั้น เห็นได้ว่าในแต่ละปีจะมีสิ่งเหลือใช้จากการปลูกข้าว คือ ฟางข้าว เป็นจำนวนมหาศาล ได้มีการนำเอาฟางข้าวมาใช้ประโยชน์ ซึ่งพอแบ่งได้เป็น 2 ทาง ดังนี้

2.2.3 **ลักษณะทั่วไป**

ต้นข้าว เป็นพืชชนิดหนึ่งอยู่ในตระกูลหญ้า เพราะต้นข้าวมีลักษณะคล้ายกับต้นหญ้า เช่น ใบ กาบ ลำต้น และราก ประเทศไทยชาวนาในภาคเหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือนิยมปลูกข้าวเหนียว ส่วนภาคกลางและภาคใต้ชาวนานิยมปลูกข้าวเจ้า

ราก อยู่ใต้ผิวดิน ยึดลำต้นกับดินเพื่อไม่ให้ข้าวล้ม ต้นข้าวไม่มีรากแก้วมีแต่รากฝอย

ลำต้น มีลักษณะเป็นโพรงตรงกลางแบ่งออกเป็นปล้อง ๆ มีข้อกั้นระหว่างปล้อง ต้นข้าวเป็นพืชเส้นใยชนิดสั้น ลำต้นใช้ทำกระดาษได้ (สุพจน์ ใช้เทียมวงศ์. 2528 : 195)

ใบ ต้นข้าวมีใบไว้สังเคราะห์แสงเพื่อเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุ น้ำ อาหาร สำหรับการเจริญเติบโต และสร้างเมล็ดข้าว ใบประกอบด้วยกาบใบ และแผ่นใบ กาบใบ คือส่วนที่ติดอยู่กับข้อของลำต้น และห่อหุ้มต้นข้าวไว้ แต่ละข้อมีเพียงหนึ่งกาบใบ แผ่นใบคือ ส่วนที่อยู่เหนือข้อต่อของใบ มีลักษณะเป็นแผ่นแบนบาง ๆ พันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์จะมีใบต่างกันไป

รวง เป็นช่อดอกของข้าว (Infloresence) เกิดขึ้นที่ข้อของปล้องอันสุดท้ายของต้นข้าว

ดอกข้าว เป็นส่วนที่มีเกษรตัวผู้ และเกษรตัวเมียสำหรับการผสมพันธุ์ ดอกข้าวประกอบด้วยเปลือกนอกสองแผ่นประสานกัน ห่อหุ้มส่วนที่อยู่ภายในไว้ดอกข้าวเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (Perfect Flower) เพราะมีทั้งเกษรตัวเมีย และเกษรตัวผู้อยู่ในดอกเดียวกัน

เมล็ดข้าว เป็นแป้งเรียกว่า Endosperm และส่วนที่เป็นต้นอ่อน (Embryo) ถูกห่อหุ้มโดยเปลือกนอกเรียกว่า Lemma และ Palca แป้งเป็นส่วนที่เราบริโภค ส่วนต้นอ่อนเป็นส่วนที่มีชีวิต และงอกออกจากเมล็ดมาเป็นต้นข้าวเมื่อนำไปเพาะ และถูกความชื้น

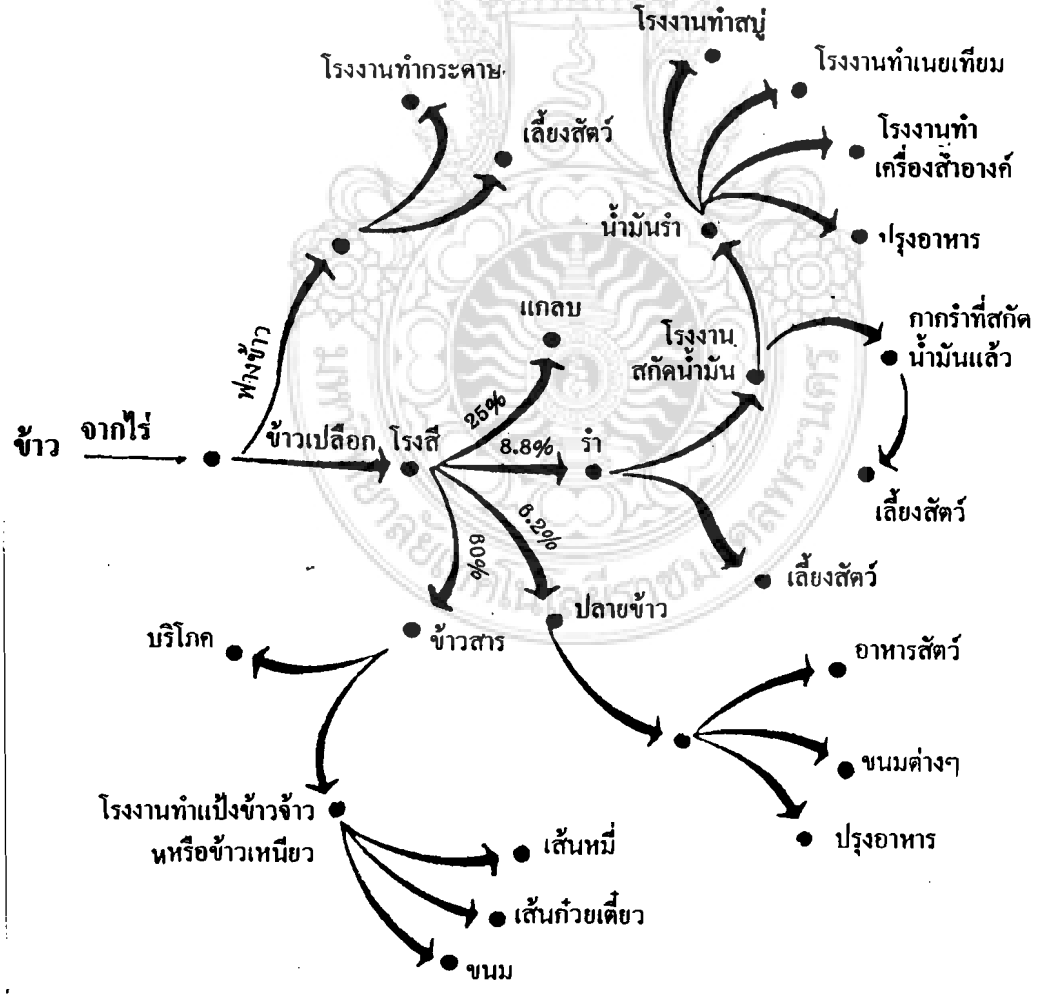
2.2.4 **ประโยชน์**

ข้าวเป็นพืชที่ปลูกกันทั่วประเทศ มีปริมาณมากมายมหาศาลนอกจากใช้บริโภคภายในประเทศแล้วยังส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศทำรายได้เข้าประเทศมาเป็นอันดับหนึ่งทางด้านสินค้าส่งออกทางการเกษตร ดังนั้น เห็นได้ว่าในแต่ละปีจะมีสิ่งเหลือใช้จากการปลูกข้าว คือ ฟางข้าว เป็นจำนวนมหาศาล ได้มีการนำเอาฟางข้าวมาใช้ประโยชน์ ซึ่งพอแบ่งได้เป็น 2 ทาง ดังนี้

1. ทางด้านการเกษตร เช่น นำไปใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ในฤดูแล้ง ใช้ทำปุ๋ยหมัก นำไปใช้เพาะเห็ด นำไปใช้คลุมหน้าดินที่เพาะปลูกในฤดูแล้ง เป็นต้น

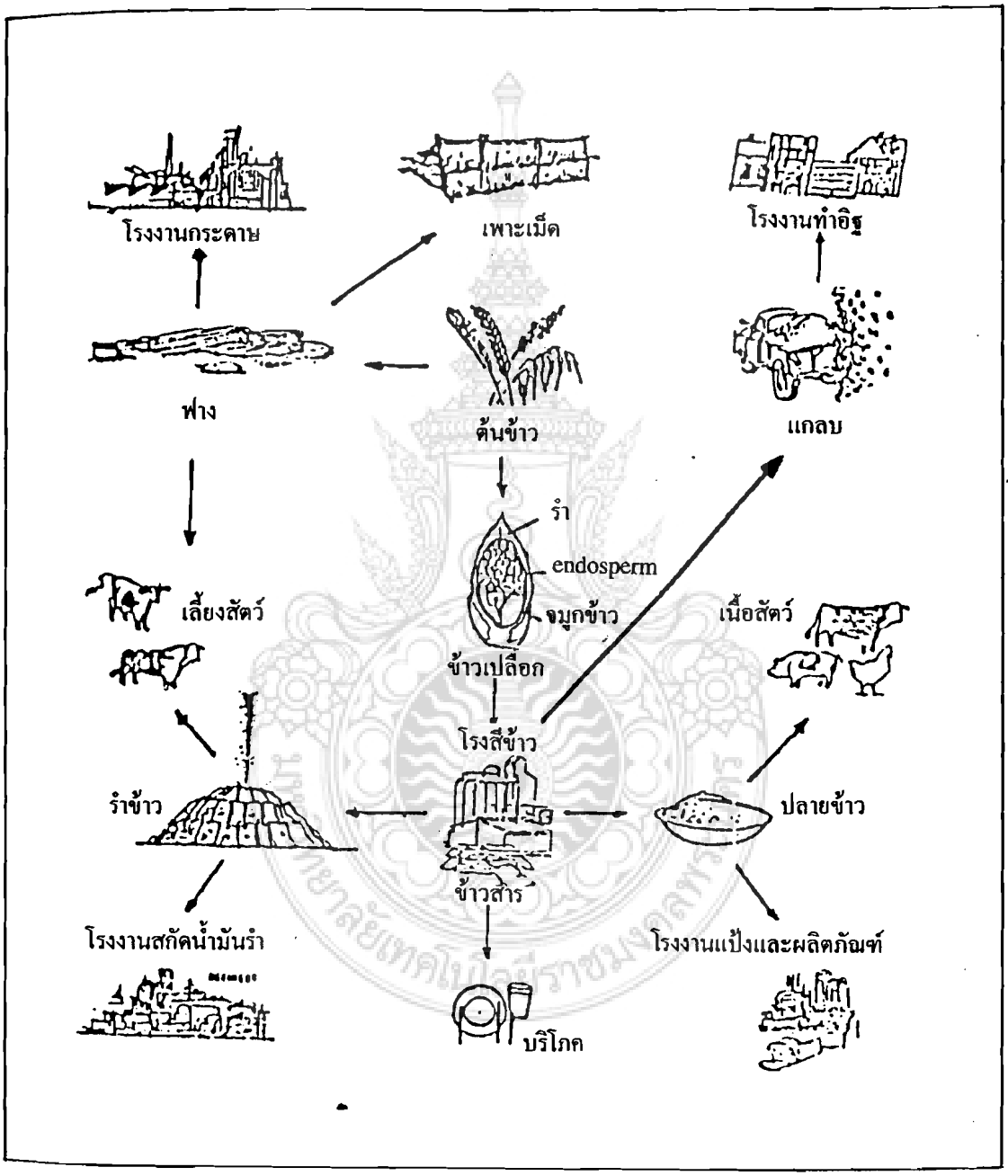
2. ทางด้านอุตสาหกรรม เช่น การนำไปอัดแท่งทำเชื้อเพลิงให้ค่าความร้อนได้ 4,343.2 แคลอรี่ต่อกรัม จึงสามารถทดแทนถ่านหุงต้นได้ดี ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแกสชีวภาพ (เชื้อเพลิงเขียว. 2533 : 21) สามารถนำมาสานทำเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ต่าง ๆ เช่น รองเท้าแตะ กระเป๋าถือ ตะกร้า เป็นต้น มีโรงงานอุตสาหกรรม ผลิตกระดาษ ได้นำฟางข้าวไปใช้เป็นวัตถุดิบชนิดเส้นใยสั้นในการผลิตกระดาษ ได้แก่ บริษัทกระดาษกาญจนบุรี มีกำลังผลิตปีละ 70,000 ตัน (กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2527 ข : 3) และบริษัทโรงงานกระดาษอุตสาหกรรมบางปะอิน จำกัด

แผนภาพ 1 การนำข้าวไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ



ที่มา *ส่วนวิจัยเศรษฐกิจ ธนาคารกรุงเทพฯ จำกัด*

แผนภาพ 2 ทิศทางของข้าว



รูป ทิศทางของข้าว

2.3 การผลิตกระดาษในอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาเกี่ยวข้องเกือบทุกแขนง เช่น ฟิสิกส์ เคมี พฤกษศาสตร์ จุลชีววิทยา ชีวเคมี เป็นต้น นอกเหนือจาก วิชาทางวิศวกรรมที่เป็นหลักอยู่แล้ว อุตสาหกรรมเยื่อ และกระดาษของประเทศไทยเพิ่งเจริญเติบโตมาได้ไม่นานนี้เอง ปัจจุบันนี้ประเทศไทยมีโรงงานผลิตเยื่อเพื่อจำหน่าย 3 โรง และมีโรงงานผลิตกระดาษอยู่ 29 โรง โรงงานผลิตเยื่อ และกระดาษที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย คือ โรงงานในกลุ่ม อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ ของเครือซิเมนต์ไทยประกอบด้วยบริษัทในเครือ 5 บริษัท ได้แก่

1. บริษัท เยื่อกระดาษสยาม จำกัด กำลังการผลิต 43,000 ตัน ต่อปี
2. บริษัท สยามคราฟท์อุตสาหกรรม จำกัด กำลังการผลิต 300,000 ตันต่อปี
3. บริษัท กระดาษสหไทย จำกัด กำลังการผลิต 110,000 ตันต่อปี
4. บริษัท ผลิตภัณฑ์กระดาษไทย จำกัด กำลังการผลิต 70,000 ตันต่อปี
5. บริษัท สยามบรรจุภัณฑ์ จำกัด กำลังการผลิต 90,000 ตันต่อปี

ประเทศไทยมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการมีโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษให้มีกำลังการผลิตเพียงพอที่จะตอบสนองความต้องการภายในประเทศ (อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ. 2533 : 1-5)

2.3.1 ขั้นตอนการผลิตเยื่อ

1. การเตรียมวัตถุดิบ วัตถุดิบหลักได้แก่ เนื้อไม้ไม่ว่าจะมีลักษณะแข็ง หรือเป็นก้อนอย่างไร เช่น ไม้สน หรือเป็นเส้น เช่น ฟางข้าว จะต้องทำการตัดให้วัตถุดิบมีขนาดพอสมควรที่จะนำไปใช้ในการผลิตเยื่อหากเป็นไม้ที่เป็นท่อนหรือซุงต้องลอกเปลือกออกก่อนจึงนำเข้าเครื่องสับให้เป็นชิ้นเล็กชิ้นไม้เล็ก ๆ เรียก Chip (ณรงค์ วุทธเสถียร. 2526 : 520-521)

2. การเตรียมเยื่อ หลักจากการเตรียมวัตถุดิบที่แตกต่างกันตามลักษณะของวัตถุดิบผลสุดท้ายของกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ คือ ทำให้วัตถุดิบมีลักษณะเป็น Chip เพื่อจะนำมาเตรียมเยื่อกระดาษนั่นเอง (ธีรพร วงศ์รัตน์. 2507 : 287) วิธีเตรียมเยื่อมีวิธีการทำอยู่ 3 วิธีคือ

(1) วิธีเมแคนิเกิล เป็นวิธีที่เยื่อถูกบดให้เส้นเยื่อละเอียดด้วยลูกโม่หินหรือเหล็กมีน้ำฉีดอยู่ตลอดเวลาเพื่อป้องกันลูกโม่ติด เยื่อกระดาษชนิดนี้จะมีความละเอียด และสม่ำเสมอมากเยื่อชนิดนี้ยังมีสิ่งเจือปนได้แก่ พวกคาร์โบไฮเดรท ลิกนิน เกลือแร่ และยาง เช่นเดียวกับเนื้อไม้จึงมีคุณสมบัติไม่ดีนัก เพราะไม่ใช่เยื่อเซลลูโลสที่บริสุทธิ์ เหมาะสำหรับใช้ทำกระดาษที่ไม่ต้องการความเหนียว ความสะอาด หรือถาวรมากนัก เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษปิดผนัง กระดาษเช็ดมือ กระดาษห่อของชนิดเลว เป็นต้น ในส่วนดีคือ ราคาถูก และได้ปริมาณเยื่อสูง

(2) วิธีเคมิเกิล เป็นวิธีที่ทำให้เยื่อที่ได้มีความสะอาดมาก เพราะถูกต้มด้วยน้ำยาเคมีในหม้อต้ม ภายใต้ความดันจนกระทั่งเส้นใยของไม้แยกจากกัน เยื่อจะมีความนุ่ม และเหนียวฟอกให้ขาวได้ง่าย จึงใช้ทำกระดาษได้หลาย ๆ ชนิด ที่ใช้กันแพร่หลายสำหรับทำกระดาษพิมพ์และเขียน เช่น กระดาษสมุด กระดาษอนามัย กระดาษห่อของ กระดาษทำถุงซีเมนต์ กระดาษลูกฟูกสำหรับทำกล่อง เป็นต้น แต่ได้ปริมาณเยื่อที่ใช้ทำกระดาษน้อย

(3) วิธีเซมิเคมิเกิล วิธีทำเยื่อกึ่งๆ ระหว่างเมแคนิคเกิลกับเคมิเกิล โดยการนำวัตถุดิบไปต้มน้ำยาเคมีอย่างอ่อน เพื่อให้เนื้อไม้อ่อนตัว แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดทำด้วยเหล็ก คุณสมบัติต่าง ๆ ของเยื่อจะอยู่กึ่งกลางระหว่างชนิด 1 กับชนิด 2 เยื่อชนิดนี้นับว่ามีความสำคัญมากขึ้น เพราะสามารถนำวัตถุดิบมาใช้ได้หลายชนิด รวมถึงพืชเส้นใยอื่น ๆ เช่น หญ้าต่าง ๆ ชานอ้อย และฟางข้าว เป็นต้น ให้ปริมาณการผลิตสูง ราคาถูก และทำกระดาษได้หลายชนิด ตั้งแต่กระดาษหนังสือพิมพ์ไปถึงกระดาษปอนด์อย่างดี กระดาษสาที่ชาวบ้านผลิตด้วยมือในภาคเหนือก็ใช้วิธีเซมิเคมิกัลในการเตรียมเยื่อ

3. การล้างร่อนเยื่อ หลังจากผ่านการเตรียมเยื่อโดยวิธีใดวิธีหนึ่งเรียบร้อยแล้วจะส่งเยื่อไปล้างเอาน้ำยาต้มหรือสารเคมี สิ่งสกปรกที่ตกค้างอยู่ออกให้หมดหลังจากนั้น ก็ไปผ่านตะแกรงร่อนเยื่อแบบต่าง ๆ เพื่อเอาสิ่งแปลกปลอมออกให้หมด เยื่อในขั้นตอนนี้จะมีสีน้ำตาล

4. การฟอกเยื่อ ถ้าหากต้องการเยื่อที่มีสีขาวก็ต้องนำเยื่อไปฟอกให้ขาว ขบวนการฟอกเยื่อที่นิยมใช้กันได้แก่ ขบวนการ CEHD มีรายละเอียดดังนี้ (เจษฎา สุวรรณ , 2542 : 24-25)

C = Chlorination ฟอกคลอรีน

E = Alkali Extraction ล้างโซดาไฟ

H = Hypochloride ฟอกไฮโป

D = Chlorine Dioxide ฟอกคลอรีนไดอ๊อกไซด์

ในข้อแรกเป็นการฟอกด้วยสารคลอรีน หลังจากนั้นนำไปฟอก หรือต้มด้วยโซดาไฟ การฟอกสองขั้นแรกนี้เป็นการดึงเอาลิกนินที่คงเหลือหลังการต้มเยื่อออก หลักจากนั้นก็เป็นการฟอกเส้นใยให้มีสีขาวด้วยน้ำยาฟอกขาวไฮโป แต่เนื่องจากความขาวของเส้นใยยังไม่มากพอ และเพื่อให้ได้เยื่อซึ่งมีความขาวสูง โดยที่ตัวเส้นใยไม่เกิดปัญหาด้านคุณภาพ (Degradation) จึงต้องใช้ก๊าซคลอรีนไดอ๊อกไซด์ (ClO_2) ฟอกก๊าซนี้มีคุณสมบัติดีกว่าน้ำยาไฮโป เพราะไม่ทำให้คุณภาพของเส้นใยด้านความเหนียวลดลง

2.3.2 **ขั้นตอนการผลิตกระดาษ**

เมื่อโรงงานผลิตเยื่อนำเยื่อส่งลูกค้า คือ โรงงานผลิตกระดาษ โรงงานผลิตกระดาษมีวิธีการทำกระดาษโดยแบ่งเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. การเตรียมเยื่อ นำเยื่อมาตีให้กระจายตัวในน้ำ จากนั้นส่งไปบดเยื่อในเครื่องนวดเยื่อเพื่อให้เยื่อมีความเหนียวเป็นการปรุงแต่งเยื่อให้มีสภาพเหมาะสมในการทำแผ่นกระดาษในขั้นตอนนี้จะมีการเติมสารเคมีหลายประเภทเพื่อปรุงแต่งเยื่อตามชนิดของกระดาษใช้งาน เช่น ชันสน และสารส้ม เพื่อป้องกันการดูดซึมของเหลว (Sizing) จะต้องทำให้กระดาษพิมพ์ และกระดาษเขียนทุกชนิดมีอัตราการดูดซึมของเหลวพอสมควรนอกจากนี้จะเติมสีเพื่อย้อมกระดาษให้มีสีหรือใส่แต่น้อยเพื่อได้ดูสวยงาม เช่น ใส่สีน้ำเงิน และม่วงเพื่อข่มสีเหลืองในเนื้อกระดาษทำให้ดูขาวขึ้น (Grey) ทั้ง ๆ ความจริงจะออกไปทางสีเทา หากต้องการให้กระดาษมีความเหนียวเพิ่มขึ้นก็จะต้องเติมสารเพิ่มความเหนียวลงไป เช่น Modified Starch Gum Arabic ถ้าผลิตเป็นกระดาษเพื่องานพิมพ์ หรืองานเขียน ก็นิยมเติมสารจำพวกดินขาว (Kaolin) แคลเซี่ยมคาบอเนต ($CaCO_3$) และ Titanium Dioxide (TiO_2)

ใช้เป็น Filler ใส่ลงไปให้กระดาษมีผิวเรียบ ดูดซึมหมึกพิมพ์ได้ดี เพิ่มความทึบแสงในการพิมพ์ (Opacity) ของเนื้อกระดาษ

2. การผลิตเป็นแผ่นกระดาษ เมื่อเตรียมเยื่อจนได้ที่ดีแล้ว ก็ส่งเข้าเครื่องผลิตแผ่นกระดาษ เพื่อทำให้เป็นแผ่นโดยส่งน้ำเยื่อเข้าหัวฉีด (Headbox) เพื่อโปรยออกเป็นแผ่นบาง ๆ บนตะแกรง (Wire) ซึ่งจะวิ่งวนตลอดเวลา การเกิดเป็นแผ่นกระดาษบนตะแกรงคล้ายกับการทำกระดาษสาด้วยมือ คือ ใช้ตะแกรงมุ้งลวดตาถี่ตักน้ำ และเยื่อให้ติดตะแกรงซึ่งลอกเป็นแผ่นออกมาได้ เมื่อน้ำเยื่ออยู่บนตะแกรงจะดึงน้ำออกจากทางด้านล่าง ซึ่งจะทำให้กระดาษเริ่มแห้ง เมื่อออกจากตะแกรงแล้วจะเข้าสู่ชุดลูกกลิ้ง (Press Section) ลักษณะเป็นลูกกลิ้งขนาดใหญ่สองลูกกดกันอยู่โดยมีผ้าสักหลาด (Felt) หนา ๆ รองรับอยู่เพื่อไม่ให้กระดาษขาด การกดนี้จะบีบน้ำในกระดาษออกมาอีก ตามมาตราฐานแล้ว ต้องมีชุดลูกกลิ้งอยู่ 3 ชุด กระดาษเมื่อออกจากชุดลูกกลิ้ง จะมีความแห้ง (Dry contentent) ในช่วงร้อยละ 40-45 หลังจากนี้นำไปอบในลูกอบ (Dryer) เป็นลูกทรงกระบอกทรงกลมภายในลูกอบจะมีไอน้ำแรงดันปานกลางถึงแรงดันสูงในการอบให้กระดาษแห้งในเครื่องผลิตกระดาษจะมีลูกอบจำนวนมาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนาของกระดาษ กระดาษที่รีดออกมาจากชุดลูกอบจะมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 5-10 ขึ้นกับประเภทของกระดาษ

3. การแปรรูปกระดาษหลังจากมีการผลิตกระดาษออกเป็นแผ่นใหญ่แล้วนำกระดาษไปแปรรูปหลายอย่าง เช่น การนำไปตัดซอยเป็นม้วนเล็ก ๆ หรือนำไปตัดเป็นขนาดที่ต้องใช้งาน หากต้องใช้เป็นกระดาษอาร์ตใช้ทำหนังสือก็จะมีการเคลือบผิวกระดาษ (Coating) ทำให้ผิวเรียบและมัน

2.4 การผลิตกระดาษด้วยมือ

การผลิตกระดาษด้วยมือ เป็นวิธีการที่สืบทอดมาตั้งแต่บรรพบุรุษนับพันปี แต่กรรมวิธีการผลิตในอดีตกับปัจจุบันนี้แทบจะไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งในด้านคุณภาพของกระดาษ และวิธีการผลิต สิ่งที่แตกต่างอย่างเด่นชัดจากการทำกระดาษในอดีตได้แก่ การใช้สารเคมี เช่น ด่าง หรือโซดาไฟ (KoH) มาแทนขี้เถ้าที่ใช้ในอดีต การผลิตกระดาษด้วยมือของประเทศไทยมีกระบวนการผลิตแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.4.1 การเตรียมเยื่อ

นำวัตถุดิบที่จะผลิตเป็นกระดาษมาผ่านขั้นตอนการเตรียมเยื่อ คือ

1. การแช่วัตถุดิบลงในน้ำสะอาดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้เปลือกอ่อนตัวลง สิ่งสกปรก เช่น เศษผง เศษฝุ่น ที่ติดอยู่จะได้หลุดออกทำให้สะอาดขึ้น

2. การต้มเยื่อ แบ่งออกได้ดังนี้

(1) การต้มด้วยขี้เถ้าเป็นวิธีแบบโบราณวิธีต้มส่วนใหญ่จะใช้ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตรมาผ่าครึ่ง หรือใช้ปี๊บน้ำมันก๊าดใส่น้ำตั้งบนไฟจนเดือดจึงใส่วัตถุดิบใส่ขี้เถ้าลงไปตามความเหมาะสม ใช้เวลาต้ม 3 –5 ชั่วโมง เยื่อที่ได้จากการต้มด้วยขี้เถ้ามักจะมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากอัตราส่วนของขี้เถ้าไม่แน่นอน และยังทำให้เยื่อที่ต้มเสร็จแล้วสกปรก

(2) ต้มโดยใช้โซดาไฟ เป็นวิธีสะดวกประหยัดเวลา และประหยัดเชื้อเพลิง เยื่อที่ได้จะสะอาดและมีคุณภาพสม่ำเสมอ การใช้โซดาไฟจะใช้เวลาในการต้มเพียง 1-2 ชั่วโมง

3 การล้างสารเคมีหลังจากต้มด้วยขี้เถ้าหรือโซดาไฟแล้ว จะต้องนำไปล้างเพื่อกำจัดเศษผง เมือก ขี้เถ้าและโซดาไฟออกจนหมดยิ่งล้างมากเท่าไรจะได้เยื่อที่มีคุณภาพมากขึ้น

2.4.2 การทำแผ่นกระดาษ

เยื่อที่ผ่านกระบวนการเตรียมเยื่อมาแล้วจะถูกทำให้เป็นแผ่นกระดาษด้วยมือ (Hand Sheet) ได้ 2 วิธี ดังนี้

1. การตักช้อน นำเยื่อที่ผ่านการเตรียมมาแล้วละลายลงในบ่อช้อนลึก 80เซนติเมตร ใช้ไม้กวนเยื่อให้มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ในขั้นตอนนี้เพื่อให้เยื่อได้มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ทางกรมส่งเสริมอุตสาหกรรมได้แนะนำให้ใช้ ยางกระเจี๊ยบสดมาคั้นเอาเมือกเหนียว ๆ ผสมกับน้ำให้มีความเข้มข้น 1:1 นำน้ำยางกระเจี๊ยบสดที่ความเข้มข้น 1:1 ใส่ลงในบ่อ ตักเยื่อ ในอัตราส่วน 1:30 ของน้ำเยื่อโดยปริมาตร จะทำให้เยื่อกระจายตัวโดยสมบูรณ์ เกิดความสม่ำเสมอกันบนแผ่นกระดาษ (อารยา ดำรงค์ศักดิ์.2531:6) การตักช้อนโดยทั่วไปจะใช้ตะแกรงไนล่อน และตะแกรงมุ้งลวดขึงอยู่บนเฟรมไม้ทำการตักช้อนเยื่อขึ้นมาการตักต้องอาศัยความชำนาญมากเพราะความหนาบางที่ต่างกันอยู่ที่การตักช้อนนั่นเอง

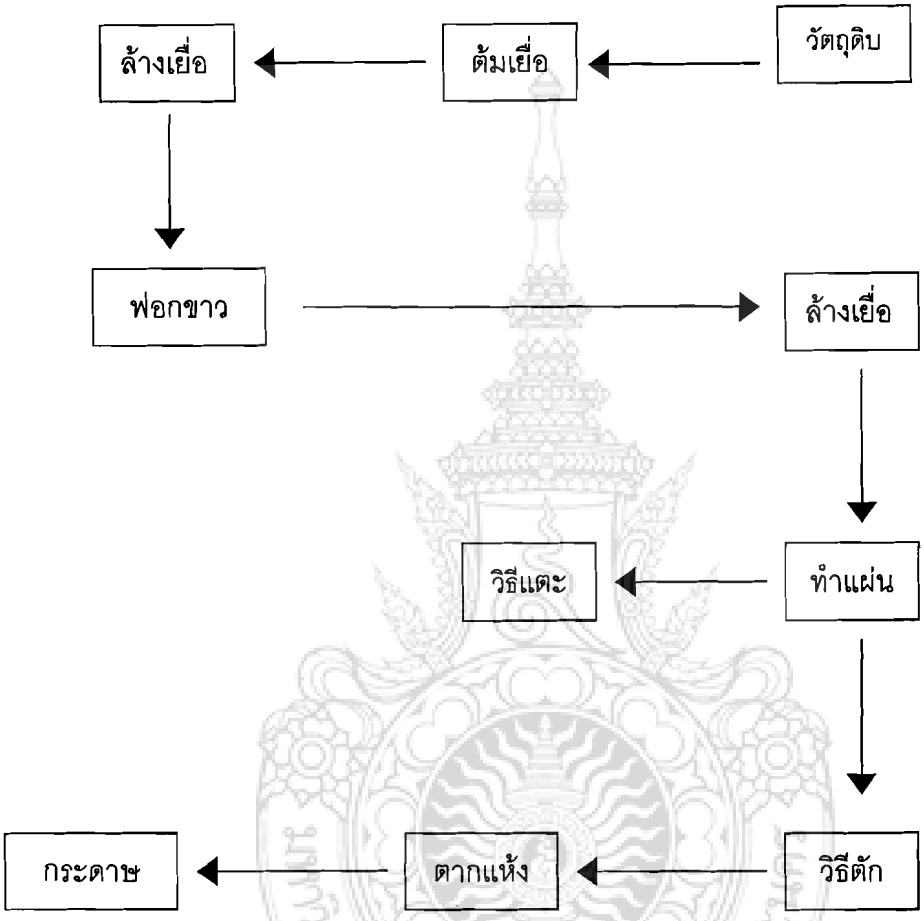
2. การแตะ โดยการนำเยื่อที่เตรียมมาแล้วทำเป็นก้อน ๆ ให้เท่า ๆ กัน นำมาใส่ลงในกระบอกไม้ไผ่ โดยจะผสมกับน้ำเล็กน้อยกวนให้เยื่อแตกตัวฟูขึ้นมาอย่างสม่ำเสมอเทลงบนตะแกรงชนิดกรุด้วยผ้ามุ้ง หรือผ้าใยบัว ขึงตึงกับเฟรมที่ทำด้วยไม้ ให้ลอยตัวในน้ำใช้หลังมือแตะ ๆ ให้เยื่อได้กระจายตัวออกไปทั่วตะแกรงอย่างสม่ำเสมอ แล้วยกตะแกรงขึ้นวิธีแตะจะได้ความหนามากกว่า และเรียบสม่ำเสมอ หากผู้แตะมีความชำนาญ อีกประการหนึ่งวิธีแตะสามารถนำเยื่อไปชั่งน้ำหนักก่อนได้ ดังนั้นจึงทำให้ได้ค่าน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษสม่ำเสมอกันทุกแผ่น แต่วิธีการแตะจะใช้เวลาในการผลิตมากกว่าการช้อนตัก

ในการทำวิจัยครั้งนี้ จะใช้วิธีการผลิตกระดาษฟางข้าว ด้วยวิธีการตักช้อน เพราะวิธีการตักช้อนเป็นวิธีที่สะดวก นอกจากนั้นกระดาษฟางข้าวที่ได้จากการตักช้อนยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง

2.4.3 การทำให้แห้ง

โดยการนำตะแกรงไปตากแดด หรืออบแห้งซึ่งชาวบ้านไม่นิยมจึงยังนิยมใช้วิธีดั้งเดิมคือ ใช้ความร้อนจากแสงแดดเมื่อแห้งดีแล้วจึงแกะกระดาษออก ปัญหาที่พบชาวบ้านมักนิยมนำตะแกรงไปตากแดดตามริมถนนหน้าบ้าน ทำให้ฝุ่นจากการสัญจรปลิวไปเกาะติดกับกระดาษซึ่งยังไม่แห้งดี เป็นสาเหตุหนึ่งของความสกปรกที่มักพบบนกระดาษที่ใช้วิธีตากแดดให้แห้ง กระบวนการผลิตกระดาษด้วยมือแสดงไว้ในภาพประกอบ

แผนภาพ 3 กระบวนการผลิตกระดาษด้วยมือ



ที่มา การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม เพื่อลดปริมาณการใช้เยื่อสา ในการผลิตกระดาษสา ในภาคเหนือ

2.5 คุณสมบัติของกระดาษและการทดสอบ

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ทำมาจากกระดาษมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดย่อมต้องการกระดาษที่มีสมบัติแตกต่างกันไป สมบัติของกระดาษใช้กำหนดประเภทของกระดาษให้เหมาะสมกับงานและยังใช้บ่งชี้ถึงความเหมือนและความแตกต่างกันของกระดาษได้ด้วย

2.5.1 สมบัติโดยทั่วไปของกระดาษแบ่งออกเป็น 4 ด้านดังนี้

1. ลักษณะทางโครงสร้างของกระดาษ กระดาษเป็นแผ่นวัสดุซึ่งมิได้มีเนื้อเดียวกันและมีความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษไม่เท่ากันตลอดทั้งแผ่น ทั้งนี้เพราะโครงสร้างของกระดาษประกอบขึ้นจากการสานตัวของเส้นใยและมีสารเติมแต่งอุดช่องว่างระหว่างเส้นใยลักษณะทางโครงสร้างของกระดาษ จึงเป็นตัวบ่งชี้การจัดเรียงตัวขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในเนื้อกระดาษ เช่น การกระจายตัวของเส้นใย ทิศทางการเรียงตัวในแนวขนานเครื่องของเส้นใย ซึ่งจะมีผลต่อสมบัติอื่น ๆ ของกระดาษด้วย

ลักษณะทางโครงสร้างของเส้นใย ได้แก่ น้ำหนักมาตรฐาน (basis weight หรือ grammage) ความหนา ความสม่ำเสมอ ของเนื้อกระดาษ (formation) ทิศทางของเส้นใย (directionality) ความแตกต่างของผิวกระดาษสองด้าน (two-sideness) ความพรุน (porosity) และความเรียบของผิวกระดาษ (smoothness)

2 สมบัติทางเชิงกลของกระดาษ สมบัติเชิงกลของกระดาษเป็นตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพในการใช้งานของกระดาษ ซึ่งหมายถึง การที่กระดาษมีความทนทานต่อการใช้งาน (durability) และความสามารถในการต้านทานแรงที่ทำให้กระดาษโค้งงอ ซึ่งแรงเหล่านี้ในหลายขั้นตอน ตั้งแต่การผลิตกระดาษ การแปรรูปจนถึงการใช้งาน กระดาษจะตอบสนองแรงที่มากระทำเหล่านี้ได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของกระดาษ ซึ่งสามารถวัดออกมาได้ในรูปสมบัติเชิงกลได้

สมบัติทางเชิงกลของกระดาษ ได้แก่ ความต้านแรงดึง และการยืดตัว ความต้านแรงดันทะลุ ความต้านแรงฉีกขาด ความทนต่อการพับขาด ความทรงรูป

3. **สมบัติด้านทัศนศาสตร์ของกระดาษ** **สมบัติด้านทัศนศาสตร์** หมายถึง สมบัติทางแสงของกระดาษที่ปรากฏแก่สายตา ได้แก่ ความขาวสว่าง (brightness) ความทึบแสง (opacity) ความขาว ความมันวาว (gloss) สมบัติเหล่านี้ของกระดาษไม่สามารถวัดค่าออกมาโดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์เพียงอย่างเดียวได้ แต่จะต้องประกอบด้วยหลักการทางจิตวิทยาร่วมด้วย ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการมองเห็นของสายตามนุษย์ ซึ่งต้องอาศัยดวงตาในการสังเกตและสมองตัดสินการรับรู้ในการมองเห็นอีกครั้ง ดังนั้นในการวัดค่าเกี่ยวกับสมบัติทางด้านทัศนศาสตร์จึงต้องประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนในการพิจารณา คือ แหล่งกำเนิดแสง กระดาษที่ถูกส่องสว่าง และดวงตามนุษย์หรือเครื่องวัดแสงที่ทำหน้าที่สังเกตการณ์และแปลผลของการสะท้อนแสงหรือการส่องผ่านของแสงที่กระทำต่อกระดาษ

4 **สมบัติด้านการกีดกั้นและด้านการต้านทานของกระดาษ** สมบัติด้านการกีดกั้น (barrier property) หมายถึง ความสามารถของกระดาษในการป้องกันการซึมทะลุผ่านของสารใด ๆ เข้าไปในเนื้อกระดาษ สมบัติด้านการต้านทาน (resistance property) หมายถึง ความสามารถของกระดาษในการต้านทานการซึมทะลุผ่านของสารใด ๆ เข้าไปในเนื้อกระดาษ

กระดาษหลายชนิดที่ใช้เพื่อการสื่อสารและการบรรจุภัณฑ์ ต้องมีสมบัติด้านการต้านทาน เช่น กระดาษออฟเซต กระดาษทำถุง ต้องมีความต้านทานการดูดซึมน้ำสูง และกระดาษกันไขมัน (greaseproof paper) ต้องมีความต้านทานการดูดซึมไขมันสูง สำหรับกระดาษเพื่อการบรรจุภัณฑ์ต้องมีสมบัติด้านการกีดกั้นสูงต่อของเหลว ไอน้ำ อากาศ ไขมัน และออกซิเจน เพื่อปกป้องสินค้าที่บรรจุอยู่ภายใน

กระดาษจะมีการดูดซึมสารเมื่อสารซึมทะลุผ่านเข้าไปในเนื้อกระดาษ ซึ่งภายในประกอบด้วยรูพรุน และรูปิดจำนวนมากมาย ซึ่งรูเหล่านี้มีผลต่ออัตราการไหลผ่านกระดาษของสารซึมทะลุสมบัติด้านการกีดกั้นและด้านการต้านทานของกระดาษ ได้แก่ การไหลผ่านกระดาษ การทำให้กระดาษมีสมบัติด้านการต้านทาน การทำให้กระดาษมีสมบัติด้านการกีดกั้น การทดสอบสมบัติด้านการต้านทานการดูดซึมน้ำ (อิทธิศานติ์ วชิรานุภาพ, 2542 : 19-20)

2.5.2 การจำแนกคุณสมบัติที่วิเคราะห์ทดสอบในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ

เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องในขั้นตอน เราควรพิจารณาแยกคุณสมบัติที่ทดสอบกันทั่วไปตามลักษณะปรากฏการณ์ สำหรับเป็นแนวทางการทำความเข้าใจต่อไป

1. คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) แบ่งออกได้เป็นคุณสมบัติแบบต่าง ๆ ดังนี้

(1) คุณสมบัติเชิงกล (Mechanical) หมายถึง คุณสมบัติของกระดาษที่เกี่ยวข้องกับการรับแรงกระทำ หรือความแข็งแรง เช่น การต้านทาน แรงดึง แรงฉีกขาด สัมประสิทธิความยืดหยุ่น ความทรงรูป การต้านทานแรงกด เป็นต้น

(2) คุณสมบัติเกี่ยวกับแสง (Optical) เช่น ความขาวสว่าง ความทึบแสง ความมันวาว การดูดซับและกระจายแสง เป็นต้น

(3) คุณสมบัติทางกายภาพอื่น เช่น ความหนาแน่น ความต้านทานอากาศ และความเรียบของผิวกระดาษ เป็นต้น

2. คุณสมบัติทางเคมี (Chemical Properties) มีการวิเคราะห์กันเสมอได้แก่

(1) องค์ประกอบทางเคมี เช่นปริมาณเซลลูโลส เพนโตซาน ลิกนิน Kappa Number สารสกัด และการหาความเข้มข้นของน้ำยาเคมี เป็นต้น

(2) คุณสมบัติที่วัดโดยวิธีทางไฟฟ้าเคมี เช่น ความเป็นกรดด่าง (pH) Oxidatic Reduction Potential (mV) และการนำไฟฟ้าของสารละลาย เป็นต้น

3. คุณสมบัติทางกายภาพเคมี (Physico-Chemical Properties) ตัวอย่างปรากฏการณ์ทางกายภาพเคมีที่สำคัญในการผลิตเยื่อและกระดาษ ได้แก่

(1) การเกิดฟอง (Foaming) ในขั้นตอนการผลิต และความทนทานของฟอง

(2) การดูด หรือคายความชื้นของเยื่อ และกระดาษ

(3) การพองตัวของเส้นใย (Fiber Swelling) หลังการบด

(4) การตกค้างของเยื่อละเอียด และ Filler ในกระดาษ

(5) ปรากฏการณ์ทาง Electrokinetic อื่น ๆ ใน Wet End

(6) การเปียก และซึมของน้ำเข้าในกระดาษ

2.5.3 **การทดสอบคุณภาพของกระดาษทั่ว ๆ ไป**

เนื่องจากกระดาษมีคุณสมบัติที่แปรเปลี่ยนตามสภาวะอากาศแวดล้อม ดังนั้นในการวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ จำเป็นต้องมีการปรับสภาวะ ชิ้นทดสอบให้สมดุลย์กับสภาวะทดสอบมาตรฐานเสมอ สภาวะดังกล่าวจะแตกต่างกันไปตามภูมิอากาศของแต่ละประเทศ เช่น

ประเทศไทย	27+2 ซ.	ความชื้นสัมพัทธ์ 56+2%
ประเทศสหรัฐอเมริก	23+2 ซ.	ความชื้นสัมพัทธ์ 50+2%
ประเทศในยุโรป	20+2 ซ.	ความชื้นสัมพัทธ์ 65+2%

ส่วนวิธีการวิเคราะห์คุณสมบัตินั้น จะยึดถือมาตรฐานของชาติ หรือมาตรฐานสากล ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลก ทั้งนี้เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความถูกต้อง และสามารถเปรียบเทียบในแต่ละครั้งได้ มาตรฐานที่นิยมใช้ เช่น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ประเทศไทย

International Standard Organization (ISO)

American Socicty for Testing and Materials (ASTM)

British Standard (BS)

Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI)

Federal Test Method Standard

1 ปริมาณความชื้น (moisture content) หมายถึง ปริมาณของน้ำในกระดาษคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักเดิม คุณสมบัตินี้มีความสัมพันธ์กับการพิมพ์ การประกบ การเคลือบ การตัด การทากาว และกรรมวิธีอื่น ๆ ในการทำเป็นภาชนะที่บรรจุ วิธีการทดสอบอาศัยหลักการอบชิ้นทดสอบจนมีน้ำหนักคงที่ มาตรฐานที่ใช้ได้แก่ ISO 278, ASTM D 466 และ TAPPI T 412

2. ความหนา (thickness) หมายถึง ระยะทางตั้งฉากระหว่างผิวหน้าทั้งสองของกระดาษ เป็นไมครอนหรือมิลลิเมตร ความหนาของกระดาษนี้บางครั้งก็เรียกว่า คาลิเปอร์ (caliper) จะมีส่วนสัมพันธ์กับคุณสมบัติที่เกี่ยวกับความเหนียวในการโค้งงอ และความแข็งตึง ราคา และกรรมวิธีต่าง ๆ

ในการแปรรูปเป็นภาชนะบรรจุ เช่น การพิมพ์ การตัด เป็นต้น เครื่องมือที่ใช้วัดความหนาของกระดาษบางคือ ไมโครมิเตอร์ (micrometer) ถ้าเป็นกระดาษหนา เช่น แผ่นกระดาษลูกฟูกและแผ่นกระดาษแข็งจะใช้เวอร์เนีย มาตรฐานที่ใช้ได้แก่ ASTM D 645 และ TAPPI T 411

3. น้ำหนักมาตรฐาน (basis weight หรือ grammage) หมายถึง น้ำหนักกระดาษเป็นกรัมต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในประเทศสหรัฐอเมริกานิยมใช้หน่วยเป็นปอนด์ต่อพื้นที่ 1,000 ตารางฟุต ซึ่งใช้ย่อว่า MSF คุณสมบัตินี้ใช้กำหนดราคาซื้อขายได้และมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นและความแข็งแรงของกระดาษนั้น วิธีการทดสอบอาศัยมาตรฐาน ISO 536, ASTM D 646 และ TAPPI T 410

4 ความเรียบ (smoothness) ความเรียบของกระดาษจะสัมพันธ์กับความเหมาะสมในการพิมพ์ กล่าวคือ ถ้ากระดาษมีผิวเรียบจะช่วยทำให้การพิมพ์ดีขึ้น เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ คือ Bendsen smoothness tester โดยวัดค่าอัตราการไหลของอากาศมาตรฐานคือ TAPPI T 470และ ISO 2494

5. ความขาวสว่าง (brightness) หมายถึง ความสามารถในการสะท้อนแสง ซึ่งวัดจากแผ่นกระดาษเทียบกับแสงในช่วงคลื่นเดียวกัน เมื่อกำหนดให้มักเนเซียมออกไซด์สะท้อนได้ร้อยละ 10 เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์คือ reflectometer โดยอาศัยมาตรฐาน ASTM D 785 และ TAPPI T 452

6 การต้านแรงฉีกขาด (tear resistance) หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงซึ่งทำให้ชิ้นทดสอบขาดต่อจากรอยเดิม มีหน่วยเป็นมิลลินิวตันหรือกรัมแรง คุณสมบัตินี้บอกถึงความแข็งแรงของกระดาษ และสัมพันธ์กับค่าความต้านแรงดันทะลุ เครื่องมือที่ใช้คือ Elmendorf tear tester โดยอาศัยมาตรฐาน ASTM D 607 และ TAPPI T 414

7. การต้านแรงดึงขาดและการยืดตัว (tensile strenght and elongation) หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงดึง ซึ่งกระทำที่ปลายข้างใดข้างหนึ่งของชิ้นทดสอบที่มีความกว้างคงที่จนชิ้นทดสอบนั้นขาด มีหน่วยเป็นนิวตันต่อความกว้างเป็นเมตร ส่วนการยืดตัว หมายถึง ระยะที่ชิ้นทดสอบยืดตัวออกจนขาด มีหน่วยเป็นร้อยละของความยาวเดิมของชิ้นทดสอบคุณสมบัตินี้สัมพันธ์กับความแข็งแรงของกระดาษ การต้านแรงดันทะลุ การต้านแรงทิ่มทะลุ การต้านแรงฉีกขาด คุณภาพ

ในการโค้งงอ ตลอดจนความแข็งแรงของรอยต่อ เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า tensile taster โดยใช้มาตรฐาน ASTM D 828, ASTM D 829, TAPPI T 404 และ TAPPI T 456

8. ความทนทานต่อการพับขาด (folding endurance) จำนวนการพับไปมา (double folds) ที่ทำให้กระดาษขาดจากกันเมื่อใช้แรงดึงที่กำหนด คุณสมบัตินี้มีความสำคัญกับกระดาษที่มีการใช้งานในลักษณะพับไปพับมาบ่อย ๆ เครื่องมือที่ใช้คือ folding endurance teater โดยใช้มาตรฐาน ASTM D 2176, TAPPI T 423 และ TAPPI T 511

9. ความแข็งตึง (stiffness) หมายถึง ความทนทานต่อการโค้งงอของกระดาษ ซึ่งสัมพันธ์กับความแข็งแรงของภาชนะบรรจุ ความสามารถในการต้านทานกดทับ และสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสียรูปต่าง ๆ เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์คุณสมบัตินี้มีหลายแบบ ขึ้นกับลักษณะของกระดาษ ตัวอย่าง เช่น กระดาษที่มีน้ำหนักน้อยจะใช้ Taber stiffness tester มีหน่วยเป็นตาเบอร์ (Taber) ถ้าเป็นกระดาษแข็งหรือแผ่นลูกฟูกจะใช้ Kodak stiffness tester มีหน่วยเป็นเกอร์เลย์ (gurley) มาตรฐานที่ใช้ได้แก่ TAPPI T 451 และ TAPPI T 489

10. การดูดซึมน้ำ (water absorption) หมายถึง ปริมาณของน้ำเป็นกรัมที่กระดาษ ซึ่งมีพื้นที่ 1 ตารางเมตร สามารถดูดซึมได้ภายในเวลาที่กำหนดไว้ ค่านี้จะบอกถึงของเหลวที่ใช้กับกระดาษ เช่น น้ำ กาวเหลว หมึกพิมพ์ จะซึมเข้าไปในเนื้อกระดาษได้มากน้อยเพียงไร วิธีการที่ทดสอบเรียกว่า "คอบบ์ เทส" (Cobb test) และใช้เครื่องมือ (Cobb sizing tester มาตรฐานที่ใช้ได้แก่ ISO 535 และ ASTM D 2045

11. การดูดซึมน้ำของกระดาษทำลูกฟูก (water absorption of corrugating medium) หมายถึง เวลาที่กระดาษจะดูดซึมน้ำปริมาตร 0.05 ลูกบาศก์เซนติเมตรได้หมด มีหน่วยเป็นวินาที ค่านี้จะบอกถึงความสามารถในการดูดซึมน้ำของกระดาษทำลูกฟูก อุปกรณ์ที่ใช้คือ บุเร็ต และนาฬิกาจับเวลา วิธีการทดสอบใช้มาตรฐาน มอก.321

12. การต้านแรงกดลอนลูกฟูกของกระดาษทำลูกฟูก (flat crush resistance of corrugating medium) อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "concora medium test" หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงกดบนลอนลูกฟูกจนลอนลูกฟูกนั้นยุบลงจนแบน มีหน่วยเป็นนิวตัน หรือกิโลกรัมแรง

เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องทำลอนลูกฟูก (medium fluter) และเครื่องกด (cursh tester) วิธีการทดสอบใช้มาตรฐาน มอก.321 , ASTM D 2806 และ TAPPI T 809

13. การต้านแรงกดวงแหวน (ring crush resistance) หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงที่มากดในแนวระนาบกับกระดาษจนขอบหักพับ มีหน่วยเป็นนิวตันหรือกิโลกรัมแรง ค่านี้มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงในการเรียงซ้อนของกล่องกระดาษและถังกระดาษ เครื่องมือที่ใช้ คือ เครื่องกด (crush tester) และที่จับชิ้นทดสอบ (ring crush holder) มาตรฐานที่ใช้ทดสอบคือ มอก.321 และ TAPPI T 427

14. ความต้านแรงดันทะลุ (bursting strength) หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงดันที่กระทำบนชิ้นทดสอบด้วยอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ จนทำให้ชิ้นทดสอบนั้นขาด มีหน่วยเป็นกิโลปาสกาล (kPa) หรือกิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร (kgf/cm2) คุณสมบัตินี้มีความสัมพันธ์กับการต้านแรงดึงขาด และการต้านแรงฉีกขาด เครื่องมือที่ใช้คือ Mullen tester มาตรฐานที่ใช้ได้แก่ มอก. 550 , ISO 2759, ASTM D 774, ASTM D 2738, TPPI T 403 และ TAPPI T 810

15. ความต้านแรงทิ่มทะลุ (puncture resistance) ความสามารถของแผ่นกระดาษลูกฟูกที่จะต้านแรงทิ่มทะลุ มีหน่วยเป็นจูล (J) คุณสมบัตินี้มีความสัมพันธ์กับความเหนียว และการต้านแรงฉีกขาดของแผ่นกระดาษลูกฟูก เพราะเป็นค่าของความต้านทานต่อช็อคทางกล (mechanical shock) จากภายนอกโดยตรง นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงในการเรียงซ้อนของกล่องกระดาษลูกฟูกมากกว่าค่าความต้านแรงดันทะลุ เครื่องมือที่ใช้คือ puncture tester มาตรฐานที่ใช้คือ มอก. 550, ISO 3036, ASTM D 781 และ TAPPI T 803

16. การต้านแรงกดตามแนวตั้ง (edgewise crush resistance) หมายถึง ความสามารถของแผ่นกระดาษลูกฟูกที่จะต้านแรงอัดเมื่อกระทำในทิศทางเดียวกับลูกฟูก (แนวตั้ง) จนกระทั่งชิ้นทดสอบหักหรือยุบตัว มีหน่วยเป็นนิวตันต่อเมตร การทดสอบนี้มีความสำคัญต่อแผ่นกระดาษลูกฟูกมาก เพราะเป็นค่าที่บอกถึงความแข็งแรงของแผ่นกระดาษลูกฟูก ซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับความแข็งแรงในการเรียงซ้อนของกล่องกระดาษลูกฟูก หรือค่าการรับแรงกดของกล่องนั่นเอง เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องกด (crush tester) มาตรฐานที่ใช้ ได้แก่ ISO 3037

17. การต้านแรงกดลอนลูกฟูก (flat crush resistance) หมายถึง ความสามารถของลูกฟูกในแผ่นกระดาษลูกฟูกที่จะต้านแรงกดบนลอนลูกฟูกในแนวราบจนลอนเสียรูป มีหน่วยเป็นความดัน คือ กิโลปาสกาล (kPa) ค่าที่ได้มีความสัมพันธ์กับความหนาของแผ่นกระดาษลูกฟูก และความสามารถในการป้องกันการกระแทก (cushioing ability) ของกล่องกระดาษลูกฟูก เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องกด และเครื่องตัดชิ้นทดสอบให้เป็นวงกลม มาตรฐานที่ใช้ได้แก่ ISO 3035, ASTM D 1225 และ TAPPI T 808 (ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย. 2534 : 43-48)

2.6 การพัฒนาผลิตภัณฑ์

สิ่งใดก็ตามที่ถูกสร้างสรรค์ขึ้นโดยมนุษย์ ย่อมมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านรูปแบบและวิธีสร้าง ทั้งนี้เนื่องจากมนุษย์มีการพัฒนาทางด้านสติปัญญา และมีวิวัฒนาการทางด้านการผลิตอันเป็นผลมาจาการเรียนรู้ ทักษะ และความชำนาญ การพัฒนาทางด้านสติปัญญาทำให้รู้จักสร้างสรรค์ ดัดแปลง แต่ง ต่อ เติม เพิ่ม ลด รูปแบบให้สอดคล้องกับความต้องการทั้งทางด้านการใช้สอย และความงาม

การพัฒนารูปแบบ เพื่อเป็นการปรับปรุงรูปแบบของผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงและความต้องการของตลาด โดยคำนึงถึงความสวยงามในชิ้นงานที่ติดออกมาแต่ละครั้ง และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทั้งด้านรูปแบบและการผลิต เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดทั้งตลาดในประเทศและตลาดต่างประเทศ ช่วยเพิ่มช่องทางการจำหน่าย เพราะในปัจจุบันสินค้าประเภทประสบปัญหาการผลิตจำหน่ายไม่ได้ ซึ่งเป็นผลมาจากขาดการพัฒนาด้านรูปแบบผลิตภัณฑ์และตลาดรองรับจำกัดอยู่ภายในท้องถิ่น (สาคร คันธโชติ, 2528 : 23.)

2.6.1 ความหมายของการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ได้มีผู้ให้ความหมายไว้หลายความหมาย อาทิเช่น

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ หมายถึง สิ่งที่มนุษย์ค้นคว้า ออกแบบ ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกสบายในการดำรงชีพ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ หมายถึง กระบวนการค้นคว้า คิดออกแบบ แก้ไขและปรับปรุงเพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้น

2.6.2 **รูปแบบการพัฒนาผลิตภัณฑ์**

รูปแบบการพัฒนาผลิตภัณฑ์มี 3 วิธี (สาคร คันธโชติ, 2528:26)

1. Imitation หมายถึง การนำผลิตภัณฑ์ใหม่ออกสูตลาด โดยผลิตภัณฑ์ที่นำออกใหม่นี้มีความคล้ายคลึงกับผลิตภัณฑ์ที่วางขายอยู่ในตลาด

2. Adaptation หมายถึง การพัฒนาปรับปรุงผลิตภัณฑ์เดิมที่วางขายอยู่ในตลาดแล้วให้มีคุณภาพดีขึ้น เพิ่มความสะดวกสบายในการใช้

3. Innovation คือ การประดิษฐ์คิดค้นผลิตภัณฑ์ใหม่ขึ้นมา แล้วนำออกสู่ตลาดครั้งแรก

2.6.3 **ขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ มีดังนี้**

(1) การแสวงหาความคิดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ใหม่ (Exploration) เป็นการเริ่มต้นที่จะมีการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ จะต้องแสวงหาแนวความคิดสร้างสรรค์ใหม่ ๆ จากแหล่งต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกกิจการ

(2) การกลั่นกรองแนวความคิด (Idea Screening) การระดมแนวความคิดใหม่ ๆ ย่อมมีทั้งแนวความคิดที่เหมาะสม และไม่เหมาะสมกับกิจการ เหมาะสมกับทรัพยากรของกิจการหรือไม่ เหมาะสมกับภาพพจน์ของกิจการหรือไม่ เหมาะสมกับกาลเวลาที่จะเกิดการยอมรับจากตลาดหรือไม่ กิจการจะต้องนำความคิดเหล่านั้นมากลั่นกรองเลือกโดยพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง คัดเลือกแต่แนวความคิดที่เหมาะสมกับสภาพกิจการ สภาพสิ่งแวดล้อมและเหมาะสมกับยุคสมัย

(3) การวิเคราะห์เชิงธุรกิจ (Bussiness Analysis) จะต้องนำความคิดที่กลั่นกรองว่าเหมาะสมแล้ว มาพิจารณาเปรียบเทียบในเรื่องอุปสงค์ของตลาด มีขนาดหรือปริมาณเพียงพอที่จะลงทุนผลิตออกจำหน่ายได้หรือไม่ จะทำรายได้ให้มากน้อย ผลกำไรที่คาดว่าจะได้รับ สภาพการแข่งขันในตลาด ข้อจำกัดสำหรับผลิตภัณฑ์จากสภาพสังคม เศรษฐกิจ หรือกฎหมาย เป็นการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ

(4) การพัฒนาด้านเทคนิค (Technical Development) เมื่อพิจารณาความเป็นไปได้ของโครงการผลิตภัณฑ์ใหม่ตามแนวความคิดที่เลือกสรรมาแล้ว จะต้องมาผ่านด่านสำคัญอีกด่านหนึ่งคือการวิจัยในด้านความเป็นไปได้ ที่จะผลิตออกจำหน่ายได้ด้วยต้นทุนที่เหมะสม เป็นการวิจัยด้านห้องปฏิบัติการเพื่อผลิตต้นแบบของผลิตภัณฑ์วิจัยเพื่อหากรรมวิธีการผลิต การเลือกใช้วัตถุดิบที่เหมาะสม การออกแบบตรวจสอบ การทดสอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ผลิตขึ้น ในขั้นตอนนี้ แนวความคิดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ใหม่หลาย ๆ ความคิด ไม่อาจจะหาวิธีผลิตได้ด้วยต้นทุนที่เหมาะสม ต้องล้มเลิกโครงการไป และอาจมีหลายแนวความคิดที่ต้องใช้ระยะเวลายาวนานในการวิจัยค้นคว้าเพื่อผลิตให้ได้

(5) การทดสอบตลาด (Market Testing) เมื่อทดสอบคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ต้นแบบจนเป็นที่พอใจแล้ว จะนำผลิตภัณฑ์ส่วนหนึ่งไปทดสอบในตลาด เพื่อศึกษาปฏิกิริยาจากกลุ่มตลาดเป้าหมาย เป็นการเรียนรู้พฤติกรรมการซื้อ พฤติกรรมการใช้ ตลอดจนการยอมรับหรือไม่ยอมรับของกลุ่มตลาดเป้าหมาย เพื่อดำเนินการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมกับความต้องการของตลาด

(6) การวางตลาดผลิตภัณฑ์ใหม่ (Commercialization) หลังจากทดสอบตลาดแล้ว ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแล้วจะมาถึงขั้นตอนสุดท้ายในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คือนำสินค้าออกสู่ตลาด ซึ่งต้องการการวางแผนในการปฏิบัติกิจกรรมทางการตลาดที่รอบคอบ ทั้งการเตรียมการผลิต การเตรียมสินค้าให้เพียงพอ การจัด Marketing Mix ที่เหมาะสม การเลือกตลาดที่ถูกต้องและเลือกเวลาที่จะวางตลาดได้ถูกต้อง การวางแผนปฏิบัติการเหล่านี้ ล้วนต้องการข้อมูลที่สมบูรณ์มาประกอบการตัดสินใจเลือกรายละเอียดของแผนปฏิบัติการนี้

2.7 ผลิตภัณฑ์กระดาษ

ผลิตภัณฑ์ที่ปรากฏอยู่ในท้องตลาดปัจจุบัน เป็นผลิตภัณฑ์กระดาษสาเสียเป็นส่วนใหญ่ และจากการสำรวจตลาด พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีการจำหน่ายสูงได้แค่ ตุ๊กตาโมบาย กล่องใส่ของ การ์ดอวยพร โคมไฟ เป็นต้น ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพสูงซึ่งจะเป็นที่นิยมของตลาดต่อไปในอนาคต ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระดาษสา กระดาษเขียนจดหมาย กระดาษสาบาติก และดอกไม้ประดิษฐ์จากกระดาษสา เป็นต้น (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และภาคเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย,ม.ป.ป. : 5-3) จากข้อมูลนำเข้ากระดาษสาปี 2531 พบว่า มีการนำเข้าในหลายลักษณะดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 กระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษนำเข้า ปี 2531

รายการ	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)
บัตรอวยพรทำด้วยกระดาษ	6,818	3,897,212
บัตรอวยพรเสียงดนตรี	1,000	423,770
กระดาษห่อของ	6,586	418,595
กางเกงชั้นในทำจากเยื่อยกระดาษ	7,554	1,238,192
พัดทำด้วยกระดาษ	10,170	638,550
กระดาษพันก้านดอกไม้ประดิษฐ์	16,074	3,382,826
กระดาษกึ่งสำเร็จรูปที่ใช้ทำทีปิดปาก	3,424	940,670
แผ่นกรองทำด้วยเยื่อกระดาษ	30,624	323,766
กระดาษเช็ดเลนส์	250	32,943

ที่มา : กรมศุลกากร

ได้มีการทดลองผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจากกระดาษสา จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ในหลายลักษณะดังนี้ กระดาษห่อของขวัญ กระดาษพิมพ์นามบัตร กระดาษเขียน จดหมายพร้อมซองการ์ดอวยพร เครื่องแขวนประดับฝาผนัง กล่องบรรจุของ ครุภัณฑ์ด้วยกระดาษสา ตุ๊กตารูปสัตว์ ภาพประดับฝาผนัง พัดกระดาษดอกไ ม้และผลไม้เบาะรองนั่ง

2.8 งานวิจัยเกี่ยวกับเยื่อและกระดาษ

วิชัย หฤทัยธนาสันต์ (2537) ได้เสนอลู่ทางการผลิตผลิตภัณฑ์ จากข้าวว่า สามารถนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาช่วยในงานวิจัยและการพัฒนาการผลิตข้าว ทั้งที่เป็นประโยชน์โดยตรงที่เป็นผลิตภัณฑ์อาหารและไม่ใช้ยา ตลอดจนการใช้ประโยชน์ทางอ้อม เช่น การเป็นแหล่งพลังงานเสริมจากแกลบและเป็นแหล่งของเยื่อกระดาษจากฟางข้าว

หรรษา ปุณณะพยัคฆ์ (2539) ได้ศึกษาการฟอกเยื่อกระดาษ โดยวิธีการทางชีวภาพพบว่าในปัจจุบันได้มีผู้สนใจฟอกเยื่อกระดาษโดยวิธีทางชีวภาพมากขึ้นทั้งนี้เพื่อลดปัญหาการเกิดน้ำเสียที่เกิดจากการใช้กรรมวิธีทางเคมี สำหรับในประเทศไทย ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และบริษัทเยื่อกระดาษสยาม ได้ทำการวิจัยถึงการฟอกเยื่อยูคาลิปตัสและชานอ้อย ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ โดยใช้เชื้อ white rots ซึ่งมีผลให้ค่า brightness หรือความขาวสว่างของเยื่อ มีค่าสูงขึ้น ค่า Kappa number ของลิกนิน ลดลงและช่วยให้น้ำทิ้งจากโรงงานมีคุณภาพดีขึ้น

พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล และคณะ (2539) ได้ศึกษาการผลิตเยื่อเคมีจากปอแก้ว ด้วยวิธีโซดาออกซิเจน พบว่าสภาวะที่เหมาะของเยื่อกระดาษจากปอแก้วพันธุ์โนนสูง 2 และพันธุ์คิวบา เอ ด้วยวิธีโซดาออกซิเจน 2 ขั้นตอน คือ ต้มด้วยโซดาก่อนโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 18% ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วนำเยื่อกระดาษที่ได้มาต้มต่อด้วยโซดาออกซิเจน โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4% และแมกนีเซียมออกไซด์ 0.6% ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ความดันออกซิเจน 7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 1.30 ชั่วโมง สามารถผลิตได้เยื่อกระดาษที่มีค่า Kappa อยู่ระหว่าง 30-40 และปริมาณเยื่อร้อยละ 40-50 และมีความขาวสว่างมากกว่าเยื่อคราฟท์และเยื่อโซดา

สุพจน์ ใช้เทียมวงศ์ (2528) ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับการผลิตเยื่อกระดาษ โดยกรรมวิธีหมักจากฟางข้าว พบว่าเชื้อจุลลินทรีย์ ในขบวนการหมักให้เกิดแกสชีวภาพ ภายใต้สภาวะที่ปราศจากแกสอ๊อกซิเจน และอยู่ในสภาพนิ่งทำให้เกิดการย่อยสลายส่วนต่าง ๆ ที่ไม่ใช่เส้นใยเซลลูโลสของ

ฟางข้าว และสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบ ในการผลิตกระดาษได้ ถึงร้อยละ 90.5 ด้วยระยะเวลาการหมัก 20 วัน งานวิจัยนี้เป็นประโยชน์มาก ต่อโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระดาษด้วยมือในครอบครัวที่ใช้หญ้า ฟาง ชานอ้อย และผักตบชวา หากใช้กระบวนการเตรียมเยื่อโดยวิธีเคมิเกิล และเซมิเคมิเกิลจะทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการต้มเยื่อนานมาก เพราะพืชต่าง ๆ เหล่านี้กว่าจะสลายตัวเป็นเยื่อกระดาษจะใช้เวลาต้ม ประมาณ 6-8 ชั่วโมง ดังนั้นหากนำไปหมัก โดยวิธีการหมักให้เกิดแกสชีวภาพก่อนภายในเวลา 20 วัน แล้วนำออกมาเตรียมทำเยื่อกระดาษจะใช้เวลาต้มเพียง 30 นาที เป็นการประหยัดเชื้อเพลิงและสารละลายด่างในการต้มเป็นอย่างมากผลพลอยได้อีกประการหนึ่งก็คือสามารถนำเอาแกสชีวภาพที่ได้จากการหมักเยื่อมาใช้ต้มเยื่อ หรือใช้ในการหุงต้มในบ้านก็ยิ่งจะทำให้เกิดประโยชน์อย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า เยื่อกระดาษหมัก (Fermented Pulp) เพื่อให้แตกต่างจากการผลิตเยื่อโดยวิธีทางเคมีชนิดอื่น

ฉลอง เอี่ยมอาทร (2528) วิจัยทดลองโดยนำกกกระจูดมาทำกระดาษ โดยใช้กรรมวิธี และเครื่องมือเดียวกับการผลิตกระดาษสา ด้วยมือทุกประการ ผลการทดลองทำกระดาษจากกกกระจูดได้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่เนื้อกระดาษจากกกกระจูดค่อนข้างยุ่ยง่าย ควรนำมาพัฒนาโดยการนำเส้นใยของเยื่อที่มีความเหนียวผสมเข้าไปจะช่วยให้เนื้อกระดาษมีความเหนียวมากขึ้นนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์หัตถกรรม ใช้ประโยชน์ในการห่อของ ทำบัตรอำนวยพร นามบัตร ต่าง ๆ พิมพ์ลวดลายทำกระดาษห่อของขวัญ เป็นต้น มีข้อเสนอแนะอีกว่าควรทำวิจัยเชิงทดลองลักษณะเดียวกันนี้กับกกชนิดอื่น เช่น กกจันทบูรณ์ และกกยูนนาน เพื่อจะได้เกิดผลิตภัณฑ์ กระดาษชนิดใหม่ ๆ เป็นทางเลือกของนักออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจะได้เลือกไปใช้และส่งเสริมต่อไป

ฉลอง เอี่ยมอาทร (2533) ได้วิจัยการทำกระดาษจากผักตบชวาโดยใช้วิธีการ และเครื่องมือชนิดเดียวกับที่ใช้ทำกระดาษสาด้วยมือทุกประการ พบว่าเยื่อของผักตบชวาเป็นเยื่อชนิดเส้นใยสั้นเล็กและละเอียด กระดาษที่ได้ มีลักษณะเนื้อแน่นกว่ากระดาษสาเล็กน้อย มีความเหนียวน้อยกว่ากระดาษสา สามารถนำไปใช้งานได้กว้างขวางพอ ๆ กับกระดาษสา แต่ปริมาณของเยื่อที่ได้จากผักตบชวาต่ำมากเพียงร้อยละ 10 - 20 เท่านั้น และได้เสนอแนวคิดว่าควรนำเอาเยื่อของผักตบชวาไปผสมกับเยื่อของสา โดยใช้อัตราส่วนเยื่อสา ต่อเยื่อผักตบชวาคิดเป็น 80 ต่อ 20 จะได้กระดาษชนิด

บางพิเศษเพราะเยื่อของผักตบชวาจะเข้าไปทำหน้าที่อุดรูพรุนต่าง ๆ ของเยื่อเส้นใยยาว เช่น เยื่อสา จึงทำให้กระดาษมีเนื้อแน่น คุณภาพดีขายได้ราคาแพง และเป็นการลดการใช้เยื่อสาลง หรือเป็นทางเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากเส้นใยธรรมชาติชนิดใหม่ แก่นักออกแบบทั้งหลาย เพื่อนำไปประดิษฐ์เป็นสินค้าต่าง ๆ ได้อย่างน่าสนใจ

บุญทอง ภู่เจริญ , ชยันต์ หิรัญพันธ์ และถาวร รัตนา (2530) ได้ศึกษาวิจัยด้านความขาวและการกระจายตัวของเยื่อ โดยกำหนดความต้องการว่าต้องใช้สารเคมีในการต้มเยื่อให้น้อยที่สุด และไม่ใช้สารเคมีการฟอกขาวเพื่อป้องกันการเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และเปื่อยยุ่ย เมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน ๆ ทั้งนี้ จุดประสงค์ของการวิจัยนี้ก็ เพื่อจะนำกระดาษสาที่ใช้สารเคมีน้อยที่สุด ไปใช้ในการปะซุนซ่อมแซมสมุดหนังสือ และเอกสารโบราณในสำนักจดหมายเหตุต่าง ๆ ให้คงสภาพดีดังเดิม เนื่องจากกระดาษสา มีคุณสมบัติที่ดี ในด้านความคงทนต่อมอดแมลงรบกวน ทนทานนานหลายร้อยปี โดยไม่เปื่อยยุ่ย จากการวิจัยพบว่า ด้านความขาวใช้ความเข้มข้นของด่างที่ต่างกัน เริ่มจาก 75, 84, 100, 112 และ 150 กรัม ต่อน้ำ 10 ลิตร มาทำการต้มเยื่อในเวลา 6 ชั่วโมงเท่ากัน ไม่ทำให้สีของกระดาษสาที่ได้แตกต่างกันมากนักจากการเปรียบเทียบความขาวจะมีคะแนนอยู่ในระดับ 3.5 ถึง 4 โดยส่วนใหญ่จะมีระดับ 4 ส่วนด้านการกระจายตัว ของเยื่อกระดาษพบว่า ความเข้มข้นของด่างที่ใช้อยู่ระหว่าง 84 - 100 กรัม ต่อน้ำ 10 ลิตร เวลาต้ม 6 ชั่วโมง จะได้เยื่อที่มีการกระจายตัวได้ดีที่สุด ยังพบอีกว่าวิธีการทำให้กระดาษขาวขึ้นโดยไม่ต้องใช้สารเคมีฟอกขาวเพียงแต่นำเยื่อที่ผ่านการบดให้เยื่อละเอียดนำมาต้มในน้ำเดือดใช้เวลา 14 นาที ทำให้เยื่อขาวขึ้นโดยไม่ต้องใช้คลอรีนผงในการฟอกขาว

ชุมพร ถาวร (2541) ได้ทำวิจัย การทำกระดาษความขาวต่ำ จากฟางข้าวโดยวิธีกึ่งเคมี ซึ่งมีวัตถุประสงค์ คือ ทดลองทำกระดาษความขาวต่ำจากฟางข้าวโดยวิธีกึ่งเคมีโดยมีตัวแปรต้น คือ น้ำหนักลูกบิดชนิดโลหะแปรค่า 1,500 , 2,000 และ 2,500 กรัม เพื่อบดฟางข้าวแห้ง สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่นำมาย่อยสลายฟางข้าวหลังบด มีความเข้มข้น ร้อยละ 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ และสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ร้อยละ 35 ผลการทดลองปรากฏว่าน้ำหนักลูกบดและความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ไม่มีผลต่อคุณภาพของกระดาษในด้านที่ทำการทดสอบ มีความขาวสว่าง ความหนา การต้านแรงดึงและการดูดซึมน้ำของ

กระดาษ คุณภาพของกระดาษที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม ได้แก่ ด้านความหนาและด้านแรงดึงขนานเครื่อง ส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ได้แก่ ค่าความขาวสว่าง และการดูดซึมน้ำของกระดาษ ส่วนคุณภาพน้ำทิ้งจากกระบวนการทำกระดาษในด้านกายภาพที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน คือ สีและกลิ่นของน้ำ ส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ คือ ค่าความขุ่น และการนำไฟฟ้า ส่วนด้านเคมีผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด คือ ค่าพีเอช ค่าบีโอดี ค่าซีเอดี และค่าดีโอ

เจษฎา สุวรรณ (2535) ได้ศึกษาอัตราส่วน ที่เหมาะสม ระหว่างเยื่อสา กับเยื่อชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมหรือลดปริมาณการใช้เยื่อสาในการผลิตกระดาษในภาคเหนือ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง เยื่อสากับเยื่อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิตกระดาษ การวิจัยแบ่งออกได้เป็นสองตอนได้แก่ ตอนที่หนึ่ง การคัดเลือกเยื่อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นรวม 4 ชนิด คือ กกยูนนาน ใบสับปะรด ผักตบชวา และฟางข้าว กลุ่มตัวอย่างได้แก่ กระดาษที่ผลิตจากพืชชนิดเส้นใยสั้นรวม 4 ชนิด วิธีดำเนินการวิจัยเริ่มจากการนำวัตถุดิบจากเยื่อชนิดเส้นใยสั้นมาทำให้เป็นแผ่นกระดาษผลการคัดเลือกเยื่อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุด คือ เยื่อฟางข้าว สำหรับตอนที่สอง การผลิตกระดาษสาชนิดผสมจาก เยื่อสา กับเยื่อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม การวิจัยแบ่งออกได้เป็นสองส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง การสร้างเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ กระดาษสาที่ผลิตด้วยมือจากการสุ่มตัวอย่างใน 4 จังหวัด ภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำปาง และจังหวัดพะเยา วิธีดำเนินการวิจัยเริ่มจากการนำตัวอย่างกระดาษสามาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เพื่อกำหนดเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ส่วนที่สองการผลิตกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อฟางข้าว กลุ่มตัวอย่างได้แก่ กระดาษสาชนิดผสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อฟางข้าว จำนวน 16 ส่วนผสม วิธีดำเนินการวิจัยเริ่มจากการนำวัตถุดิบได้แก่ เยื่อสา และเยื่อฟางข้าว มาผสมกันตามอัตราส่วนที่กำหนด นำส่วนผสมของเยื่อทั้งสองชนิดมาทำให้เป็นแผ่นกระดาษ จากนั้นทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษ ผลการวิจัยพบว่า กระดาษสาชนิดผสมทั้ง 16 อัตราส่วน มีคุณสมบัติทางภายภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสา และอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของการใช้เยื่อสา ผสมกับเยื่อฟางข้าว โดยใช้เยื่อสาระหว่างร้อยละ 40-70 ของเยื่อฟางข้าว

สิทธิศานต์ วชิรานุภาพ (2542) ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อจากต้นธูปฤาษีด้วยกระบวนการซัลเฟต โดยกำหนดปริมาณสารเคมีที่ใช้ระยะเวลาในการต้มที่เหมาะสม และทดลองการฟอกเยื่อธูปฤาษีแบบปราศจากธาตุคลอรีนในแบบ D_1-E_1-D_2 สภาวะที่เหมาะสมในการต้มเยื่อ จากธูปฤาษีในกระบวนการต้มเยื่อซัลเฟตที่ระดับ efective alkali ร้อยละ 25 และ sulfidity ร้อยละ 20 ที่ระยะเวลาในการต้ม 2 ชั่วโมง โดยให้ผลผลิตเยื่อยร้อยละ 36.4 ของน้ำหนักธูปฤาษีอบแห้ง ดัชนีความต้านแรงดึง 68.2 กิโลนิวตัน.เมตร/กิโลกรัม ดัชนีความต้นแรงฉีกขาด 6.60 นิวตัน.ตารางเมตร/กิโลกรัม และดัชนีความต้านแรงดันทะลุ 4.41 กิโลปาสคาล.ตารางเมตร/กรัม เพราะมีคาดัชนีความต้านแรงดึงค่าดัชนีความต้านแรงฉีกขาดและดัชนีความต้านแรงดันทะลุสูงสุด ซึ่งสามารถนำไปทำกระดาษที่ไม่ฟอกขาวได้ดี

สภาวะที่เหมาะสมในการฟอกเยื่อ สภาวะที่เหมาะสมในการฟอกเยื่อธูปฤาษีให้ขาวใช้เยื่อที่ได้จากกระบวนการต้มเยื่อซัลเฟตที่ระดับ effective alkali ร้อยละ 25 และ sulfidity ร้อยละ 30 ที่ระยะเวลาในการต้ม 2 ชั่วโมงเพราะมีค่า kappa number ต่ำเท่ากับ 22.6 เวลาที่ใช้เหมาะสมในการฟอกเยื่อแบบปราศจากธาตุคลอรีนโดยทำการฟอก 3 ขั้นตอนแบบ D_1-E_p-D_2 ความขาวสว่างของเยื่อฟอกที่ได้เท่ากับร้อยละ 75.0 ซึ่งสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษพิมพ์และเขียนมอก 287-2533

อรุณรุ่ง ใจกลม (2539) ได้ศึกษาการผลิตเยื่อกระดาษจากจันทบูรณ์ โดยทดลองในห้องปฏิบัติการ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของส่วนต่าง ๆ ของลำต้นกกจันทบูรณ์ หาปริมาณโซดาไฟที่จะใช้ในขั้นตอนการต้มเยื่อ และปริมาณคลอรีนที่จะใช้ในขั้นตอนการฟอกเยื่อ จากการศึกษาพบว่า ส่วนของทั้งลำต้นกกจันทบูรณ์เหมาะสมที่จะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ โดยใช้โซดาไฟร้อยละ 10 ของน้ำหนักวัตถุดิบแห้ง และคลอรีนร้อยละ 12 ของน้ำหนักเยื่อแห้ง

การทดลองการผลิตในระดับหัตถอุตสาหกรรมในครัวเรือน เพื่อเปรียบเทียบการผลิตเยื่อกระดาษจากกกจันทบูรณ์ และเยื่อกระดาษจากปอกระสา โดยเปรียบเทียบปัจจัยที่ใช้ในการผลิต ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิต สมบัติทางกายภาพของเยื่อ และคุณภาพน้ำทิ้งหลังกระบวนการผลิต ผลพบว่าการผลิตเยื่อกระดาษจากกกจันทบูรณ์ ใช้ปัจจัยการผลิตส่วนใหญ่น้อย การผลิตเยื่อกระดาษจาก

ปอกระสา (ใช้เวลาน้อยกว่า 25.22 ชั่วโมง/แรงงาน 2 คน ปริมาณน้ำน้อยกว่า 441 ลิตร และปริมาณเชื้อเพลิงน้อยกว่า 41.26 กิโลกรัม) แต่ใช้สารเคมีมากกว่าการผลิตเยื่อกระดาษจากปอกระสา 0.6 กิโลกรัม จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเยื่อกกจันทบูรณ์ คือ ความต้านแรงฉีกขาดสูงสุดของแผ่นเยื่อ ความต้านแรงดันทะลุของแผ่นเยื่อ และความต้านแรงดึงของแผ่นเยื่อ พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 เมื่อเปรียบเทียบกับเยื่อปอกระสาโดยเยื่อกกจันทบูรณ์มีสมบัติทางกายภาพต่ำกว่า ดังนั้นในการช้อนเยื่อกกจันทบูรณ์เพื่อขึ้นแผ่นแต่ละครั้งจึงใช้ปริมาณเยื่อมากกว่าเยื่อปอกระสาเพื่อเพิ่มสมบัติทางกายภาพดังกล่าว และลดปัญหาการฉีกขาดระหว่างขั้นตอนการลอกแผ่น ดังนั้นที่น้ำหนักวัตถุดิบเท่ากัน (10 กิโลกรัมแห้ง) สามารถผลิตเยื่อกระดาษจากกกจันทบูรณ์ได้ 200 แผ่น ในขณะที่สามารถผลิตเยื่อปอกระสาได้ 336 แผ่น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตเยื่อกกจันทบูรณ์ต่อแผ่นสูงกว่าการผลิตเยื่อปอกระสา 11.76 % ถึงแม้ว่าค่าใช้จ่ายโดยรวมจะต่ำกว่าก็ตาม

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต พบว่าน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษจากกกจันทบูรณ์มีค่า BOD และ COD น้อยกว่าน้ำทิ้ง จากการผลิตเยื่อกระดาษจากปอกระสาเท่ากับ 3,208 และ 1}059 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ

วันทนี สาตราคม, นิโลบล เดชาติวงศ์ และรุ่งอรุณ ศิริรพันธุ์ (2526) ได้ศึกษาวิธีผลิตกระดาษจากเยื่อสาที่มีอายุ 1, 2 และ 3 ปี เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเยื่อกระดาษที่ผลิตด้วยวิธีเซมิเคมิคัลโดยใช้ส่วนที่เป็นเปลือกสาล้วน ๆ ส่วนที่เป็นเนื้อไม้สาล้วน ๆ และใช้ทั้งต้นกับเปลือกของสาปนกัน ผลการทดลองพบว่า สาที่มีอายุ 3 ปี ให้ปริมาณของเยื่อสูงสุด เยื่อสาที่มีอายุได้ 2 ปี มีคุณภาพดีที่สุดปริมาณ และคุณภาพของเยื่อที่ผลิตจากสาทั้งต้น และส่วนที่เป็นเนื้อไม้ล้วน ๆ แตกต่างกันเล็กน้อย เยื่อที่ผลิตจากเปลือกสามีความเนียวมากโดยเฉพาะการต้านทางแรงฉีกขาดสูงมาก อาจเหมาะสมสำหรับการทำกระดาษบางชนิดพิเศษได้ และจาการทดลองยังพบว่าเยื่อสาที่มีอายุน้อยเมื่อฟอกเยื่อแล้ว จะมีความขาวสูงกว่าเยื่อสาที่มีอายุมาก

กลุ่มวิจัยและพัฒนา 3 (2530) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การนำผักตบชวามาใช้เป็นเยื่อกระดาษในเชิงหัตถกรรม พบว่าเมื่อนำผักตบชวาต้มโดยใช้สารละลายโซดาไฟ ความเข้มข้น 40 กรัม/ลิตร ต้ม

นาน 2 ชั่วโมง จะได้ผลผลิตเยื่อร้อยละ 53 ของน้ำหนักอบแห้ง เมื่อนำไปฟอกโดยใช้สารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ เวลา 4 ชั่วโมง ได้กระดาษที่มีความขาวสว่าง ร้อยละ 53 เยื่อผักตบชวาที่ได้มีค่าความต้านทานแรงฉีกขาดต่ำมาก กระดาษจะเกิดการฉีกขาดในขณะลอกออกจากตะแกรง ทำให้แผ่นที่ได้ไม่สมบูรณ์ กระดาษจะมีเนื้อกระด้าง สากมือ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการนำเยื่อผักตบชวาไปทำกระดาษหัตถกรรม ทำให้กระดาษผักตบชวามีข้อจำกัดในการนำไปใช้งานทั้งทางเชิงศิลปะ และการใช้งานอื่น ๆ ที่ต้องรับแรง ต้นทุนในการผลิตกระดาษผักตบชวา 1.20 บาท/แผ่น ซึ่งมีราคาต่ำ แต่มีปัญหาคือคุณภาพต่ำจึงไม่มีตลาดรองรับ

อนุชาติ มาธนะสารวุฒิ (2532) การศึกษาคุณภาพของชุดผ่าตัดที่ทำด้วยกระดาษสาที่คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยมีจุดประสงค์ที่จะสร้างชุดผ่าตัดชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง (Disposable) มีประโยชน์มากเพราะไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซักรีดทำความสะอาด และที่สำคัญไม่มีการเสี่ยงในการติดเชื้อในกลุ่มเจ้าหน้าที่ทำความสะอาดซักรีดทำให้ควบคุมโรคติดเชื้อได้ง่าย สะดวกและปลอดภัย ผลการวิจัยพบว่า มีความเหมาะสมสำหรับการผ่าตัดเล็ก ๆ ได้ดีมาก เพราะใส่สบาย ไม่ร้อนเบา ป้องกันการติดเชื้อได้เด็ดขาด แต่ไม่ควรใช้ทำการผ่าตัดใหญ่ เช่น การผ่าตัดช่องท้องเพราะจะเปื่อยเมื่อถูกน้ำเลือดนาน ๆ ควรปรับปรุงการตัดเย็บตามตะเข็บให้แข็งแรงมากกว่านี้ ใช้ทำที่คาดจมูก (Mash) ยังไม่ได้เพราะมีกลิ่น และควรย้อมสีเขียวสำหรับใช้กับห้องผ่าตัด

จากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการทำเยื่อกระดาษ และผลิตภัณฑ์กระดาษทั้งที่เป็นกระดาษที่ทำจากเยื่อฟางข้าว และเยื่อพืชชนิดอื่น ๆ นั้น พบว่ากระดาษฟางข้าวเป็นกระดาษที่สามารถนำมาใช้งานได้ อนาคตการใช้งานของกระดาษฟางข้าวน่าจะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กระดาษได้หลายรูปแบบ เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดต่อไป

บทที่ 3
การทำกระดาษจากฟางข้าว

การวิจัยส่วนนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาการผลิตกระดาษจากฟางข้าว และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากฟางข้าว มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ประชากร

ประชากร ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการวิจัยครั้งนี้ คือ ฟางข้าวเจ้า

3.2 เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

3.2.1 เครื่องมือ

(1) เครื่องชั่งไฟฟ้า (electrical balance)

(2) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

(3) เครื่องชั่งกิโลกรัม

3.2.2 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

(1) บิกเกอร์ (beaker)

(2) ขวดวัดปริมาตร (Velumetric flask)

(3) กระบอกตวง (Cylender)

(4) ปิเปต (Pipete)

(5) ช้อนตักสาร (Spatular)

(6) กรวยกรอง (Funnel)

3.2.3 สารเคมี

(1) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

(2) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

3.2.4 วัสดุอุปกรณ์

(1) อ่างตักซ้อนเยื่อ

(2) หม้อต้มเยื่อ

(3) ตะแกรง ตักช้อน

(4) ตะแกรงล้าง

(5) ถังเก็บเยื่อ

(6) ผ้าขาวบาง

(7) ไม้พาย

(8) เตาแก๊ส

(9) กรรไกร

(10) ถุงพลาสติก

3.3 วิธีการ

การผลิตกระดาษจากฟางข้าว แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ
2. การต้มเยื่อกระดาษ
3. การฟอกเยื่อกระดาษ
4. การทำแผ่นกระดาษ

โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน ดังนี้

3.3.1 **การเตรียมวัตถุดิบ**

(1) นำฟางข้าวมาคัดเลือกเอาเศษวัสดุอื่น ๆ ออกแล้วมาตัดให้มีขนาดที่ต้องการ

(2) ทำการชั่งฟางข้าว โดยชั่งให้ได้น้ำหนัก 500 กรัม จำนวน 2 ถุง เพื่อเตรียมไว้ต้มเยื่อกระดาษในขั้นต่อไป

3.3.2 **การต้มเยื่อกระดาษ**

(1) การเตรียมน้ำยาต้มเยื่อ โดยการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 2% โดยปริมาตร และ 4% โดยปริมาตร

(2) นำฟางข้าวที่ชั่งไว้จำนวน 500 กรัมลงในหม้อต้มเยื่อแล้วเติมน้ำยาต้มเยื่อ เข้มข้น 2% จำนวน 2 เท่าของน้ำหนักฟางข้าวลงไป ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 – 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และหม้อต้มเยื่ออีกหม้อ ใช้น้ำยาต้มเยื่อเข้มข้น 4%

(3) นำเยื่อฟางข้าว จากการต้มมาล้าง ด้วยน้ำสะอาดและคัดเลือกเยื่อเพื่อใช้ในขั้นตอนต่อไป

(4) แบ่งเยื่อที่ล้างร่อนเยื่อเสร็จแล้ว แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 นำไปทำตามขั้นตอนที่ 3 การฟอกเยื่อกระดาษ

ส่วนที่ 2 นำไปทำตามขั้นตอนที่ 4 การทำกระดาษ

3.3.3 **การฟอกเยื่อกระดาษ**

(1) การเตรียมน้ำยาฟอกเยื่อ โดยการเตรียมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เข้มข้น 2%

(2) ชั่งเยื่อฟางข้าว 200 กรัม ใส่ในถุงพลาสติก แล้วเติมน้ำยาฟอกเยื่อ จำนวน 2 เท่าของน้ำหนักเยื่อฟางข้าวเขย่า และปิดปากถุงให้เรียบร้อย

(3) นำไปอุ่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ โดยตั้งอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการฟอก 1 ชม.

(4) ทำการล้างเยื่อฟางข้าว เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

3.3.4 **การทำแผ่นกระดาษ**

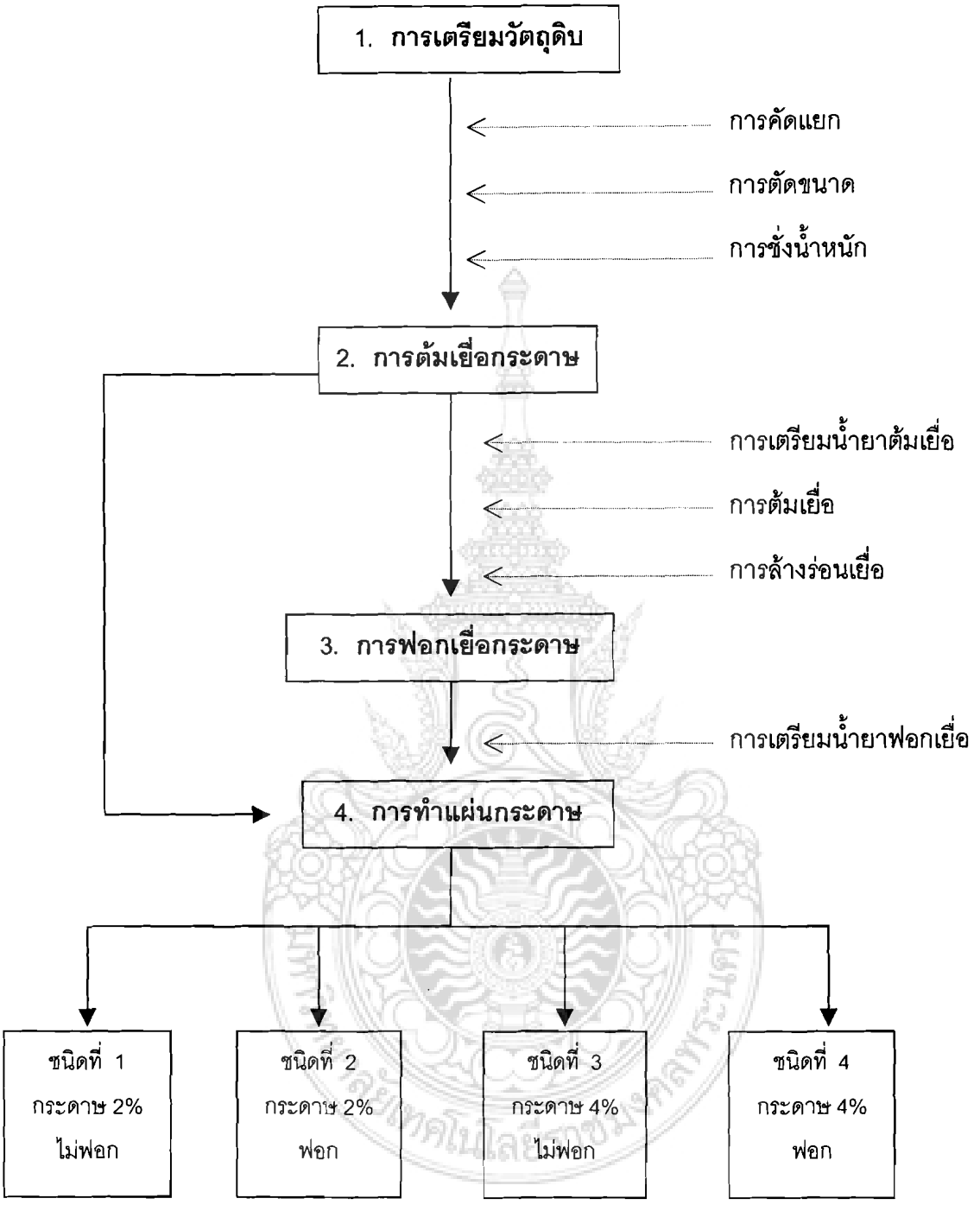
(1) นำเยื่อที่เตรียมไว้ทั้ง 4 ชนิด ทั้งฟอก 2% , 4% และไม่ฟอก 2% และ 4% ใส่ลงในอ่างช้อนเยื่อทำที่ละชนิด

(2) เติมน้ำสะอาด ลงไปในอ่างตักช้อนเยื่อ และทำการตีเยื่อ เพื่อให้เยื่อกระจายลอยตัวแขวนอยู่ในน้ำอย่างสม่ำเสมอ

(3) ใช้ตะแกรงที่เตรียมไว้ตักช้อนเยื่อโดยช้อนเยื่อเข้าหาตัว ยกตะแกรงให้สูงพ้นน้ำพร้อมทั้งเขย่าเบา ๆ ให้เยื่อกระจายตัวอย่างทั่วถึงทั้งแผ่น

(4)นำไปตากแดดให้แห้ง เมื่อกระดาษแห้งสนิทดีแล้ว ใช้นิ้วมือกรีดรอบ ๆ ตะแกรง หรือเคาะบริเวณขอบตะแกรงจะทำให้กระดาษหลุดออกจากตะแกรงได้ง่ายขึ้นจากนั้นจึงค่อย ๆ ดึงออกจนหมดทั้งแผ่น

(5) เมื่อทำแผ่นกระดาษเสร็จแล้ว จะได้กระดาษ 4 ชนิด



แผนภาพที่ 4 แสดงขั้นตอนวิธีการผลิตกระดาษจากฟางข้าว

3.4 การทดสอบคุณสมบัติกระดาษ

จากการผลิตกระดาษจากฟางข้าว จะได้ กระดาษ 4 ชนิด คือ

(1) กระดาษ 2% ไม่ฟอก

(2) กระดาษ 2% ฟอก

(3) กระดาษ 4% ไม่ฟอก

(4) กระดาษ 4% ฟอก

ทำการสุ่มกระดาษ แบบละ 10 แผ่น ส่งไปทดสอบคุณสมบัติกระดาษซึ่งประกอบด้วย คุณสมบัติทางกายภาพ (physical properties) และคุณสมบัติความแข็งแรง (Strength properties) ดังนี้

3.4.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

1. น้ำหนักมาตรฐาน (Basis Weight) ตามมาตรฐาน TAPPI-T410-om-93
2. ความหนา (Thickness) ตามมาตรฐาน TAPPI-T411-om-89
3. ความชื้น (Moisture Content) ตามมาตรฐาน TAPPI-T412-om-94
4. ความขาวสว่าง (Brightness) ตามมาตรฐาน ISO 2469
5. ความทึบแสง (Opacity) ตามมาตรฐาน ISO 2469

3.4.2 คุณสมบัติความแข็งแรง

1. ความต้านแรงดันทะลุ (Burst strength) ตามมาตรฐาน TAPPI-T403-om-91
2. ความต้านแรงดึง (Tensile strength) ตามมาตรฐาน TAPPI-T404-om-88
3. ความต้านแรงฉีกขาด (Tear strength) ตามมาตรฐาน TAPPI-T414-om-88

โดยส่งไปทดสอบที่ หน่วยปฏิบัติการวิจัยเยื่อ/กระดาษและผลิตภัณฑ์แผ่นไม้ประกอบ สถาบันวิจัยค้นคว้า และพัฒนาผลิตผลทางการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูล คุณสมบัติกระดาษ ซึ่งประกอบด้วยคุณสมบัติทางกายภาพ (physical properties) และคุณสมบัติความแข็งแรง (Strength properties) ทั้ง 8 ข้อ โดยการเปรียบเทียบกับมาตรฐานของคุณสมบัติกระดาษ

3.6 ผลการทดสอบคุณสมบัติกระดาษ

3.6.1 น้ำหนักมาตรฐาน

นำหนักมาตรฐาน(Basis Weight) ใช้มาตรฐานของ TAPPI-T410-om-93 โดยมีหน่วยเป็นกรัม/ตารางเมตร (g/m^2)

ตารางที่ 3.1 แสดงน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษจากฟางข้าว

ชนิดกระดาษฟางข้าว	น้ำหนักมาตรฐาน ($2/m^2$)
กระดาษ 2% ไม่ฟอก	62.27
กระดาษ 4% ไม่ฟอก	43.88
กระดาษ 2% ฟอก	29.85
กระดาษ 4% ฟอก	39.71

ตารางที่ 3.1 พบว่า ตัวอย่างกระดาษฟางข้าวทั้ง 4 ชนิดมีน้ำหนักมาตรฐานเกินเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน + 5) เมื่อเทียบกับกระดาษพิมพ์ กระดาษเขียน กระดาษถุงชั้นเดียว กระดาษถุงหลายชั้น และกระดาษที่มีคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ ของกระดาษหนังสือพิมพ์ โดยกระดาษฟางข้าวชนิดไม่ฟอก 2% มีน้ำหนักมากที่สุด คิดเป็น 62.27 กรัม/ตารางเมตร รองลงมา คือ กระดาษฟางข้าวชนิดไม่ฟอก 4% ชนิดฟอก 4% และฟอก 2% คิดเป็น 43.88 , 39.71 และ 29.85 กรัม/ตารางเมตร

3.6.2 **ความหนา**

ความหนา (Thickness) ใช้มาตรฐาน TAPPI-T411-om-89 หน่วยเป็นไมครอน (Micron)

ตางรางที่ 3.2 แสดงความหนาของกระดาษจากฟางข้าว

ชนิดกระดาษฟางข้าว	ความหนา (Micron)
กระดาษ 2% ไม่ฟอก	259.3
กระดาษ 4% ไม่ฟอก	202.4
กระดาษ 2% ฟอก	187.8
กระดาษ 4% ฟอก	175.7

ตารางที่ 3.2 ค่าของความหนาของกระดาษขึ้นอยู่กับความละเอียดของเยื่อที่นำมาทำแผ่น สารละลายที่ใช้ในการต้มเยื่อ คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่า กระดาษฟางข้าวที่ไม่ฟอก มีความหนามากกว่ากระดาษฟางข้าวที่ฟอก กล่าวคือ กระดาษฟางข้าวที่ไม่ฟอก 2% มีความหนามากที่สุด คิดเป็น ร้อยละ 259.3 ไมครอน รองลงมา คือ กระดาษฟางข้าวที่ไม่ฟอก 4% กระดาษฟางข้าวชนิดฟอก 4% และชนิดฟอก 2% คิดเป็น 202.4 , 187.5 และ 175.7 ไมครอน ตามลำดับ

3.6.3 ความชื้น

ความชื้น (Moisture) ใช้มาตรฐาน TAPPI-T412-om-94 โดยมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

ตารางที่ 3.3 แสดงความชื้นของกระดาษจากฟางข้าว

ชนิดกระดาษฟางข้าว	ความชื้น (%)
กระดาษ 2% ไม่ฟอก	10.78
กระดาษ 4% ไม่ฟอก	10.77
กระดาษ 2% ฟอก	10.56
กระดาษ 4% ฟอก	10.43

ตารางที่ 3.3 พบว่า ความชื้นของกระดาษฟางข้าวทั้ง 4 ชนิด มีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน (10) เมื่อเทียบกับกระดาษพิมพ์ กระดาษเขียน กระดาษถุงชั้นเดียว กระดาษเขียนประเภทเคลือบผิว และกระดาษคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ โดยกระดาษฟางทั้ง 4 ชนิดมีค่าความชื้นไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ กระดาษฟางข้าว 4% มีค่าความชื้นต่ำที่สุด คิดเป็นร้อยละ 10.43 รองลงมาคือ กระดาษฟางข้าว 2% กระดาษฟางข้าวไม่ฟอก 4% และกระดาษฟางข้าวไม่ฟอก 2% คิดเป็นร้อยละ 10.56 10.77 และ 10.78 ตามลำดับ

3.6.4 ความขาวสว่าง

ความขาวสว่าง (Brightness) ใช้มาตรฐาน ISO 2469 โดยมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3.4 แสดงความขาวสว่างของกระดาษจากฟางข้าว

ชนิดกระดาษฟางข้าว	ความขาวสว่าง (%)
กระดาษ 2% ไม่ฟอก	42.03
กระดาษ 4% ไม่ฟอก	46.19
กระดาษ 2% ฟอก	75.14
กระดาษ 4% ฟอก	76.52

ตารางที่ 3.4 ค่าความขาวสว่างจะขึ้นอยู่กับสารละลายที่ใช้ในการฟอกขาว คือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 50 ค่าความขาวของกระดาษที่ได้จากการวัด พบว่า ตัวแปรที่มีความเข้มข้นของสารละลายแตกต่างกัน มีผลทำให้ความขาวสว่างแตกต่างกัน กล่าวคือ กระดาษฟางข้าวที่ฟอกขาวทั้งฟอก 2% และฟอก 4% มีความขาวสว่างมากกว่ากระดาษฟางข้าวที่ไม่ฟอกทั้ง 2% และ 4% จากข้อมูลที่ได้ ความขาวสว่าง ของกระดาษฟางข้าว ที่ฟอกขาว อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อเทียบกับกระดาษพิมพ์ และกระดาษคุณลักษณะ ที่ต้องการอื่น ๆ ของกระดาษหนังสือพิมพ์ ในขณะที่กระดาษฟางข้าวที่ไม่ฟอกขาวทั้ง 2 ชนิดอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อเทียบกับกระดาษพิมพ์และกระดาษคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

3.6.5 **ความทึบแสง**

ความทึบแสง (Opacity) ใช้มาตรฐาน ISO 2469 โดยมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3.5 แสดงความทึบแสงของกระดาษจากฟางข้าว

ชนิดกระดาษฟางข้าว	**ความทึบแสง (%)**
กระดาษ 2% ไม่ฟอก	93.34
กระดาษ 4% ไม่ฟอก	87.19
กระดาษ 2% ฟอก	69.25
กระดาษ 4% ฟอก	77.57

ตารางที่ 3.5 **พบว่า** ความทึบแสงของกระดาษฟางชนิดไม่ฟอกทั้ง 2% **และ** 4% **มีความทึบแสงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน** เมื่อเทียบกับมาตรฐานของกระดาษพิมพ์ กระดาษเขียน กระดาษเขียนประเภทเคลือบพิมพ์ กระดาษคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ ของกระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษฟอกขาว 2% และฟอก 4% ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษพิมพ์ กระดาษเขียน กระดาษเขียนประเภทเคลือบพิมพ์ และกระดาษคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ กล่าวคือ กระดาษไม่ฟอก 2% มีความทึบแสงมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 93.34 รองลงมาคือ ไม่ฟอก 4% ฟอก 4% และฟอก 2% คิดเป็นร้อยละ 87.19 , 77.57 และ 69.25 ตามลำดับ

3.6.6 ความต้านแรงดันทะลุ

ความต้านแรงดันทะลุ ใช้มาตรฐาน TAPPI-T403-om-91 โดยมีหน่วยเป็นกิโลปาสคาล

ตารางที่ 3.6 แสดงความต้านแรงดันทะลุของกระดาษจากฟางข้าว

ชนิดกระดาษฟางข้าว	ความต้านแรงดันทะลุ (KP)
กระดาษ 2% ไม่ฟอก	64.75
กระดาษ 4% ไม่ฟอก	34.34
กระดาษ 2% ฟอก	35.32
กระดาษ 4% ฟอก	52.97

ตารางที่ 3.6 พบว่า ความต้านแรงดันทะลุชนิดฟอก 4% และชนิดไม่ฟอก 2% อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเทียบกับกระดาษพิมพ์ และกระดาษเขียน (ไม่น้อยกว่า 40-100) ในขณะที่กระดาษฟางข้าวชนิดไม่ฟอก 4% และฟอก 2% ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเทียบกับกระดาษพิมพ์ และกระดาษเขียน กล่าวคือ กระดาษฟางข้าวชนิดไม่ฟอก 4% และกระดาษฟางข้าว ชนิดฟอก 2% มีค่าความต้านแรงดันทะลุใกล้เคียงกันคิดเป็นกิโลปาสคาลที่ 3.4.34 และ 35.32 ส่วนกระดาษฟางข้าวชนิดไม่ฟอก 2% มีค่าความต้านแรงดันทะลุสูงสุดคิดเป็นกิโลปาสคาลที่ 64.75 และกระดาษฟางข้าวชนิดฟอก 4% มีค่าความต้านแรงดันทะลุคิดเป็นกิโลปาสคาลที่ 52.97

3.6.7 ความต้านแรงดึง

ความต้านแรงดึง ใช้มาตรฐาน TAPPI–T404-om-88 โดยมีหน่วยเป็นกิโลกรัม/เมตร

ตางรางที่ 3.7 แสดงความต้านแรงดึงของกระดาษจากฟางข้าว

ชนิดกระดาษฟางข้าว	ความต้านแรงดึง (Kg/m)
กระดาษ 2% ไม่ฟอก	95.33
กระดาษ 4% ไม่ฟอก	50.00
กระดาษ 2% ฟอก	48.67
กระดาษ 4% ฟอก	90.47

ตารางที่ 3.7 ค่าต้านแรงดึงของกระดาษขึ้นกับความยาวและแรงยึดเกาะกันของเส้นใยที่นำมาทำกระดาษฟางข้าว พบว่า ความแตกต่างของชนิดกระดาษฟางข้าวมีผลต่อความเหนียวของกระดาษ กล่าวคือ กระดาษฟางข้าวชนิดไม่ฟอก 4% และชนิดฟอก 2% มีค่าต้านแรงดึงใกล้เคียงกัน ส่วนกระดาษฟางข้าวชนิดไม่ฟอก 2% และชนิดฟอก 4% มีค่าต้านแรงดึงใกล้เคียงกัน ค่าความต้านแรงดึงของกระดาษฟางข้าวชนิดไม่ฟอก 2% มีค่าสูงสุดคิดเป็น 95.33 กิโลกรัม/เมตร รองลงมาคือ กระดาษฟางข้าวชนิดฟอก 4% ไม่ฟอก 4% และ ฟอก 2% คิดเป็น 90.47, 50.00 และ 48.67 กิโลกรัม/เมตร ตามลำดับ

3.6.8 ความต้านแรงฉีกขาด

ความต้านแรงฉีกขาด ใช้มาตรฐาน TAPPI-T414-om-88 โดยมีหน่วยเป็นมิลลินิวตัน

ตารางที่ 3.8 แสดงความต้านแรงฉีกขาดของกระดาษจากฟางข้าว

ชนิดกระดาษฟางข้าว	ความต้านแรงฉีกขาด (mN)
กระดาษ 2% ไม่ฟอก	473.55
กระดาษ 4% ไม่ฟอก	323.65
กระดาษ 2% ฟอก	237.22
กระดาษ 4% ฟอก	338.30

ตารางที่ 3.8 ค่าความต้านแรงฉีกขาดของกระดาษฟางข้าว พบว่า กระดาษฟางข้าวชนิดไม่ฟอกทั้ง 2% และ 4% และที่ฟอก 4% อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดเมื่อเทียบกับกระดาษถุงชั้นเดียว (290-850 มิลลินิวตัน) มีเพียงกระดาษฟางข้าวชนิดฟอก 2% ที่มีค่าความต้านแรงฉีกขาด ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อเทียบกับกระดาษถุงชั้นเดียว กล่าวคือ กระดาษฟางข้าวชนิดไม่ฟอก 2% มีค่าความต้านแรงฉีกขาดสูงสุดคิดเป็น 473.55 มิลลินิวตัน รองลงมาคือ ชนิดฟอก 4%และไม่ฟอก 4% คิดเป็น 338.30 , 323.65 และ 323.65 มิลลินิวตัน ตามลำดับ

3.7 สรุปผลการทำกระดาษจากฟางข้าว

กระดาษฟางข้าวที่ทำขึ้นโดยการตักช้อน และนำมาทดสอบที่สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนักมาตรฐาน ความหนา ความชื้น ความขาวสว่างและความทึบแสง และคุณสมบัติความแข็งแรง ได้แก่ความต้านแรงดันทะลุ ความต้านแรงดึงและความต้านแรงฉีกขาด

3.7.1 น้ำหนักมาตรฐาน

กระดาษฟางข้าวทั้ง 4 ชนิด มีน้ำหนักเกินเกณฑ์มาตรฐาน ดังนี้ โดยกระดาษฟางข้าวชนิดไม่ฟอก 2% มีน้ำหนักมากที่สุด คือ 62.27 กรัม/ตารางเมตร รองลงมา คือ กระดาษฟางข้าวชนิดไม่ฟอก 4% ชนิดฟอก 4% และชนิดฟอก 2% คิดเป็น 43.88, 39.71 และ 29.85 ตามลำดับ

3.7.2 ความหนา

กระดาษฟางข้าวทั้ง 4 ชนิด โดยแต่ละชนิดมีความหนาดังนี้ กระดาษฟางข้าวชนิดไม่ฟอก 2% มีความหนามากที่สุด คือ 259.3 ไมครอน รองลงมา คือ ชนิดไม่ฟอก 4% ชนิดฟอก 4% และชนิดฟอก 2% คิดเป็น 202.4 , 175.7 และ 137.8 ไมครอน ตามลำดับ

3.7.3 ความชื้น

กระดาษฟางข้าวทั้ง 4 ชนิด มีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน (10) และแต่ละชนิดมีความชื้นไม่แตกต่างกัน ดังนี้ กระดาษฟางข้าวชนิดไม่ฟอก 2% มีความชื้นสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 10.78 รองลงมาคือ ชนิดไม่ฟอก 4% ฟอก 2% และฟอก 4% คิดเป็นร้อยละ 10.77 ร้อยละ 10.56 และร้อยละ 10.43 ตามลำดับ

3.7.4 ความขาวสว่าง

กระดาษฟางข้าวชนิดฟอกทั้ง 2% และ 4% อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ ชนิดฟอก 4% คิดค่าความขาวสว่างได้ ร้อยละ 76.52 และ ชนิดฟอก 2% คิดเป็นร้อยละ 75.41 ส่วนชนิดไม่ฟอก 4% ชนิดไม่ฟอก 2% คิดค่าความสว่างเป็นร้อยละ 46.19 และ 42.03 ตามลำดับ

3.7.5 **ความทึบแสง**

กระดาษฟางข้าวชนิดไม่ฟอกทั้ง 2% และ 4% มีค่าความทึบแสงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ ชนิดไม่ฟอก 2% มีค่าความทึบแสงสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 93.34 และชนิดไม่ฟอก 4% คิดเป็นร้อยละ 87.19 ส่วนชนิดฟอก 4% และชนิดฟอก 2% มีค่าความทึบแสงเป็นร้อยละ 77.57 และ 69.25 ตามลำดับ

3.7.6 **ความต้านแรงดันทะลุ**

กระดาษฟางข้าวชนิดฟอก 4% และชนิดไม่ฟอก 2% มีค่าความต้านแรงดันทะลุอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยชนิดไม่ฟอก 2% มีค่าความต้านแรงดันทะลุสูงสุดคิดเป็น 64.75 กิโลปาสคาล และชนิดฟอก 4% มีค่าความต้านแรงดันทะลุคิดเป็น 52.97 กิโลปาสคาล ส่วนกระดาษฟางข้าวชนิดฟอก 2% และชนิดไม่ฟอก 4% มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานมีค่าความต้านแรงดันทะลุคิดเป็น 35.32 และ 34.34 กิโลปาสคาล

3.7.7 **ความต้านแรงดึง**

กระดาษฟางข้าวทั้ง 4 ชนิด มีค่าความต้านทานแรงดึง ดังนี้ กระดาษฟางข้าวชนิดไม่ฟอก 2% มีค่าความต้านแรงดึง สูงสุดคิดเป็น 95.33 กิโลกรัม/เมตร รองลงมา คือ ชนิดฟอก 4% ไม่ฟอก 4% และฟอก 2% มีความต้านแรงดึงมีค่า 90.47 , 50.00 และ 48.67 กิโลกรัม/เมตร ตามลำดับ

3.7.8 **ความต้านแรงฉีกขาด**

กระดาษฟางข้าวชนิดไม่ฟอกทั้ง 2% และ 4% และชนิดที่ฟอก 4% อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ดังนี้ กระดาษฟางข้าวชนิดไม่ฟอก 2% มีค่าความต้านแรงฉีกขาดสูงสุดคิดเป็น 473.55 มิลลินิวตัน รองลงมาคือ ชนิดฟอก 2% และไม่ฟอก 4% คิดค่าความต้านแรงฉีกขาดเป็น 338.30 และ 323.65 ส่วนชนิดไม่ฟอก 4% ผลการทดลองต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือมีค่าความต้านแรงฉีกขาดเป็น 237.22 มิลลินิวตัน

บทที่ 4

การทำผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) ที่มีวัตถุประสงค์ เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

1. กลุ่มผู้ทำผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ได้แก่นักศึกษาปริญญาตรีปีที่ 4 จำนวน16คน

2. กลุ่มผู้ประเมินผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าวได้แก่ อาจารย์สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตโชติเวช จำนวน 16 คน

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เพื่อการรวบรวมและคัดเลือกเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้แบบสอบถาม แบบเลือกตอบปลายปิดในลักษณะประเมินค่า 5 ระดับ (Likert seale) และคำถามปลายเปิด ประกอบด้วย

1. แบบสอบถาม สำหรับผู้ทำผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว เป็นแบบสอบถามการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ใน 5 ด้าน ได้แก่ ความหนาของกระดาษ การพับงอของกระดาษ การฉีกขาดของกระดาษ การดูดซึมของกระดาษ และการยึดติดของกระดาษ โดยแต่ละด้านมีกระดาษ 4 ชนิด คือ กระดาษ 2% ไม่ฟอก กระดาษ 2% ฟอก กระดาษ 4% ไม่ฟอก และกระดาษ 4% ฟอก

2. แบบสอบถาม สำหรับผู้ประเมินผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ซึ่งมี 4 ประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ดอกไม้ประดิษฐ์ โคมไฟ ของที่ระลึก/ของชำร่วย และเปเปอร์มาเช่ โดยในแต่ละประเภทผลิตภัณฑ์มีรายการประเมิน 3 รายการ คือ รูปแบบ ขนาด และประโยชน์

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. แบบสอบถามการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว คณะผู้วิจัยได้แจกแบบสอบถามผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จำนวน 16 คน โดยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัย และได้เก็บคืนด้วยตนเอง

2. แบบสอบถามความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าวผู้วิจัยได้แจกแบบสอบถามผู้ประเมินผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว โดยเชิญมาชมงานแสดงผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ณ ห้องราชาวดี วิทยาเขตโชติเวช จำนวน 16 คน

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและตรวจให้คะแนนแล้ว ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS for windows ; statistical package for social science for windows)ดังนี้

4.4.1 วิเคราะห์การยอมรับคุณสมบัติสำรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว

(1) วิเคราะห์ระดับการยอมรับคุณสมบัติกระดาษจากฟางข้าว โดยการหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)

(2) วิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของการฟอกกระดาษ ระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการฟอกกระดาษกับระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ต่อการยอมรับคุณสมบัติสำรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two way ANOVA) ถ้าค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Scheff's method

4.2.2 **วิเคราะห์ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว**

(1) วิเคราะห์ ระดับความถึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว โดยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)

(2) วิเคราะห์เปรียบเทียบความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว แต่ละประเภท ที่ทำจากกระดาษจากฟางข้าวต่างชนิดกัน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one way ANOVA) ถ้าค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Scheff's method.

เกณฑ์การให้คะแนน

การวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาการยอมรับ/ความพึงพอใจ คุณสมบัติกระดาษจากฟางข้าว โดยทำการตรวจให้คะแนนแบบสอบถาม ตามเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

มากที่สุด	มีค่าเท่ากับ	5	คะแนน
มาก	มีค่าเท่ากับ	4	คะแนน
ปานกลาง	มีค่าเท่ากับ	3	คะแนน
น้อย	มีค่าเท่ากับ	2	คะแนน
น้อยที่สุด	มีค่าเท่ากับ	1	คะแนน

เกณฑ์การแปลความหมาย

โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของคะแนนการยอมรับ/ความพึงพอใจต่อคุณสมบัติกระดาษจากฟางข้าว ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย

ค่าเฉลี่ย	ระดับการยอมรับ/ความพึงพอใจ
4.50-5.00	มากที่สุด
3.50-4.49	มาก
2.50-3.49	ปานกลาง
1.50-2.49	น้อย
1.00-1.49	น้อยที่สุด

4.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.5.1 ผลการวิเคราะห์การยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว

1. ผลการวิเคราะห์ระดับการยอมรับคุณสมบัติกระดาษจากฟางข้าว

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านความหนาของกระดาษ

ชนิดกระดาษ	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	SD	ระดับการยอมรับ
กระดาษ 2% ไม่ฟอก	3.56	0.81	มากที่สุด
กระดาษ 4% ไม่ฟอก	3.44	0.63	มาก
กระดาษ 2% ฟอก	2.69	0.48	ปานกลาง
กระดาษ 4% ฟอก	2.94	1.06	ปานกลาง
รวม	3.16	0.84	มาก

เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่าคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านความหนาของกระดาษ ได้รับการยอมรับในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.16) และเมื่อพิจารณาตามชนิดกระดาษพบว่า กระดาษ 2% ไม่ฟอก ได้รับการยอมรับในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 3.56) รองลงมาคือ กระดาษ 4% ไม่ฟอกได้รับการยอมรับในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.44) กระดาษ 4% ฟอก และกระดาษ 2% ฟอก ได้รับการยอมรับในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 2.94 และ 2.96 ตามลำดับ)

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการพับงอของกระดาษ

ชนิดกระดาษ	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	SD	ระดับการยอมรับ
กระดาษ 2% ไม่ฟอก	3.56	0.96	มาก
กระดาษ 4% ไม่ฟอก	3.44	0.73	ปานกลาง
กระดาษ 2% ฟอก	3.00	0.89	ปานกลาง
กระดาษ 4% ฟอก	2.81	0.75	ปานกลาง
รวม	3.20	0.88	ปานกลาง

เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่าคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษฟางข้าว ด้านการพับงอของกระดาษ ได้รับการยอมรับในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.20) เมื่อพิจารณาแยกตามชนิดกระดาษ กระดาษ 2% ไม่ฟอก ได้รับการยอมรับระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.56) รองลงมาคือ กระดาษ 4% ฟอก กระดาษ 2% ฟอก และกระดาษ 4% ฟอก ได้รับการยอมรับระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.44, 3.00 และ 2.81 ตามลำดับ)

ตารางคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ ของกระดาษถุงชั้นเดียว

ารา	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด									วิธีทดสอบตาม
		น้ำหนักมาตรฐาน กรัมต่อตารางเมตร									
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	
	น้ำหนักมาตรฐาน คลาดเคลื่อนได้ ร้อยละ ไม่เกิน	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	ISO 536
	ปริมาณความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	10	10	10	10	10	10	10	10	10	ISO 287
	การดูดซึมน้ำ 2 นาที กรัมต่อตารางเมตร ไม่เกิน	25	25	25	30	30	30	30	30	30	ISO 535
	ความต้านแรงฉีกขาดทุกแนว มิลลินิวตัน ไม่น้อยกว่า	290	360	430	500	570	640	710	780	850	ISO 1974 - Single tear tester
	ความต้านแรงดันทะลุ กิโลปาสคาล ไม่น้อยกว่า	70	85	100	120	140	160	180	200	220	ISO 2756

ตารางคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ ของกระดาษถุงหลายชั้น

ารา	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด							วิธีทดสอบตาม
		ชนิดธรรมดา			ชนิดยืด				
		น้ำหนักมาตรฐาน กรัมต่อตารางเมตร			น้ำหนักมาตรฐาน กรัมต่อตารางเมตร				
		70	80	100	75	80	90	100	
	น้ำหนักมาตรฐาน คลาดเคลื่อนได้ ร้อยละ ไม่เกิน	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5	ISO 536
	ปริมาณความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	10	10	10	10	10	10	10	ISO 287
	การดูดซึมน้ำ 2 นาที กรัมต่อตารางเมตร ไม่เกิน	30	32	35	30	32	35	35	ISO 535
	ความต้านทานอากาศ วินาทีต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่เกิน	25	25	25	25	25	25	25	ISO 3687
	ความต้านแรงฉีกขาดทุกแนว มิลลินิวตัน ไม่เกิน	825	940	1 180	880	940	1 060	1 180	ISO 1991 Single tear tester
	ความต้านแรงดึง กิโลนิวตันต่อเมตร ไม่น้อยกว่า								ISO 1921/1
	แนวขวางเครื่อง	1.85	2.1	2.5	-	-	-	-	
	ความยืด ร้อยละ ไม่น้อยกว่า								ISO 1924/1
	แนวขนานเครื่อง	1.7	1.7	1.7	8	8	8	8	
	แนวขวางเครื่อง	3	3	3	4	4	4	4	
	พี อี เค จูลต่อตารางเมตร ไม่น้อยกว่า								ISO 1924/2
	แนวขนานเครื่อง	-	-	-	120	130	145	160	
	แนวขวางเครื่อง	-	-	-	65	70	78	85	

ตารางคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ ของกระดาษพิมพ์และเขียนประเภทเคลือบผิว

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด							วิธีทดสอบตาม
		น้ำหนักมาตรฐาน กรัมต่อตารางเมตร							
		80	85	90	105	120	140	160	
1	ความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักมาตรฐาน ร้อยละ ไม่เกิน	± 5							ISO 536
2	ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	10	10	10	10	10	10	10	ISO 287
3	ความต้านแรงดันทะลุ กิโลพาสคัล ไม่น้อยกว่า	100	110	120	140	160	190	210	ISO 2758
4	ความขาวสว่าง (เฉพาะกระดาษสีขาวและด้านที่เคลือบผิว) ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	75	75	75	75	75	75	75	ISO 2470
5	ความทึบแสง ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	85	85	85	90	90	90	95	ISO 2471
6	ความมันวาว (เฉพาะกระดาษเคลือบผิวมันวาว) ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	50	50	50	50	50	50	50	TAPPI T 480
7	ความเรียบ วินาที-เบคค์ ไม่น้อยกว่า								ISO 5627
	กระดาษเคลือบผิวมันวาว	1 000	1 000	1 000	1 000	500	500	500	
	กระดาษเคลือบผิวด้าน	200	200	200	200	100	100	100	
8	ความแข็งแรงของผิวกระดาษ (IGT tester) ในแต่ละด้านและแต่ละแนว นิวตันต่อเมตร ไม่น้อยกว่า	15	15	15	15	15	15	15	IGT information leaflet W 31

ตารางคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ ของกระดาษหนังสือพิมพ์

าร	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด			วิธีทดสอบ
		น้ำหนักมาตรฐาน กรัมต่อตารางเมตร			ตาม
		45	49	52	
	น้ำหนักมาตรฐาน คลาดเคลื่อนได้ ร้อยละ ไม่เกิน		± 5		ISO 536
	ความชื้น ร้อยละ		5 ถึง 10		ISO 287 (ไม่ต้องปรับภาวะชิ้นทดสอบ)
	การดูดซึมน้ำมัน (IGT) แต่ละด้าน 1000 ต่อมิลลิเมตร ไม่เกิน		30		IGT - information leaflet W 24
	ความทึบแสงในการพิมพ์ ร้อยละ ไม่น้อยกว่า		90		มอก. 287
	ความขาวสว่าง ร้อยละ ไม่น้อยกว่า		50		มอก. 287
	ความเรียบ (Bekk) วินาที		30 ถึง 200		ISO 5627
	ความต้านแรงดึงแนวขนานเครื่อง กิโลนิวตันต่อเมตร ไม่น้อยกว่า		1.4		ISO 1924/1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการฉีกขาดของกระดาษ

ชนิดกระดาษ	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	SD	ระดับการยอมรับ
กระดาษ 2% ไม่ฟอก	3.38	0.89	ปานกลาง
กระดาษ 4% ไม่ฟอก	3.37	0.72	ปานกลาง
กระดาษ 2% ฟอก	3.13	1.09	ปานกลาง
กระดาษ 4% ฟอก	2.69	1.01	น้อย
รวม	3.14	0.96	ปานกลาง

เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่า คุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการฉีกขาดของกระดาษ ได้รับการยอมรับในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.14) เมื่อพิจารณาแยกตามชนิดกระดาษ พบว่ากระดาษ 2% ไม่ฟอก กระดาษ 4% ไม่ฟอก และกระดาษ 2% ฟอก ได้รับการยอมรับในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.38 , 3.37 และ 3.13) ส่วนกระดาษ 4% ฟอก ได้รับการยอมรับในระดับน้อย ($\overline{X}$ = 2.29)

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการดูดซึมของกระดาษ

ชนิดกระดาษ	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	SD	ระดับการยอมรับ
กระดาษ 2% ไม่ฟอก	3.44	1.03	ปานกลาง
กระดาษ 4% ไม่ฟอก	3.38	1.02	ปานกลาง
กระดาษ 2% ฟอก	3.13	1.26	ปานกลาง
กระดาษ 4% ฟอก	3.00	1.21	ปานกลาง
รวม	3.23	1.12	ปานกลาง

เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่า คุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการดูดซึมของกระดาษได้รับการยอมรับในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.23) เมื่อพิจารณาแยกตามชนิดของกระดาษ พบว่ากระดาษทุกชนิดได้รับการยอมรับในระดับปานกลางโดย กระดาษ 2% ไม่ฟอก มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\overline{X}$ = 3.44) รองลงมา คือ กระดาษ 4% ไม่ฟอก กระดาษ 2% ฟอก และกระดาษ 4% ฟอก ตามลำดับ ($\overline{X}$ = 3.38, $\overline{X}$ = 3.13 และ $\overline{X}$ = 3.00)

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการยึดติดของกระดาษ

ชนิดกระดาษ	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	S.D	ระดับการยอมรับ
กระดาษ 2% ไม่ฟอก	3.44	0.63	ปานกลาง
กระดาษ 4% ไม่ฟอก	3.50	0.82	มาก
กระดาษ 2% ฟอก	3.19	0.75	ปานกลาง
กระดาษ 4% ฟอก	2.81	0.83	ปานกลาง
รวม	3.23	0.79	ปานกลาง

เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่า คุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการยึดติดของกระดาษ ได้รับการยอมรับในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.23) เมื่อพิจารณาแยกตามชนิดกระดาษ กระดาษ 4% ไม่ฟอก ได้รับการยอมรับในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.50) ในขณะที่ กระดาษ 2% ไม่ฟอก กระดาษ 2% ฟอก และกระดาษ 4% ฟอก ได้รับการยอมรับในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.44, 3.19 และ 2.81 ตามลำดับ)

2. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางที่ 4.7 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านความหนาของกระดาษ

Source	Df	SS	MS	F
Corrected Model	3	8.187[a]	2.729	4.517
Intercept	1	637.563	637.563	1055.276
A	1	7.563	7.563	12.517**
B	1	0.0625	0.0625	0.103ns
A*B	1	0.563	0.563	0.931ns
Error	60	36.250	0.604	
Total	64	682.000		
Corected Total	63	44.437		

[a] R Squared = .184 (Adjusted R Squared = .143)

** หมายถึง Highly Significant difference

ns หมายถึง non-significant difference

จากตารางแสดงให้เห็นว่า การฟอกกระดาษ (ฟอกกับไม่ฟอก) มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านความหนาของกระดาษ ในขณะที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (เข้มข้น 2% กับ 4%) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านความหนาของกระดาษ

นอกจากนี้พบว่าไม่มีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างการฟอกกระดาษกับระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์

ตารางที่ 4.8 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการพับงอของกระดาษ

Source	df	SS	MS	F
Corrected Model	3	6.047[a]	2.016	2.858
Intercept	1	656.641	656.641	931.130
A	1	5.641	5.641	7.999**
B	1	.391	.391	.554ns
A*B	1	0.01563	0.01563	.022ns
Error	60	42.313	.705	
Total	64	705.000		
Corected Total	63	48.359		

[a] R Squared = .125 (Adjusted R Squared = .081)

** หมายถึง Highly Significant difference

ns หมายถึง non-significant difference

จากตารางแสดงให้เห็นว่า การฟอกกระดาษ (ฟอกกับไม่ฟอก) มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษฟางข้าวด้านการพับงอของกระดาษ ในขณะที่ระดับความเข้มขนของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (เข้มข้น 2% กับ 4%) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษฟางข้าวด้านการพับงอของกระดาษ

นอกจากนี้พบว่าไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการฟอกกระดาษกับระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์

ตารางที่ 4.9 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการฉีกขาดของกระดาษ

Source	df	SS	MS	F
Corrected Model	3	5.047[a]	1.682	1.916
Intercept	1	631.266	631.266	718.879
A	1	3.516	3.516	4.004**
B	1	.766	.766	.872ns
A*B	1	.766	.766	.872ns
Error	60	52.688	.878	
Total	64	689.000		
Corected Total	63	57.734		

[a] R Squared = .087 (Adjusted R Squared = .042)

** หมายถึง Highly Significant difference

ns หมายถึง non-significant difference

จากตารางแสดงให้เห็นว่า การฟอกกระดาษ (ฟอกกับไม่ฟอก) มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษฟางข้าวด้านการฉีกขาดของกระดาษ ในขณะที่ระดับความเข้มขนของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (เข้มข้น 2% กับ 4%) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษฟางข้าวด้านการฉีกขาดของกระดาษ

นอกจากนี้พบว่าไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการฟอกกระดาษกับระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์

ตารางที่ 4.10 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการดูดซึมของกระดาษ

Source	df	SS	MS	F
Corrected Model	3	2.047[a]	.682	.529
Intercept	1	669.516	669.516	518.753
A	1	1.891	1.891	1.465[ns]
B	1	.141	.141	.109[ns]
A*B	1	0.01563	0.01563	.012[ns]
Error	60	77.438	1.291	
Total	64	749.000		
Corected Total	63	79.484		

[a] R Squared = .026 (Adjusted R Squared = .023)

ns หมายถึง non-significant difference

จากตารางแสดงให้เห็นว่า การฟอกกระดาษ (ฟอกกับไม่ฟอก) และระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (เข้มข้น 2% กับ 4%) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษฟางข้าวด้านการดูดซึมของกระดาษ

นอกจากนี้พบว่าไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการฟอกกระดาษกับระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์

ตารางที่ 4.11 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการยึดติดของกระดาษ

Source	df	SS	MS	F
Corrected Model	3	4.672[a]	1.557	2.684
Intercept	1	669.516	669.516	1153.923
A	1	3.516	3.516	6.059**
B	1	.391	.391	.673ns
A*B	1	.766	.766	1.320ns
Error	60	4.813	.580	
Total	64	709.000		
Corected Total	63	39.484		

[a] R Squared = .118 (Adjusted R Squared = .074)

** หมายถึง Highly Significant difference

ns หมายถึง non-significant difference

จากตารางแสดงให้เห็นว่า การฟอกกระดาษ (ฟอกกับไม่ฟอก) มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษฟางข้าว ด้านการยึดติดของกระดาษ ในขณะที่ระดับความเข้มขนของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (เข้มข้น 2% กับ 4%) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษฟางข้าวด้านการยึดติดของกระดาษ

นอกจากนี้พบว่าไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการฟอกกระดาษกับระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์

5.2 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

5.2.1 ผลการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

1. ผลการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ตามประเภทผลิตภัณฑ์

ประเภทผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ดอกไม้ประดิษฐ์	3.74	0.12	มาก
2. โคมไฟ	3.79	0.72	มาก
3. ของที่ระลึก/ของชำร่วย	3.92	0.27	มาก
4. เปเปอร์มาเช่	3.65	0.26	มาก

จากตารางพบว่า ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าวทุกประเภทได้รับความพึงพอใจในระดับมาก โดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อยได้เป็น ของที่ระลึก/ของชำร่วย ($\overline{X}$=3.92) โคมไฟ ($\overline{X}$=3.79) ดอกไม้ประดิษฐ์ ($\overline{X}$=3.74) และเปเปอร์มาเช่ ($\overline{X}$=3.65) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ด้านรูปแบบ

ประเภทผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ดอกไม้ประดิษฐ์	3.74	0.18	มาก
2. โคมไฟ	3.75	0.95	มาก
3. ของที่ระลึก/ของชำร่วย	3.92	0.36	มาก
4. เปเปอร์มาเช่	3.86	0.09	มาก

จากตารางพบว่าผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าวทุกประเภทได้รับความพึงพอใจด้านรูปแบบในระดับมาก โดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อยได้เป็น ของที่ระลึก/ ของชำร่วย ($\bar{X}$=3.92) เปเปอร์มาเช่ ($\bar{X}$=3.86) โคมไฟ ($\bar{X}$=3.75) และดอกไม้ประดิษฐ์ ($\bar{X}$=3.74) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ด้านขนาด

ประเภทผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ดอกไม้ประดิษฐ์	3.75	0.11	มาก
2. โคมไฟ	3.75	0.76	มาก
3. ของที่ระลึก/ของชำร่วย	3.75	0.17	มาก
4. เปเปอร์มาเช่	3.78	0.03	มาก

จากตารางพบว่าผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าวทุกประเภทได้รับความพึงพอใจ ด้านขนาด อยู่ในระดับมาก โดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อยได้เป็น เปเปอร์มาเช่ ($\overline{X}$=3.78) ของที่ระลึก/ของชำร่วย โคมไฟและ ดอกไม้ประดิษฐ์ ($\overline{X}$=3.75) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ด้านประโยชน์

ประเภทผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ดอกไม้ประดิษฐ์	3.73	0.07	มาก
2. โคมไฟ	3.86	0.65	มาก
3. ของที่ระลึก/ของชำร่วย	4.09	0.19	มาก
4. เปเปอร์มาเช่	3.31	0.08	ปานกลาง

จากตารางพบว่าผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าวได้รับความพึงพอใจ ด้านประโยชน์แต่ละประเภทเป็นดังนี้ ของที่ระลึก/ของชำร่วย โคมไฟ และ ดอกไม้ประดิษฐ์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.09, 3.86 และ3.74 ตามลำดับ) ส่วนเปเปอร์มาเช่ได้รับความพึงพอใจในระดับปานกลาง ($\bar{X}$=3.31)

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทดอกไม้ประดิษฐ์

ชนิดกระดาษ	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. กระดาษ 2 % ไม่ฟอก	3.65	0.13	มาก
2. กระดาษ 4 % ไม่ฟอก	3.77	0.09	มาก
3. กระดาษ 2 % ฟอก	3.85	0.07	มาก
4. กระดาษ 4 % ฟอก	3.69	0.11	มาก
รวม	3.74	0.12	มาก

เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่าผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทดอกไม้ประดิษฐ์ ได้รับความพึงพอใจในระดับมาก($\bar{X}$=3.74) เมื่อพิจารณาแยกตามชนิดกระดาษพบว่าผลิตภัณฑ์กระดาษทุกชนิดได้รับการยอมรับในระดับมาก โดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมาก ไปหาน้อยได้เป็น กระดาษ 4 % ไม่ฟอก ($\bar{X}$=3.77) กระดาษ 2 % ฟอก ($\bar{X}$=3.85) กระดาษ 4 % ฟอก($\bar{X}$=3.69) กระดาษ 2 % ไม่ฟอก ($\bar{X}$=3.65) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทโคมไฟ

ชนิดกระดาษ	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. กระดาษ 2 % ไม่ฟอก	3.06	0.35	ปานกลาง
2. กระดาษ 4 % ไม่ฟอก	4.54	0.09	มากที่สุด
3. กระดาษ 2 % ฟอก	4.38	0.13	มาก
4. กระดาษ 4 % ฟอก	3.17	0.03	ปานกลาง
รวม	3.79	0.72	มาก

เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่า ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าวประเภทโคมไฟ ได้รับความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$=3.79) เมื่อพิจารณาแยกตามชนิดกระดาษพบว่าผลิตภัณฑ์กระดาษ 4 % ไม่ฟอก ได้รับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$=4.54) กระดาษ 2 % ฟอกได้รับความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$=4.38) ส่วนกระดาษ 2 % ไม่ฟอกและกระดาษ 4 % ฟอก ได้รับการยอมรับในระดับปานกลาง ($\bar{X}$= 3.06 และ 3.17 ตามลำดับ)

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทของที่ระลึก/ของชำร่วย

ชนิดกระดาษ	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. กระดาษ 2 % ไม่ฟอก	3.58	0.20	มาก
2. กระดาษ 4 % ไม่ฟอก	4.00	0.22	มาก
3. กระดาษ 2 % ฟอก	3.98	0.18	มาก
4. กระดาษ 4 % ฟอก	4.13	0.22	มาก
รวม	3.92	0.27	มาก

เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่าผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทของที่ระลึก/ ของชำร่วย ได้รับความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$=3.92) เมื่อพิจารณาแยกตามชนิดกระดาษพบว่า ผลิตภัณฑ์กระดาษทุกชนิดได้รับการยอมรับในระดับมาก โดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อยได้เป็น กระดาษ 4 % ฟอก ($\bar{X}$=4.13) กระดาษ 4 % ไม่ฟอก ($\bar{X}$=4.00) กระดาษ 2 % ฟอก ($\bar{X}$=3.98) และ กระดาษ 2 % ไม่ฟอก ($\bar{X}$=3.58) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทเปเปอร์มาเช่

ชนิดกระดาษ	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. กระดาษ 2 % ไม่ฟอก	3.69	0.28	มาก
2. กระดาษ 4 % ไม่ฟอก	3.60	0.36	มาก
3. กระดาษ 2 % ฟอก	3.70	0.30	มาก
4. กระดาษ 4 % ฟอก	3.60	0.25	มาก
รวม	3.65	0.26	มาก

เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่าผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทเปเปอร์มาเช่ ได้รับความพึงพอใจในระดับมาก ($\overline{X}$=3.65) เมื่อพิจารณาแยกตามชนิดกระดาษพบว่าผลิตภัณฑ์กระดาษทุกชนิดได้รับการยอมรับในระดับมาก โดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อยได้เป็น กระดาษ 2 % ฟอก ($\overline{X}$=3.70) กระดาษ 2 % ไม่ฟอก ($\overline{X}$=3.69) กระดาษ 4 % ไม่ฟอก และกระดาษ 4 % ฟอก ($\overline{X}$=3.60) ตามลำดับ

2. ผลการเปรียบเทียบความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

ตารางที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทดอกไม้ประดิษฐ์ ที่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดกัน

แหล่งความแปรปรวน	Df	ss	Ms	F-ratio	F-prob
Between Groups	3	0.077	0.026	2.384	0.145
Within Groups	8	0.086	0.011		
Total	11	0.163			

จากตารางแสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทดอกไม้ประดิษฐ์ ที่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดกัน ได้รับความพึงพอใจแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทโคมไฟ ที่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดกัน

แหล่งความแปรปรวน	Df	ss	Ms	F-ratio	F-prob
Between Groups	3	5.475	1.825	49.614	0.0001
Within Groups	8	0.294	0.037		
Total	11	5.769			

จากตารางแสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทโคมไฟ ที่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดกัน ได้รับความพึงพอใจแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4.22 แสดงการทดสอบพหุคูณค่าของค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทโคมไฟ ที่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดกัน ด้วยวิธีของ scheffe's test

ชนิดกระดาษ	กระดาษ 2 % ไม่ฟอก (3.0625)	กระดาษ 4 % ไม่ฟอก (4.5417)	กระดาษ 2 % ฟอก (4.3750)	กระดาษ 4 % ฟอก (3.1667)
กระดาษ 2 % ไม่ฟอก (3.0625)	-	1.4792**	1.3125**	0.1042
กระดาษ 4 % ไม่ฟอก (4.5417)	-	-	0.1667	1.3750**
กระดาษ 2 % ฟอก (4.3750)	-	-	-	1.2083**
กระดาษ 4 % ฟอก (3.1667)	-	-	-	-

** หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางพบว่าค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทโคมไฟ ที่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนี้

1. กระดาษ 2 % ไม่ฟอก แตกต่างจาก กระดาษ 4 % ไม่ฟอกและ กระดาษ 2 % ฟอก
2. กระดาษ 4 % ไม่ฟอก แตกต่างจาก กระดาษ 4 % ฟอก
3. กระดาษ 2 % ฟอก แตกต่างจาก กระดาษ 4 % ฟอก

ตารางที่ 4.23 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทของที่ระลึก/ของชำร่วย ที่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดกัน

แหล่งความแปรปรวน	Df	ss	Ms	F-ratio	F-prob
Between Groups	3	0.496	0.165	3.966	0.053
Within Groups	8	0.333	0.042		
Total	11	0.829			

จากตารางแสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทของที่ระลึก/ ของชำร่วย ที่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดกัน ได้รับความพึงพอใจแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทเปเปอร์มาเช่ ที่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดกัน

แหล่งความแปรปรวน	Df	ss	Ms	F-ratio	F-prob
Between Groups	3	0.027	0.009	0.099	0.958
Within Groups	8	0.727	0.09		
Total	11	0.754			

จากตารางแสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทเปเปอร์มาเช่ ที่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดกัน ได้รับความพึงพอใจแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.6 สรุปผลการทำผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

4.6.1 สรุปผลการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว

1. ระดับการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว

(1) ความหนาของกระดาษได้รับการยอมรับในระดับมาก

(2) การพับงอของกระดาษ การฉีกขาดของกระดาษ การดูดซึมของกระดาษ และการยึดติดของกระดาษได้รับการยอมรับในระดับปานกลาง

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว

(1) การฟอกกระดาษ(ฟอกกับไม่ฟอก) มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านความหนาของกระดาษ การพับงอของกระดาษ การฉีกขาดของกระดาษ และการยึดติดของกระดาษ ยกเว้นคุณสมบัติ ด้านการดูดซึมของกระดาษ

(2) ระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (เข้มข้น 2% กับ 4%) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านความหนาของกระดาษ การพับงอของกระดาษ การฉีกขาดของกระดาษ การดูดซึมของกระดาษ และการยึดติดของกระดาษ

(3) การยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าวไม่ขึ้นกับปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการฟอกกระดาษกับระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์

4.6.2 สรุปผลความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

1. ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

(1) ผลิตภัณฑ์ ดอกไม้ประดิษฐ์ โคมไฟ ของที่ระลึก/ของชำร่วย และเปเปอร์มาเช่ ได้รับความพึงพอใจในระดับมาก

(2) ด้านรูปแบบ ขนาดและประโยชน์ ของผลิตภัณฑ์ ดอกไม้ประดิษฐ์ โคมไฟ และของที่ระลึก/ของชำร่วย ได้รับความพึงพอใจ ในระดับมาก ยกเว้น ด้านประโยชน์ของเปเปอร์มาเช่ ได้รับความพึงพอใจในระดับปานกลาง

(3) ผลิตภัณฑ์ ดอกไม้ประดิษฐ์ โคมไฟ ของที่ระลึก/ของชำร่วย และเปเปอร์มาเช่ ที่ทำจากกระดาษจากฟางข้าวต่างชนิดกันคือ กระดาษ 2 % ไม่ฟอก กระดาษ 4 % ไม่ฟอก กระดาษ 2 % ฟอก และกระดาษ 4 % ฟอก ได้รับความพึงพอใจโดยรวมในระดับมาก

2. การเปรียบเทียบความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

(1) ผลิตภัณฑ์ดอกไม้ประดิษฐ์ ของที่ระลึก/ของชำร่วย และเปเปอร์มาเช่ ที่ทำจากกระดาษจากฟางข้าวต่างชนิดกันคือ กระดาษ 2 % ไม่ฟอก กระดาษ 4 % ไม่ฟอก กระดาษ 2 % ฟอก และกระดาษ 4 % ฟอก ได้รับความพึงพอใจไม่แตกต่างกัน

2) ผลิตภัณฑ์โคมไฟที่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดคือ กระดาษ 2 % ไม่ฟอก กระดาษ 4 % ไม่ฟอก กระดาษ 2 % ฟอก และกระดาษ 4 % ฟอก ได้รับความพึงพอใจได้รับความพึงพอใจแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าวในครั้งนี้ แบ่งวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 การทำกระดาษจากฟางข้าว

ส่วนที่ 2 การทำผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

5.1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาและพัฒนากระดาษที่มีคุณสมบัติเหมาะกับการทำผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว
2. เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

5.1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ส่วนที่ 1 ประชากรคือ ฟางข้าวเจ้า

ส่วนที่ 2 ประชากรคือ ผู้ทำผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว และ ผู้ประเมินผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

5.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ส่วนที่ 1 เครื่องมือคือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ส่วนที่ 2 เครื่องมือคือ แบบสอบถาม จำนวน 2 ชุด ได้แก่

ชุดที่ 1 แบบสอบถามผู้ทำผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

ชุดที่ 2 แบบสอบถามผู้ประเมินผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

5.1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ส่วนที่ 1 ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ

ส่วนที่ 2 เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ทำและผู้ประเมินผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

5.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ส่วนที่ 1 การทดสอบคุณสมบัติของกระดาษ โดยส่งตัวอย่างกระดาษไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติความแข็งแรง ที่หน่วยปฏิบัติการวิจัยเยื่อกระดาษและผลิตภัณฑ์แผ่นไม้ประกอบ สถาบันวิจัยค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนที่ 2 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS for WINDOWS ดังนี้

1. วิเคราะห์การยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว
2. วิเคราะห์ความพึงพอใจผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

5.1.6 ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 การทำกระดาษจากฟางข้าว

1. น้ำหนักมาตรฐานอยู่ระหว่าง 29.85 – 62.27 กรัม/ตารางเมตร
2. ความหนา อยู่ระหว่าง 137.8 – 259.3 ไมครอน
3. ความชื้น อยู่ระหว่าง 10.43 – 10.78 เปอร์เซ็นต์
4. ความขาวสว่าง อยู่ระหว่าง 42.03 – 76.52 เปอร์เซ็นต์
5. ความทึบแสง อยู่ระหว่าง 69.25 – 93.34 เปอร์เซ็นต์
6. ความต้านแรงดันทะลุ อยู่ระหว่าง 34.34 – 64.75 กิโลปาสคาล
7. ความต้านแรงดึง อยู่ระหว่าง 48.67 – 95.33 กิโลกรัม/เมตร
8. ความต้านแรงฉีกขาด อยู่ระหว่าง 237.22 – 473.55 มิลลินิวตัน

ส่วนที่ 2 การทำผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

1. คุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ด้านการพับงอของกระดาษ การฉีกขาดของกระดาษ การดูดซึมของกระดาษ และ การยึดติดของกระดาษ ได้รับการยอมรับในระดับปานกลาง ส่วนด้านความหนาของกระดาษได้รับการยอมรับในระดับมาก

2. การยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าวขึ้นกับการฟอกกระดาษ แต่ไม่ขึ้นกับระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และไม่ขึ้นกับปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการฟอกกระดาษกับระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์

3. ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าวทุกประเภท ที่ทำจากกระดาษจากฟางข้าวทุกชนิด ได้รับความพึงพอใจในระดับมาก

4. ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าวแต่ละประเภท ที่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดกัน ได้รับความพึงพอใจไม่แตกต่างกัน ยกเว้นผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทโคมไฟ ได้รับความพึงพอใจแตกต่างกัน

5.2 อภิปรายผล

5.2.1 คุณสมบัติกระดาษซึ่งประกอบด้วย น้ำหนักมาตรฐาน ความหนา ความชื้น ความขาวสว่าง ความทึบแสง ความต้านแรงดันทะลุ ความต้านแรงดึงและความต้านแรงฉีกขาด ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อเทียบกับ เกณฑ์มาตรฐานของกระดาษเขียน กระดาษพิมพ์ กระดาษถุงชั้นเดียว และกระดาษประเภทเคลือบผิว ทั้งนี้เนื่องจากคุณลักษณะโดยรวมของกระดาษจากฟางข้าว มีลักษณะคล้ายคลึงกับกระดาษสา ซึ่งเหมาะกับการทำผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ต่างๆ

5.2.2 คุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าว ซึ่งประกอบด้วย ความหนาของกระดาษ การพับงอของกระดาษ การฉีกขาดของกระดาษ การดูดซึมของกระดาษ และการยึดติดของกระดาษ ได้รับการยอมรับในภาพรวมในระดับปานกลาง และการยอมรับคุณสมบัติสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากฟางข้าวขึ้นกับการฟอกกระดาษ แต่ไม่ขึ้นกับระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และไม่ขึ้นกับปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการฟอกกระดาษกับระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทั้งนี้เนื่องจาก กระดาษจากฟางข้าวนี้ทำด้วยวิธีการตักช้อนทำให้ลักษณะของเนื้อกระดาษไม่สม่ำเสมออาจหนาหรือบางเกินไปจึงส่งผลต่อความหนาของกระดาษ การพับงอของกระดาษ การฉีกขาดของกระดาษ การดูดซึมของกระดาษ และการยึดติดของกระดาษ ส่วนการฟอกกระดาษทำให้ความแข็งแรงของเนื้อเยื่อลดลง จึงส่งผลต่อคุณสมบัติดังกล่าว

5.2.3 ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ซึ่งประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ดอกไม้ประดิษฐ์ โคมไฟ ของที่ระลึก/ของชำร่วย และเปเปอร์มาเช่. ที่ทำจากกระดาษจากฟางข้าวทุกชนิด โดยภาพรวมได้รับความพึงพอใจในระดับมาก ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าวแต่ละประเภทที่ทำจากกระดาษฟางข้าวต่างชนิดกัน ได้รับความพึงพอใจไม่แตกต่างกัน ยกเว้นผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทโคมไฟได้รับความพึงพอใจแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้เนื่องจากกระดาษจากฟางข้าวมีลักษณะคล้ายคลึงกับกระดาษสาซึ่งเหมาะกับการนำมาทำผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ เพราะมีเนื้อกระดาษที่สวยงามและแปลก ต่างจากกระดาษโดยทั่วไป

เมื่อนำมาทำผลิตภัณฑ์ดอกไม้ประดิษฐ์ โคมไฟ ของที่ระลึก/ของชำร่วย และเปเปอร์มาเช่. จึงได้รับความพึงพอใจในระดับมาก ส่วนผลิตภัณฑ์ประเภทโคมไฟ ที่ทำจากกระดาษต่างชนิดกันได้รับความพึงพอใจแตกต่างกัน นั้นเพราะคุณสมบัติด้านความขาวสว่างของกระดาษมีผลต่อการส่องสว่างของโคมไฟ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การนำผลการวิจัยไปใช้

1. ความรู้ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปทำกระดาษจากฟางข้าว และ ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าวได้

2. การทำกระดาษจากฟางข้าวและการทำผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟาวข้าว ตามกรรมวิธีในการวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อน ประชาชนโดยทั่วไปไม่ว่าจะเป็น กลุ่มแม่บ้าน กลุ่มเกษตรกร สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ ซึ่งอาจได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ ตามโครงการ "หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์" ตามนโยบายของรัฐบาลชุดปัจจุบัน

5.3.2 การวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำยาฟอกเยื่อ

2. ควรศึกษาโดยเปลี่ยนวัตถุดิบจากฟางข้าวไปเป็นพืชชนิดอื่น หรือ ใช้ฟางข้าวผสมกับพืชชนิดอื่น โดยใช้กรรมวิธีเดียวกันนี้

3. ควรมีการศึกษาต้นทุนในการทำกระดาษจากฟางข้าว และต้นทุนในการทำผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการทำในเชิงอุตสาหกรรมต่อไป

4. ควรพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบอื่นๆ นอกเหนือจากผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ ดังกล่าว

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ในครั้งนี้สำเร็จได้โดยได้รับการสนับสนุนจากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลที่ให้งบประมาณในการดำเนินการวิจัย และที่สำคัญผลงานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ท่านผู้อำนวยการวลัย หุตะโกวิท ผู้อำนวยการวิทยาเขตโชติเวช ผศ.บุษรา สร้อยระย้า ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวางแผนและพัฒนา อาจารย์จุฑา พีรพัชระ ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยและดูแลเป็นอย่างดี

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานวิจัยฉบับนี้คงจะเป็นประโยชน์ทางวิชาการ เป็นแนวทางในการวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อันจะนำไปสู่อุตสาหกรรมใหม่ต่อไป

คณะผู้วิจัย

2545

บรรณานุกรม

เจษฎา สุวรรณ การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเยื่อสากับเยื่อชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมเพื่อลดปริมาณการใช้เยื่อสาในการผลิตกระดาษสาในภาคเหนือ. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2535.

ฉลอง เอี่ยมอาทร. "การทำกระดาษจากต้นกระจูด", อุตสาหกรรมสาร. 28 (10) : 46-48 : ตุลาคม 2528. ก.

"เชื้อแหล่งเขียว", อุตสาหกรรมสาร. 33 (1) : 21 : มกราคม 2533.

ชุมพร ถาวร. การทดลองทำกระดาษความขาวต่ำจากฟางข้าวโดยวิธีกึ่งเคมี. ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2541.

ณรงค์ วุทธเสถียร. "อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ" วิทยาศาสตร์. 37 (9-10) : 52-521 : กันยายน-ตุลาคม 2526.

ธีรพร วงศ์รัตน์. "การวิจัยเรื่องการทำเยื่อกระดาษ", วิทยาศาสตร์. 18 (4) : 286-290 : เมษายน 2507.

บุญทอง ภู่เจริญ, ชยันต์ หิรัญพนธ์ และถาวร รัตนา. รายงานการวิจัยเรื่องกระดาษสา. เชียงใหม่ : คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยพายัพ เชียงใหม่, 2530. อัดสำเนา.

พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล และคณะ. การผลิตเยื่อเคมีจากปอแก้วด้วยวิธีโซดาออกซิเจน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ฉบับที่ 11 : 77-100.

ลิขิต หาญจางสิทธิ์ และนัยนา นิยมวัน. "เยื่อกระดาษจากไม้โตเร็ว" โรงงาน. 8 (8) : 23-32 : ตุลาคม 2531-มกราคม 2532.

วิชัย หฤทัยธนาสันต์. ลู่ทางการพัฒนาผลิตข้าว. รายงานการประชุมวิชาการและผลิตภัณฑ์ข้าวแห่งชาติครั้งที่ 1 ก้าวใหม่ของชาวไทย ระหว่างวันที่ 29-30 มิถุนายน 2537 ณ โรงแรมรามาการ์เดนส์. กรุงเทพฯ, 2537.

วันทนี สาตาคม, นิโลบล เดชาติสงค์ และรุ่งอรุณ ศิริพันธ์. "การศึกษาการทำเยื่อและกระดาษจากปอสา", ในรายงานการสัมมนาเรื่องการพัฒนาปอสาเพื่ออุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ.

สุพจน์ ใช้เทียมวงศ์. "การผลิตเยื่อกระดาษโดยกรรมวิธีหมักจากฟางข้าว", วิทยาศาสตร์. 5 (39) : 195-200 ; พฤษภาคม 2528.

หรรษา ปุณณะพยัคฆ์. การฟอกเยื่อกระดาษโดยวิธีทางชีวภาพ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 11 (พ.ค.-ส.ค. 2539).

อิทธิศาสนต์ วชิรานุภาพ. การศึกษาความเป็นไปได้การผลิตเยื่อกระดาษจากต้นธูปฤาษี วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล, 2542.

อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ. กรุงเทพฯ : ฝ่ายเอกสารและเผยแพร่ บริษัทเครือซีเมนต์ไทยจำกัด, 2532.

อุไร ตันสกุล และกัณหา กะระณา. รายงานการวิจัยการใช้ประโยชน์จากเยื่อกระดาษจากวัชพืชส่วนทิ้งเปล่าของพืชท้องถิ่น และบรรจุภัณฑ์กระดาษในการประดิษฐ์ของเล่นเพื่อการศึกษา. วารสารคหกรรมศาสตร์ ปีที่ 41 (3 กันยายน-ธันวาคม 2541)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
มาตรฐานผลิตภัณฑ์กระดาษ

ตารางคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ ของกระดาษพิมพ์

การที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด					วิธีทดสอบตาม
		น้ำหนักมาตรฐาน กรัมต่อตารางเมตร					
		50	60	70	80	90	
๑	ความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักมาตรฐาน ร้อยละ ไม่เกิน			± 5			ISO 536
๒	ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	10	10	10	10	10	ISO 287
๓	ความต้านแรงดันทะลุ กิโลพาสคัล ไม่น้อยกว่า	40	55	70	80	100	ISO 2758
๔	ความขาวสว่าง (เฉพาะกระดาษสีขาว) ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	75	75	75	75	75	ISO 2470
๕	ความทึบแสง ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	77	81	83	85	90	ISO 2471

ตารางคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ ของกระดาษเขียน

การที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด					วิธีทดสอบตาม
		น้ำหนักมาตรฐาน กรัมต่อตารางเมตร					
		50	60	70	80	90	
๑	ความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักมาตรฐาน ร้อยละ ไม่เกิน			± 5			ISO 536
๒	ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	10	10	10	10	10	ISO 287
๓	ความต้านแรงดันทะลุ กิโลพาสคัล ไม่น้อยกว่า	40	55	70	80	100	ISO 2758
๔	การดูดซึมน้ำ 45 วินาที กรัมต่อตารางเมตร ไม่เกิน	25	25	25	25	25	ISO 535
๕	ความขาวสว่าง (เฉพาะกระดาษสีขาว) ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	75	75	75	75	75	ISO 2470
๖	ความทึบแสง ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	77	81	83	85	90	ISO 2471

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถาม

เรื่อง : การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

คำชี้แจง : แบบทดสอบชุดนี้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว โดยเป็นคำถามให้เลือกตอบในลักษณะประเมินค่า 5 ระดับ คือ

5 = พึงพอใจมากที่สุด / ยอมรับมากที่สุด

4 = พึงพอใจมาก / ยอมรับมาก

3 = พึงพอใจปานกลาง / ยอมรับปานกลาง

2 = พึงพอใจน้อย / ยอมรับน้อย

1 = พึงพอใจน้อยที่สุด / ยอมรับน้อยที่สุด

ข้อมูลที่ท่านตอบมาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

ผู้วิจัย

แบบสอบถามการยอมรับคุณสมบัติกระดาษจากฟางข้าว

ความหนาของกระดาษ

ชนิดกระดาษ	ระดับการยอมรับ				
	5	4	3	2	1
กระดาษ 2% ไม่ฟอก					
กระดาษ 4% ไม่ฟอก					
กระดาษ 2% ฟอก					
กระดาษ 4% ฟอก					

การพับงอของกระดาษ

ชนิดกระดาษ	ระดับการยอมรับ				
	5	4	3	2	1
กระดาษ 2% ไม่ฟอก					
กระดาษ 4% ไม่ฟอก					
กระดาษ 2% ฟอก					
กระดาษ 4% ฟอก					

แบบสอบถามการยอมรับคุณสมบัติกระดาษจากฟางข้าว

การฉีกขาดของกระดาษ

ชนิดกระดาษ	ระดับการยอมรับ				
	5	4	3	2	1
กระดาษ 2% ไม่ฟอก					
กระดาษ 4% ไม่ฟอก					
กระดาษ 2% ฟอก					
กระดาษ 4% ฟอก					

การดูดซึมของกระดาษ

ชนิดกระดาษ	ระดับการยอมรับ				
	5	4	3	2	1
กระดาษ 2% ไม่ฟอก					
กระดาษ 4% ไม่ฟอก					
กระดาษ 2% ฟอก					
กระดาษ 4% ฟอก					

แบบสอบถามการยอมรับคุณสมบัติกระดาษจากฟางข้าว

<u>การยึดติดของกระดาษ</u>

ชนิดกระดาษ	ระดับการยอมรับ				
	5	4	3	2	1
กระดาษ 2% ไม่ฟอก					
กระดาษ 4% ไม่ฟอก					
กระดาษ 2% ฟอก					
กระดาษ 4% ฟอก					

ข้อเสนอแนะที่มีต่อคุณสมบัติกระดาษฟางข้าว _____

_____

_____

_____

_____

_____

แบบสอบถาม

เรื่อง : การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

คำชี้แจง : แบบทดสอบชุดนี้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว โดยเป็นคำถามให้เลือกตอบในลักษณะประเมินค่า 5 ระดับ คือ

5 = พึงพอใจมากที่สุด / ยอมรับมากที่สุด

4 = พึงพอใจมาก / ยอมรับมาก

3 = พึงพอใจปานกลาง / ยอมรับปานกลาง

2 = พึงพอใจน้อย / ยอมรับน้อย

1 = พึงพอใจน้อยที่สุด / ยอมรับน้อยที่สุด

ข้อมูลที่ท่านตอบมาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

ผู้วิจัย

แบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

ชื่อผลิตภัณฑ์ : ดอกไม้ประดิษฐ์

รหัส	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
A	รูปแบบ						
	ขนาด						
	ประโยชน์						
B	รูปแบบ						
	ขนาด						
	ประโยชน์						
C	รูปแบบ						
	ขนาด						
	ประโยชน์						
D	รูปแบบ						
	ขนาด						
	ประโยชน์						

ข้อเสนอแนะที่ท่านมีต่อผลิตภัณฑ์ _____

_____

_____

_____

_____

_____

แบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

ชื่อผลิตภัณฑ์ : โคมไฟ

รหัส	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
A	รูปแบบ						
	ขนาด						
	ประโยชน์						
B	รูปแบบ						
	ขนาด						
	ประโยชน์						
C	รูปแบบ						
	ขนาด						
	ประโยชน์						
D	รูปแบบ						
	ขนาด						
	ประโยชน์						

ข้อเสนอแนะที่ท่านมีต่อผลิตภัณฑ์ _____

_____

_____

_____

_____

_____

แบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

ชื่อผลิตภัณฑ์ : ของที่ระลึก / ของชำร่วย

รหัส	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
A	รูปแบบ						
	ขนาด						
	ประโยชน์						
B	รูปแบบ						
	ขนาด						
	ประโยชน์						
C	รูปแบบ						
	ขนาด						
	ประโยชน์						
D	รูปแบบ						
	ขนาด						
	ประโยชน์						

ข้อเสนอแนะที่ท่านมีต่อผลิตภัณฑ์ _____

_____

_____

_____

_____

_____

แบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว

ชื่อผลิตภัณฑ์ : เปเปอร์มาเช่

รหัส	รายการ	ระดับความพึงพอใจ					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
A	รูปแบบ						
	ขนาด						
	ประโยชน์						
B	รูปแบบ						
	ขนาด						
	ประโยชน์						
C	รูปแบบ						
	ขนาด						
	ประโยชน์						
D	รูปแบบ						
	ขนาด						
	ประโยชน์						

ข้อเสนอแนะที่ท่านมีต่อผลิตภัณฑ์ _____

_____

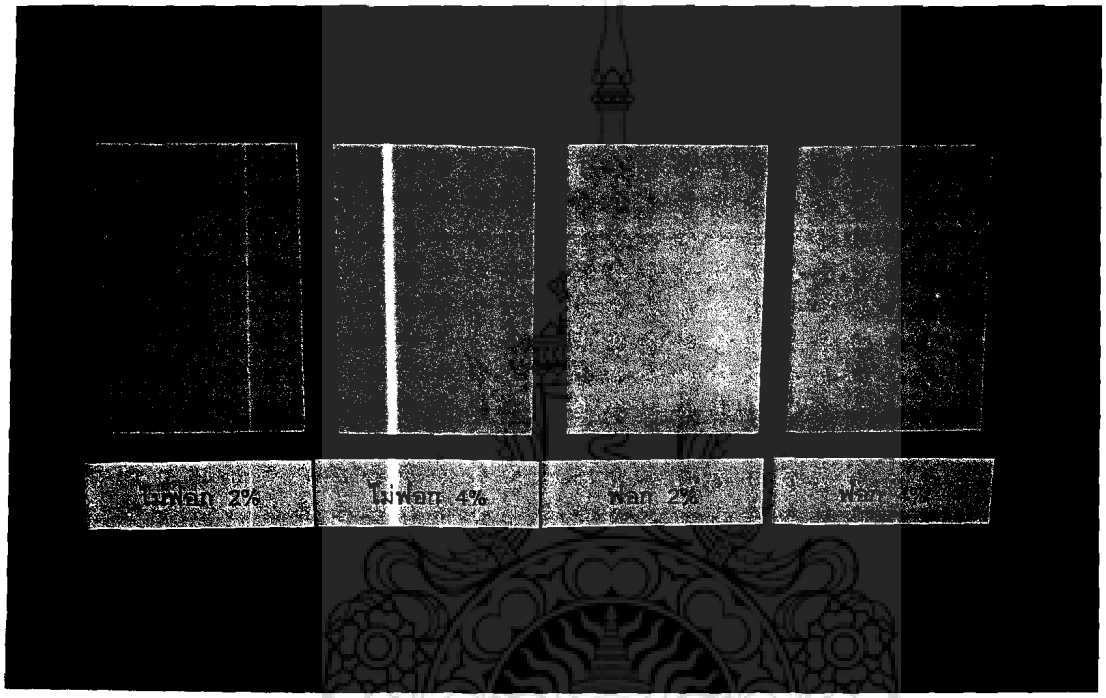
_____

_____

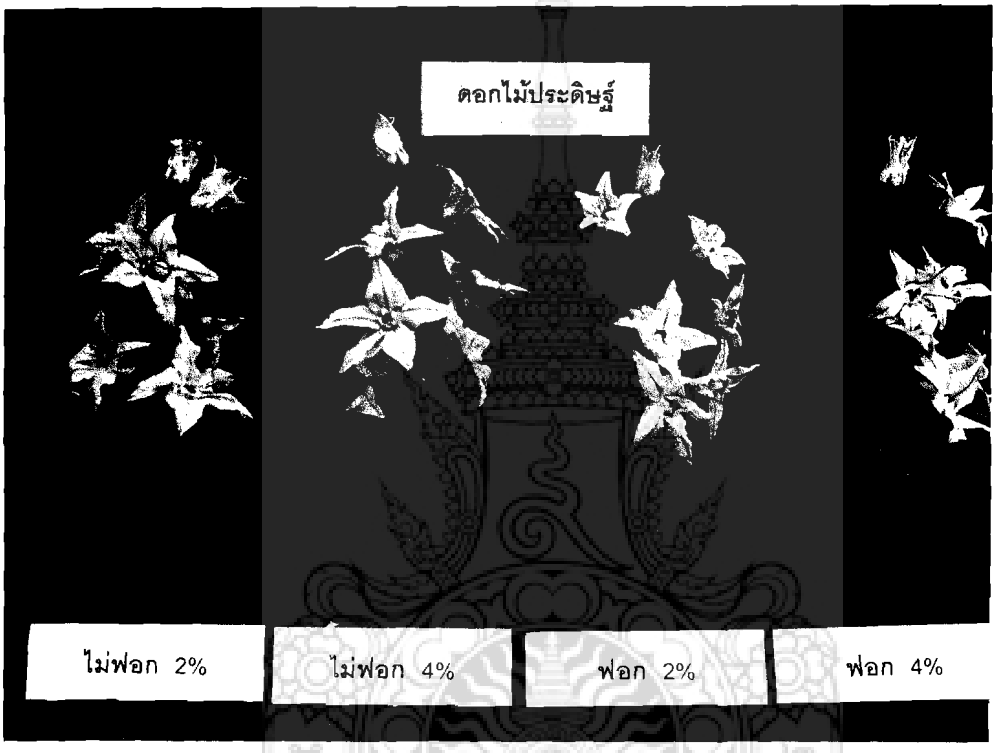
_____

_____

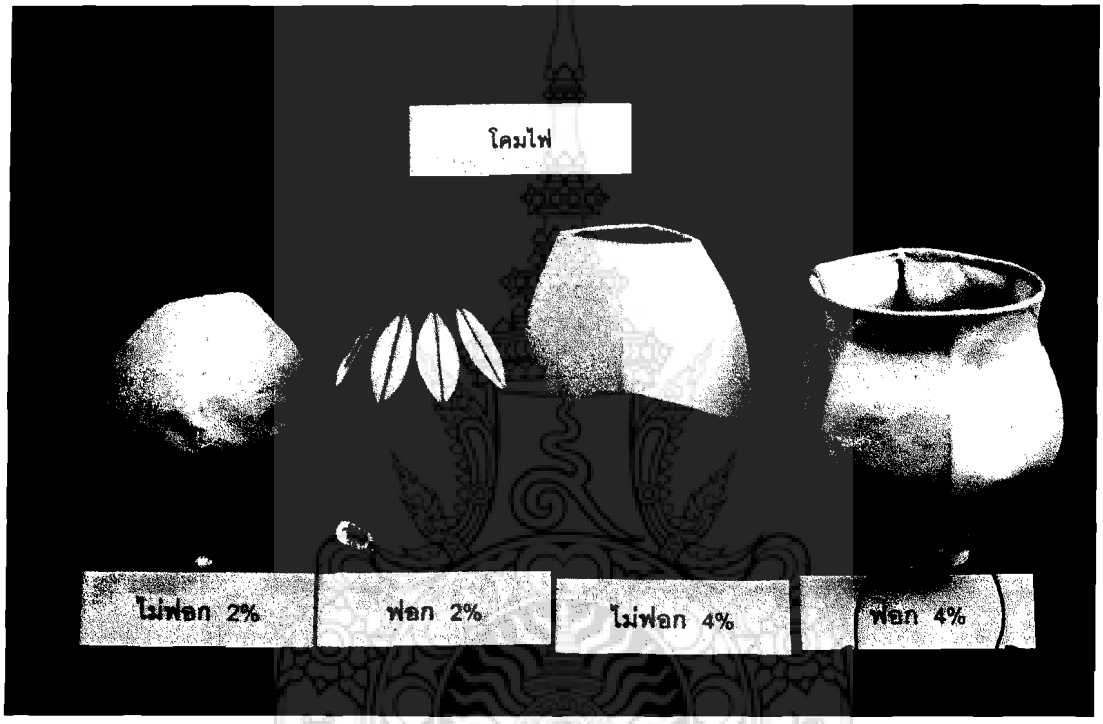
ภาคผนวก ค
รูปกระดาษจากฟางข้าวและผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว



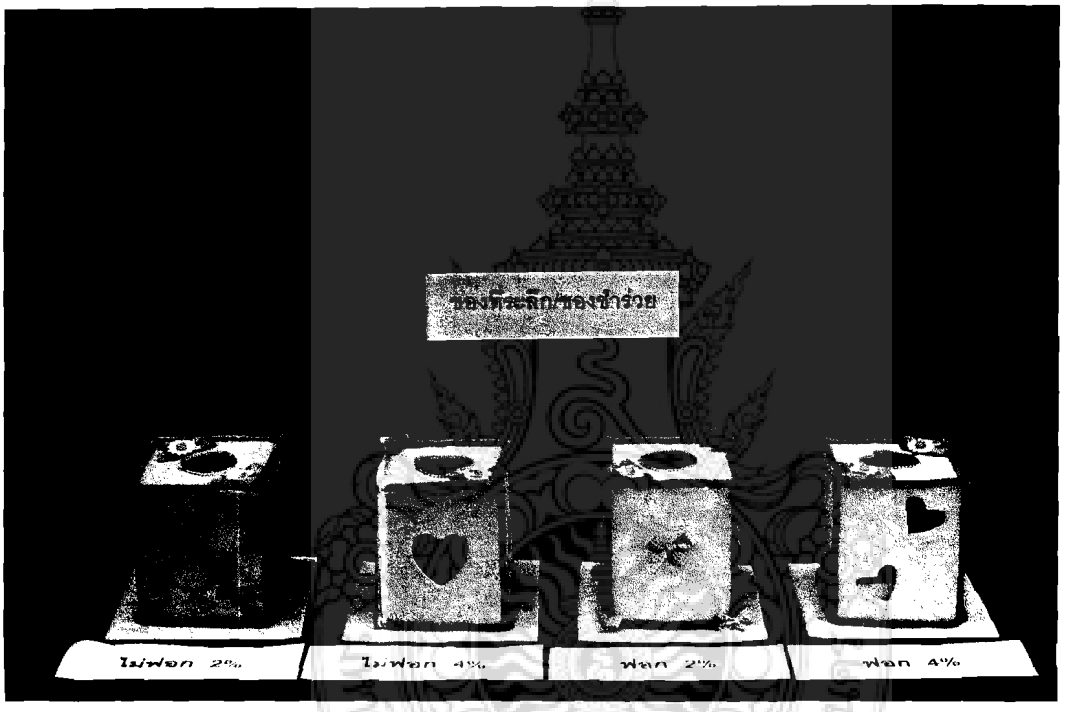
รูปที่ 1 ตัวอย่างกระดาษจากฟางข้าว ทั้ง 4 ชนิด



รูปที่ 2 ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทดอกไม้ประดิษฐ์



รูปที่ 3 ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทโคมไฟ



รูปที่ 4 ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทของที่ระลึก/ของชำร่วย

รูปที่ 5 ผลิตภัณฑ์กระดาษจากฟางข้าว ประเภทเปเปอร์มาเช่