ห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การผลิตกระดาษจากต้นข่า

PAPER FROM GALANGA

โดย

นางสาวสุพัชชา วงศ์น้อย

ซ้ำ ma

b 15558862

i

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.. 033183
วัน. เดือน. ปี 29 มี.ค. 2556

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
แขนงวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตพืช
สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ma สิแล้ว

**ปัญหาพิเศษ**
**ปีการศึกษา 2555**


**ชื่อเรื่อง** **การผลิตกระดาษจากต้นข่า**
Paper from Galanga
**ชื่อ-สกุล** นางสาวสุพัชชา วงศ์น้อย
**แขนงวิชา** เทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตพืช **สาขาวิชา** ครุศาสตร์เกษตร
**คณะ** ครุศาสตร์อุตสาหกรรม
**อาจารย์ที่ปรึกษา** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศศิธร จารุสมบัติ


## บทคัดย่อ


การผลิตกระดาษจากต้นข่ามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขั้นตอนการทำกระดาษจากต้นและใบข่า เพื่อผลิตกระดาษจากต้นและใบข่า และเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของกระดาษที่ได้ แบ่งการผลิตเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ใช้ส่วนของลำต้นข่า และแบบที่ 2 ใช้ส่วนของลำต้นผสมกับใบ (1:1) ใช้วิธีการทำกระดาษสาแบบช้อน วิธีการผลิตต้มน้ำเดือด 10 ลิตร เติมโซดาไฟ (NaOH) ½ กิโลกรัม คนให้ละลายน้ำ นำต้นข่าที่เตรียมไว้ใส่ต้มเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อเปื่อยได้ที่พักให้เย็นแล้วล้างเยื่อด้วยน้ำสะอาด ล้างโซดาไฟออกให้หมด ปั่นเยื่อให้ละเอียด ตักเยื่อใส่กะละมังสำหรับช้อนเยื่อ คนให้เยื่อกระจายทั่ว ๆ ช้อนเยื่อกระดาษขึ้นพักให้หมาดแล้วนำไปผึ่งแดด เมื่อแห้งสนิทค่อย ๆ แกะออกจากเฟรม ทำการเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของกระดาษโดยใช้การตรวจพินิจและการทดสอบสัมผัส ได้แก่ ความนุ่ม เสียงที่เกิดจากการสั่นกระดาษ ความเปราะ ความแตกต่างของผิวกระดาษด้านบนและด้านล่าง ลักษณะพื้นผิว การฉีกขาด ความไม่สม่ำเสมอของการกระจายของเยื่อ คุณลักษณะด้านกลิ่นและสี และการดูดซึม ระหว่างกระดาษข่าแบบที่ 1 กระดาษข่าแบบที่ 2 และกระดาษสา ผลการทดสอบ พบว่า กระดาษข่าแบบที่ 1 แข็งกระด้างมาก และเมื่อสั่นเกิดเสียงดังแกรกกรากมากกว่ากระดาษข่าแบบที่ 2 กระดาษสามีความนุ่มมากและเมื่อสั้นไม่เกิดเสียง กระดาษทั้ง 3 แบบ สามารถพับและงอได้ไม่เปราะและมีลักษณะพื้นผิวไม่เรียบ กระดาษข่าแบบที่ 1 และกระดาษสาฉีกยากกว่ากระดาษข่าแบบที่ 2 ทั้งการฉีกโดยการใช้ไม้บรรทัดและไม่ใช้ไม้บรรทัด กระดาษข่าแบบที่ 1 และ 2 มีการกระจายตัวของเยื่อไม่สม่ำเสมอ มีสีน้ำตาลและมีกลิ่นข่า กระดาษสามีการกระจายตัวของเยื่อสม่ำเสมอกว่า มีสีขาวเนื่องจากผ่านการฟอกสี และการดูดซึมน้ำกระดาษข่าแบบที่ 1 ซึมน้ำได้นานที่สุด รองลงมากระดาษข่าแบบที่ 2 และกระดาษสาซึมน้ำได้เร็วที่สุด ซึ่งกระดาษที่ได้น่าจะเหมาะในการผลิตถุงกระดาษ และบรรจุภัณฑ์กันกระแทก เพราะมีความแข็งแรงและเหนียว จากการผลิตกระดาษข่าการช้อนเยื่อควรใช้ภาชนะและปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับความหนาบางของกระดาษ


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความร่วมมือของทุก ๆ ท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศศิธร จารุสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ให้ความกรุณาเสียสละเวลาในการดูแล ให้คำปรึกษาแนะนำ พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะแนวทางในการทำปัญหาพิเศษ ทั้งให้การเอาใจใส่อย่างเต็มที่ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องและข้อผิดพลาดต่าง ๆ ของปัญหาพิเศษ จนทำให้ปัญหาพิเศษเรื่องนี้เสร็จสมบรูณ์ ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ขอขอบคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือในการทำปัญหาพิเศษ ทั้งทุนทรัพย์ และเสียสละเวลาอย่างเต็มที่

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังในการทำปัญหาพิเศษเรื่องนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณทุก ๆ ท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ทำให้ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาวสุพัชชา วงศ์น้อย

เมษายน 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อปัญหาพิเศษ | ก |
| กิตติกรรมประกาศ | ข |
| สารบัญ | ค |
| สารบัญตาราง | จ |
| สารบัญภาพ | ฉ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของปัญหา | 2 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| บทที่ 2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง | 3 |
| 2.1 ข่า | 3 |
| 2.2 ลักษณะ/คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของต้นข่า | 8 |
| 2.3 ประวัติความเป็นมาของกระดาษ | 10 |
| 2.4 คุณสมบัติของกระดาษ | 11 |
| 2.5 การผลิตกระดาษแบบต่าง ๆ | 13 |
| 2.6 ด่างสำหรับต้มเยื่อ | 24 |
| 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 25 |
| บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ | 27 |
| 3.1 วัสดุและอุปกรณ์ | 27 |
| 3.2 ขั้นตอนการผลิตกระดาษ | 27 |
| 3.3 สถานที่ทำการผลิตกระดาษ | 28 |
| 3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตกระดาษ | 28 |
| บทที่ 4 ผลการสร้างอุปกรณ์ | 29 |
| 4.1 วิธีการทดสอบคุณลักษณะของกระดาษ | 29 |
| 4.2 ผลการทดสอบ | 30 |
| บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ | 33 |
| 5.1 สรุป | 33 |
| 5.2 ปัญหาที่พบ | 35 |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ | 35 |
| บรรณานุกรม | 36 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ..... 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1 ค่าการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยข่า ..... 8
2 การเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของกระดาษโดย
ใช้การตรวจพินิจและการทดสอบสัมผัส ..... 30
3 การเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของของกระดาษโดย
ใช้การตรวจพินิจและการทดสอบสัมผัสเปรียบเทียบการดูดซึม ..... 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่


1 วัตถุดิบ ..... 40
2 การต้มต้นข่า ..... 40
3 เยื่อข่าที่ได้จากการต้ม ..... 41
4 เยื่อข่าหลังล้างน้ำสะอาด ..... 41
5 เยื่อข่าที่ได้จากการปั่น ..... 42
6 น้ำเยื่อกระดาษข่า ..... 42
7 เยื่อกระดาษข่าที่ได้จากการช้อน ..... 43
8 การเปรียบเทียบความไม่สม่ำเสมอของการกระจายของเยื่อกระดาษทั้ง 3 แบบ ..... 45
9 การเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำของกระดาษทั้ง 3 แบบ ..... 45
10 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผิวกระดาษ ด้านบนและด้านล่างของกระดาษทั้ง 3 แบบ ..... 46
11 การเปรียบเทียบการฉีกขาดของกระดาษทั้ง 3 แบบ วิธีที่ 1 ฉีกโดยไม่ใช้ไม้บรรทัด ..... 47
12 การเปรียบเทียบการฉีกขาดของกระดาษทั้ง 3 แบบ วิธีที่ 2 ฉีกโดยการใช้ไม้บรรทัด ..... 48
13 การเปรียบเทียบเสียงที่เกิดจากกระดาษทั้ง 3 แบบ ..... 49


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญของปัญหา

ข่าเป็นพืชล้มลุกอยู่ในสกุล *Alpinia* เป็นพืชทางเอเชียเขตร้อน เจริญเติบโตได้ในทุกสภาพพื้นที่ทุกภาคของประเทศไทยที่เป็นที่ลุ่มชื้นแฉะไม่มีน้ำขัง ข่ามีลำต้นใต้ดินเรียกว่า เหง้า ส่วนบนดินเป็นลำต้นเทียมที่เกิดจากกาบใบซ้อนทับกันมองดูคล้ายกับลำต้น (ผกายมาส อุดมผล, 2553 : 53) สรรพคุณทางยา ลำต้นมีรสเผ็ดร้อนซ่า ลำต้นแก่โขลกผสมน้ำมันมะพร้าวทาแก้ตะคริว แก้ปวดเมื่อยตามกล้ามเนื้อ (โชติอนันต์ และคณะ, 2550 : 85) นิยมปลูกไว้ในครัวเรือนเพื่อใช้ในการประกอบอาหารและเป็นยา

คนไทยใช้ข่าปรุงอาหารมากกว่าชนชาติใดในโลก ในประเทศไทยปลูกกันมากที่จังหวัดนครสวรรค์ ส่วนที่ใช้ปรุงอาหารมากที่สุด คือ เหง้า (ลำต้นใต้ดิน) ทั้งอ่อนและแก่ ในการเก็บเกี่ยวข่าเกษตรกรจะเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 4-6 เดือน โดยการขุดเหง้า จากนั้นทำการตัดแต่งรากและกาบใบตัดลำต้น (ลำต้นเทียม) เหลือทิ้งไว้ประมาณ 5 เซนติเมตร ลำต้นส่วนที่เหลือจะเป็นวัสดุเหลือทิ้ง ถูกทิ้งไว้โคนต้นไม้เพื่อให้เป็นปุ๋ย

สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ร่วมกับ บริษัท ไทยนำโชคเท็กซ์ไทล์ จำกัด ได้ทำการศึกษาวิจัยการใช้เส้นใยจากลำต้นข่ามาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยการนำมาพัฒนาเป็นวัสดุสิ่งทอ คือ เส้นใย เส้นด้าย และผ้าผืน ด้วยการนำลำต้นข่ามาผลิตเป็นเส้นใยเริ่มจากกระบวนการแยกเส้นใย จากนั้นปรับปรุงเส้นใยข่าด้วยกระบวนการทางเคมี และเข้าสู่กระบวนการปกติของการผลิตเส้นด้าย จนได้เป็นเส้นใยที่กระจายตัว มีการเรียงตัวที่ดีและสะอาด นำเส้นใยที่ได้ไปผสมรวมกับวัตถุดิบเส้นใยชนิดอื่น ๆ เช่น ฝ้าย เรยอน เพื่อปั่นเป็นเส้นด้ายพิเศษ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ส่วนผสมระหว่างใยข่ากับใยฝ้ายในอัตราส่วน 20 : 80 นำมาทอผ้าผืนจากนั้นตกแต่งเพิ่มเติมเพื่อทำให้ผ้ามีผิวสัมผัสที่นุ่มขึ้น ซึ่งเหมาะต่อการตัดเย็บเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องนุ่งห่มและเคหะสิ่งทอ เช่น เครื่องแต่งกาย เสื้อสูท เสื้อคลุมอาบน้ำ ผ้าคลุมไหล่ ผ้าพันคอ หมอนอิง และผ้าม่าน เป็นต้น (ชาญชัย สิริเกษมเลิศ, 2554 : http://library.dip.go.th)

การใช้ประโยชน์จากข่าโดยใช้ประกอบอาหารและพัฒนาเส้นใยจากลำต้นเป็นวัสดุสิ่งทอได้นั้นจะมีส่วนเหลือทิ้งที่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ เช่น ส่วนของใบ ผู้ทำปัญหาพิเศษจึงเห็นว่า ต้นข่าที่เหลือจากการขุดเหง้า น่าจะนำมาใช้ประโยชน์โดยการนำมาทำกระดาษได้ เพราะลักษณะของเส้นใยในลำต้นข่าเป็นเส้นใยเดี่ยวยึดเกาะกันอยู่ในลักษณะเป็นมัด (Bundle) ของเส้นใย และมีพืชหลายชนิดที่สามารถนำส่วนต่าง ๆ มาใช้ผลิตกระดาษได้ เช่น สับปะรด กล้วย ผักตบชวา และปอสา เป็นต้น ในการผลิตกระดาษจากต้นข่าในครั้งนี้จะใช้วิธีการทำเช่นเดียวกับการทำกระดาษสาแบบช้อน แต่จะไม่ทำการฟอกและย้อมสีเยื่อกระดาษ เพื่อให้ได้กระดาษที่มีสีเป็นธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1.2 วัตถุประสงค์**

1.2.1 เพื่อศึกษาขั้นตอนการทำกระดาษจากต้นและใบข่า

1.2.2 เพื่อผลิตกระดาษจากต้นและใบข่า

1.2.3 เปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของกระดาษที่ได้จากส่วนของลำต้น และกระดาษที่ได้จากลำต้นและใบ

**1.3 ขอบเขตของปัญหา**

1.3.1 การผลิตกระดาษจากต้นข่า ใช้ลำต้นข่า (ลำต้นเทียม) และใบในการทำกระดาษ ทำการผลิตกระดาษ 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ผลิตโดยใช้ส่วนของลำต้น แบบที่ 2 ผลิตโดยใช้ส่วนของลำต้นผสมกับใบ (1:1) กระดาษทั้ง 2 แบบผลิตโดยวิธีการทำกระดาษสาแบบช้อน

1.3.2 การเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของกระดาษโดยใช้การตรวจพินิจและการทดสอบสัมผัส

**1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1.4.1 ได้กระดาษที่ผลิตจากต้นข่า (ลำต้นและใบ) สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุในการทำผลิตภัณฑ์จากกระดาษได้

1.4.2 สามารถใช้ประโยชน์จากต้นข่า (ลำต้นและใบ) ที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้อย่างคุ้มค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2

## การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ข่าเป็นพืชที่อยู่ในสกุล *Alpinia* ซึ่งมีอยู่ด้วยกันประมาณ 250 ชนิด เป็นพืชพื้นเมืองของเอเชีย ในบางครั้งก็เรียกชื่อสกุลนี้ว่า *Languas* อันเป็นชื่อพ้อง ในประเทศมาเลเซียใช้ข่าเป็นเครื่องเทศ ผลใช้เป็นเป็นเครื่องเทศแทนกระวานสำหรับในบ้านเราใช้แต่งกลิ่นอาหาร ฆ่ากลิ่นคาวของเนื้อและปลา สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด เป็นส่วนผสมในเครื่องแกงหลายชนิด เป็นส่วนผสมของลูกแป้งที่ใช้ทำข้าวหมากและเหล้า สำหรับข่าเมืองจีนนิยมใส่ข้าวต้มปลาเพื่อฆ่ากลิ่นคาว (นิจศิริ เรืองรังษี, 2542 : 22-23) นอกจากนี้ยังเป็นพืชสมุนไพรในการปรุงยาแผนโบราณ ข่าใช้เป็นยาในหลาย ๆ ประเทศ แต่หมดบทบาทไปจากครัวเกือบหมด จะยกเว้นก็เฉพาะครัวไทยและอินโดนีเซียเท่านั้นที่ยังใช้ข่าอยู่มาก (ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์, 2545 : 188)

ข่าเป็นพืชป่าที่ถูกใช้เป็นพืชเครื่องเทศมาช้านานโดยนิยมใช้ในหมู่ประชาชนในเขตเอเชียใต้และตะวันออกเฉียงใต้ ในยุคล่าอาณานิคมประเทศแถบยุโรปหลายประเทศได้เข้ายึดครองพื้นที่เหล่านี้ นักพฤกษศาสตร์หลายกลุ่มได้เข้าศึกษาและตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ให้กับข่าไว้หลายชื่อ ดังนี้ (พิทยา สรวมศิริ, 2551 : 159)

- *Maranta galanga* L. (1762)
- *Languas vulgare* Koenig (1783)
- *Amomum galangal* (L.) Lour. (1790)
- *Languas galanga* (L.) Stuntz (1912)
- *Alpinia galanga* (L.) Willd. (ปัจจุบัน)

### 2.1 ข่า

การศึกษาเกี่ยวกับชื่อสามัญภาษาไทย ชื่อสามัญภาษาอังกฤษ ชื่อวิทยาศาสตร์ และชื่อวงศ์ของข่า ดังนี้ (โชติอนันต์ และคณะ, 2550 : 83)

ชื่อสามัญภาษาไทย : ข่าหยวก ข่าหลวง กฏุกกโรหินี เสะเออเคย

ชื่อสามัญภาษาอังกฤษ : Galanga

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Alpinia galanga* (Linn.) Willd.

ชื่อวงศ์ : ZINGIBERACEAE

#### 2.1.1 ถิ่นกำเนิด

ไม่มีหลักฐานระบุชัดเจนว่าแหล่งกำเนิดของข่าอยู่ในที่ใด แต่เคยมีการรายงานการใช้ประโยชน์ในจีนและอินโดนีเซีย ปัจจุบันพบปลูกอยู่โดยทั่วไปในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเดีย บังคลาเทศ และจีน แสดงถึงการกระจายตัวอย่างกว้างของพืชชนิดนี้ในเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (พิทยา สรวมศิริ, 2551 : 159)

**2.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์**

**ลำต้น** ไม้ล้มลุกลำต้นเหนือดินเป็นลำต้นเทียม (Pseudostem) เกิดจากกาบใบที่หุ้มซ้อนทับกัน มีสีเขียวทรงกระบอกกลม ลำต้นใต้ดินเป็นเหง้า (Rhizome) มีข้อและปล้องชัดเจน เลื้อยขนานพื้นดินและแตกแขนงเป็นแง่งเป็นง่าม เหง้าหัวมีขนาดใหญ่สีขาว กลิ่นหอม (โชติอนันต์ และคณะ, 2550 : 83) มีรากแข็งหลายเส้นออกมาจากเหง้าข่า ความสูงประมาณ 2 เมตร อยู่เป็นกอเกาะกลุ่มกัน (ผกายมาส อุดมผล, 2553 : 53)

**ใบ** เป็นใบเดี่ยว แตกใบเวียนรอบต้น ลักษณะใบรูปขอบขนานหรือรูปขอบขนานแกมรูปไข่ กว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ขอบใบเรียบและบางช่วงเป็นคลื่น ปลายใบเป็นติ่งแหลมหรือเรียวแหลม โคนใบเฉียงและสอบเรียวเข้าหาก้านใบ แผ่นใบสีเขียวเข้มเป็นมัน ก้านใบสั้น (โชติอนันต์ และคณะ, 2550 : 83)

**ดอก** ออกดอกเป็นช่อแบบช่อกระจะ ออกช่อตรงปลายยอดยาว 15-30 เซนติเมตร ดอกช่อจะจัดอยู่ด้วยกันอย่างหลวม ๆ ช่อที่ยังอ่อนจะมีกาบสีเขียวอมเหลืองหุ้มมิด ส่วนดอกสีขาวอมม่วงแดง บานจากข้างล่างขึ้นบน ก้านช่อเกลี้ยง แกนกลางช่อมีขน กลีบรองกลีบดอกยาวประมาณ 8 มิลลิเมตร สีขาวอมเขียว มีขน โคนเชื่อมติดกัน ปลายแยกเป็นหยักมน ๆ 3 หยัก กลีบดอกยาว 2.5-3 เซนติเมตร โคนเชื่อมติดกันเป็นหลอดสั้น ๆ ปลายแยกเป็น 3 กลีบ มีกลีบบนหนึ่งกลีบ กลีบล่างสองกลีบ รูปขอบขนาน หรือขอบขนานแคบ ๆ กลีบบนกว้างกว่ากลีบล่าง เวลาบานจะกางออก กลีบชั้นในยาว 1.5-2 เซนติเมตร โคนคอดคล้ายก้าน ขอบหยักที่โคนกลีบดอกชั้นในมีเกสรตัวผู้เทียมเล็ก ๆ 2 อัน ยาว 8-10 มิลลิเมตร เกสรตัวผู้ 1 อัน รูปโค้ง ยาว 2.5 เซนติเมตร ก้านเกสรแบนอับเรณูยาวประมาณ 6-7 มิลลิเมตร รังไข่ 1 อัน รูปเกือบกลม ยาวประมาณ 4 มิลลิเมตร ภายในแบ่งเป็น 3 ช่อง มีไข่อ่อนช่องละ 1-2 หน่วย (มหิดล,มหาวิทยาลัย, ม.ป.ป. : 68)

**ผล** เปลือกแข็งรูปร่างกลมโตหรือรี ขนาดเท่าเม็ดบัว ขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร ผลอ่อนสีเขียวเมื่อแก่จะมีสีแดงอมส้ม ผลแก่จัดจะมีสีดำ ภายในมีเมล็ดเล็ก ๆ สีดำ 2-3 เมล็ด มีรสขมและเผ็ด (ผกายมาส อุดมผล, 2553 : 53)

**2.1.3 พันธุ์**

1. ข่าน้ำ (*Alpinianigra* (Gaertn.) B.L.Burtt)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้ล้มลุกที่มีอายุยาวนานหลายปี ลำต้นลงหัวอยู่ใต้ดิน ลักษณะลำต้นมีข้อและปล้องเห็นชัดเจนอยู่ใต้ดิน ส่วนที่อยู่เหนือดินจะเป็นก้านและใบ สูงประมาณ 1-2 เมตร ใบเป็นรูปไข่ยาว หรือรูปรีขอบขนานคล้ายใบพาย สีเขียวเข้มเป็นมัน ออกเป็นแบบสลับมีกาบใบหุ้มลำต้น ใบกว้าง 5-11 เซนติเมตร ยาว 20-40 เซนติเมตร ปลาบใบแหลม ดอกออกที่ยอดเป็นดอกช่อ ก้านดอกยาว ดอกย่อยมีขนาดเล็ก สีชมพูหรือขาวอมม่วงแดง ผลรูปร่างรีเมื่อแก่เป็นสีดำ ขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร มีเมล็ดอยู่ภายใน (กัญจนา ดีวิเศษ และคณะ, 2542 : 45)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ข่าลิง (*Alpinia conchigera* Griff.)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้ล้มลุกข้ามฤดู สูง 1.5-2 เมตร มีเหง้าอยู่ใต้ดินขนาดเล็กเท่านิ้วมือ ลักษณะภายนอกของลำต้นมีข้อและปล้องเห็นชัดเจน ส่วนที่อยู่เหนือดินจะเป็นก้านและใบ ใบเป็นรูปไข่ยาว หรือรูปรีขอบขนาน ปลายใบแหลมคล้ายใบข่าบ้าน ขนาดกว้างประมาณ 4-5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 8-10 เซนติเมตร ใบสีเขียวเข้มเป็นมัน ออกเป็นแบบสลับ มีกาบใบหุ้มลำต้น ดอกเป็นดอกช่อออกที่ยอด ก้านดอกยาว ดอกย่อยมีขนาดเล็กกลีบดอกสีขาวกระน้ำตาล โคนติดกันเป็นหลอดสั้น ๆ ปลายแยกเป็น 3 กลีบ กลีบใหญ่ที่สุดมีริ้วสีแดง ผลรูปร่างกลมรีเมื่อสุกเป็นสีส้ม ขนาดประมาณ 5 มิลลิเมตร มีเมล็ดอยู่ภายใน (อร่าม คุ้มกลาง และคณะ, 2541 : 39)

3. ข่าเล็ก (*Alpinia officinarum* Hance)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้ล้มลุกอายุหลายปี เป็นพืชจำพวกขิง สูงประมาณ 30-80 เซนติเมตร มีเหง้าใต้ดินเป็นข้อ ๆ รอบข้อมีรากเล็ก ๆ ลักษณะเหง้ากลมยาว เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร สีน้ำตาลแดงหรือม่วงแดงเล็กน้อย เนื้อในเหง้าเป็นสีเหลือง มีการแตกหน่อเล็กน้อย กลิ่นหอมฉุน ใบเป็นรูปหอกยาวปลายแหลม ขอบเรียบ ลักษณะใบห่อลำต้นยาวประมาณ 15-30 เซนติเมตร กว้างประมาณ 1-3 เซนติเมตร ใบสีเขียวเข้ม ผิวใบเรียบมันทั้งสองด้าน ออกดอกเป็นช่อที่ปลายยอด มีขนาดเล็ก สีแดงอมม่วงเล็กน้อย ก้านช่อดอกมีขนเล็กน้อย สีน้ำตาลแดง ผลรูปร่างกลมรี เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เซนติเมตร ยาว 1 เซนติเมตร เมื่อสุกมีสีส้มแดง มีเมล็ดอยู่ภายใน (วิทยา บุญวรพัฒน์, 2554 : 124)

4. ข่าใหญ่ (*Alpinia siamense* K. Schum.)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้ล้มลุกเนื้ออ่อน ลำต้นลงหัวอยู่ใต้ดิน ลักษณะลำต้นมีข้อและปล้องเห็นชัดเจน แง่งยาว สีขาวอวบ ลำต้นบนดินเป็นก้านแข็งกลม สีเขียว ใบเป็นใบเดี่ยวออกเรียงสลับ ใบรีแกมขอบขนาน ปลายใบเป็นติ่งแหลมสั้น โคนใบมน หลังใบและท้องใบเรียบ ขอบใบเรียบ ใบแข็งหนาเส้นใบถี่ใบคล้ายสาคูหัว จำพวก กะลา กะวาน ก้านใบเป็นกาบหุ้มลำต้น มีดอกออกจากกอขึ้นไปเป็นช่อใหญ่ สีแดงม่วงประเป็นจุด ๆ โคนกลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นหลอดสั้น ๆ ปลายแยกเป็น 3 กลีบ ผลรูปร่างกลม ผิวเรียบ ผลอ่อนมีสีเขียวพอแก่เป็นสีดำและแตกออก (นิจศิริ เรืองรังษี, 2547 : 63)

**2.1.4 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม**

ข่าเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ในทุกสภาพพื้นที่ ทุกภาคของประเทศไทยที่เป็นที่ลุ่มชื้นแฉะ ไม่มีน้ำขัง เช่น ริมคลองหรือริมตลิ่ง ซึ่งดินมีความชื้นสูง (โชติอนันต์ และคณะ, 2550 : 84) ต้องการแดดจัดหรือร่มเงาเล็กน้อย ร่มเงามากจะทำให้พืชมีทรงพุ่มใหญ่ ใบใหญ่ แต่ไม่แตกกอและมีเหง้าเล็ก ผลผลิตต่ำ เนื่องจากใบสังเคราะห์แสงและสร้างอาหารได้น้อยกว่าในสภาพที่แสงมีความเข้ม ข่าต้องการดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง มีความโปร่งเบา เช่น ดินร่วนปนทรายที่มีอินทรียวัตถุสูง คุณสมบัติสำคัญของดิน คือ ต้องระบายน้ำได้ดี ข่าสามารถเจริญเติบโตได้ดี แม้ในระดับความสูงถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1,200 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล แสดงถึงความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิต่ำได้พอสมควร (พิทยา สรวมศิริ, 2551 : 164)

**2.1.5 การปลูกและการขยายพันธุ์**

ในประเทศไทยข่าเป็นพืชที่โดยปกติถูกเพาะปลูกเป็นพืชในสวนครัวหลังบ้านเพื่อใช้เป็นพืชเครื่องเทศและยาพื้นบ้าน มีแหล่งเพาะปลูกเชิงการค้าเพื่อส่งจำหน่ายในเมืองใหญ่อยู่บ้าง ในหลายจังหวัด ได้แก่ อุตรดิตถ์ กำแพงเพชร นครสวรรค์ ลพบุรี กาฬสินธุ์ สมุทรปราการ ฉะเชิงเทรา จันทบุรี และราชบุรี โดยจำหน่ายในลักษณะข่าอ่อน ข่าสด และแกนในของลำต้นเทียม ยังไม่มีรายงานการผลิตข่าแห้ง และข่าแปรรูปเชิงอุตสาหกรรม ถึงแม้จะเป็นพืชที่มีศักยภาพค่อนข้างสูง (พิทยา สรวมศิริ, 2551 : 165-166)

**การปลูก** ไม่นิยมขึ้นแปลงปลูกข่าเหมือนขิงหรือกระทือ แต่จะปลูกข่าเป็นหลุม โดยปลูกเป็นแถวตามบริเวณขอบแปลง ขอบร่องน้ำในสวน ขอบบ่อปลาหรือเป็นแถวแซมในสวนไม้ผล ขณะสร้างสวนไม้ผลใหม่ ๆ หลังจากเตรียมดินโดยไถปราบวัชพืชแล้ว จะขุดหลุมขนาด 50×50 เซนติเมตร ความลึกประมาณ 30-50 เซนติเมตร รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอก เศษพืช และปุ๋ยเคมีผสมกับปูน แล้วจึงปลูกท่อนพันธุ์ข่าหลุมละ 1 ท่อน ก่อนกลบดินและคลุมดินด้วยวัสดุรักษาความชื้น ท่อนพันธุ์ในหลุมควรอยู่สูงกว่าพื้นดินเล็กน้อยเสมอ เพื่อป้องกันปัญหาจากน้ำท่วมขังในหลุมปลูก

**การขยายพันธุ์** นิยมขยายพันธุ์โดยใช้ส่วนของเหง้า นำมาตัดเป็นท่อนยาวประมาณ 5 เซนติเมตร ปกติจะใช้วิธีขุดขึ้นทั้งกอแล้วตัดแยกส่วนของเหง้าเป็นท่อน ๆ โดยให้มีหน่ออ่อน หรือตาที่กำลังพัฒนาติดไปกับส่วนท่อนเหง้าด้วย นำไปปลูกทันทีหลังจากตัดท่อนเหง้าแล้ว เพื่อความสะดวกในการขนส่งให้ตัดลำต้นเทียมที่ระดับความสูงจากเหง้า 10 เซนติเมตร เพื่อสะดวกในการขนส่งเหง้าไปขยายพันธุ์

**2.1.6 การดูแลรักษา**

ข่าหลังปลูกไม่ต้องดูแลมากนัก ช่วงข่ายังเล็กหมั่นดูแลตัดหญ้าไม่ให้ขึ้นแข่งกับข่าก็พอ การให้น้ำจะไม่ให้บ่อยเหมือนผักทั่วไปเพราะอาจทำให้เหง้าเน่าได้ การดูแลรักษาต้นข่าในช่วงเจริญเติบโต ได้แก่ การกำจัดวัชพืช การพูนโคน การคลุมโคน การจัดการด้านธาตุอาหาร การจัดการด้านโรคแมลง และการตัดแต่งทรงพุ่ม ดังนี้ (พิทยา สรวมศิริ, 2551 : 166-167)

**การกำจัดวัชพืชและการพูนโคน** เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องดำเนินการในระยะแรกของการเจริญเติบโตจนถึงต้นพืชมีอายุได้ 6-12 เดือน มีการแตกกอมาก ปัญหาวัชพืชจะลดลง แต่การพูนโคนจะเป็นสิ่งจำเป็นต่อไป เพราะพืชมีนิสัยแท่งหน่อจากส่วนบนของเหง้า ทำให้ตาอ่อนมีแนวโน้มอยู่เหนือดิน ทำให้เสียหายได้ง่ายเมื่อกระทบแสงแดดจัด การพูนโคนจะต้องทำทุกครั้งหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต

**การคลุมโคน** จะเน้นมากในกรณีของการผลิตข่าอ่อน การคลุมโคนจะช่วยรักษาความชื้นในดิน และช่วยรักษาอุณหภูมิในดินให้คงที่และพอเหมาะ การแทงหน่อใหม่จะเกิดได้มากและหน่อมีความอวบใหญ่ ทำให้ได้เหง้าข่าอ่อนที่อวบน้ำ มีขนาดใหญ่น่ารับประทาน

**การจัดการด้านธาตุอาหาร** ข่าเป็นพืชที่ชอบปุ๋ยอินทรีย์และธาตุอาหารประเภทไนโตรเจน เกษตรกรนิยมใช้ปุ๋ยคอกจากฟาร์มไก่กระทง ซึ่งจะมีส่วนผสมของแกลบกับมูลไก่ ทำให้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ทั้งการคลุมโคนและการเพิ่มธาตุอาหารที่มีไนโตรเจนสูงให้กับดิน นิยมใช้มากในการเพาะปลูกเพื่อผลิตข่าอ่อน และผลิตจำหน่ายแกนกลางของลำต้นเทียม ควรใส่ปีละ 2 ครั้ง หรือทุกครั้งหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งจะเก็บเกี่ยวเมื่อข่าอายุได้ 4 เดือน ในกรณีเช่นนี้จะใช้ปุ๋ยเคมีน้อยลง ต่างจากการผลิตข่าแก่ ซึ่งจะเก็บเกี่ยวเมื่ออายุได้ 7 เดือน ต้องเติมปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมด้วยนอกเหนือจากธาตุไนโตรเจน แต่การปลูกข่าเพื่อผลิตข่าแก่มีน้อยมากในปัจจุบัน การเพาะปลูกข่าแก่จะเน้นใช้เป็นวัตถุดิบในการกลั่นหรือสกัดสารให้กลิ่นและรสชาติ (Oil หรือ Oleoresin) เท่านั้น ซึ่งยังมีการศึกษาน้อยมากในประเทศไทย

**การจัดการด้านโรคแมลง** ไม่พบปัญหามากนัก ยกเว้นในกรณีของการปลูกซ้ำที่เป็นเวลานาน และมีการใช้ปุ๋ยมูลไก่ค่อนข้างมาก จะทำให้เกิดปัญหาที่เหง้าซึ่งจะอวบน้ำมากและถูกเข้าทำลายโดยโรคและแมลงในดิน โดยเฉพาะโรคเน่าของเหง้า แต่โดยปกติข่าจะมีปัญหาด้านโรคแมลงน้อยมาก เพราะเป็นพืชที่สามารถสร้างสารควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทั้งเชื้อรา แบคทีเรีย และทำลายตัวอ่อนของแมลงได้ดี

**การตัดแต่งทรงพุ่ม** เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อตัดหน่อที่ออกดอกและหมดอายุและแห้งตายอยู่ในกอ ทั้งนี้เพื่อลดปัญหาการบังแสงและเปิดโอกาสให้ใบจากหน่อใหม่สังเคราะห์แสงได้เต็มที่ ปกติจะตัดออกพร้อมกับการเก็บเกี่ยวและพูนโคน

**การให้น้ำ** ตอนเริ่มปลูกใหม่ ๆ ควรให้น้ำวันละ 1-2 ครั้ง ทั้งเช้าและเย็น หรือให้ดินมีความชื้นเพียงพอ หลังจากข่าเจริญแล้ว จึงให้น้ำน้อยลง 2-3 วันต่อครั้ง (อุดม โกสัยสุข, 2529 : 17)

### 2.1.7 ประโยชน์

**1. ทางอาหาร**

ข่ามีกลิ่นหอม รสเผ็ดปร่า เหง้าอ่อน ต้นอ่อน และดอกอ่อนรับประทานเป็นผักสดหรือลวกจิ้มน้ำพริก ลำต้นอ่อนคนอีสานนำมาต้มเป็นเมี่ยงรับประทานกับยอดอ่อนมะยม เหง้าอ่อนใช้ปรุงเป็นอาหาร เช่น ต้มข่าไก่ ต้มยำ หรือลาบ เหง้าแก่ใช้เป็นเครื่องเทศแต่งกลิ่นอาหาร ดับกลิ่นคาวของเนื้อสัตว์ต่าง ๆ ซึ่งเหง้าข่าอ่อน 100 กรัม ให้พลังงาน 20 กิโลแคลอรี มีคุณค่าอาหาร ดังนี้ เส้นใย 1.1 กรัม แคลเซียม 5 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 27 มิลลิกรัม เหล็ก 0.1 มิลลิกรัม เบต้า-แคโรทีน 18 ไมโครกรัม วิตามินบี 1 0.13 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 0.15 มิลลิกรัม ไนอะซิน 0.4 มิลลิกรัม และวิตามินซี 23 มิลลิกรัม (นิดดา หงส์วิวัฒน์ และคณะ, 2548 : 49)

**2. ทางยา**

ข่ามีสรรพคุณทางยาไม่น้อย สามารถใช้ในการบำบัดรักษาโรคต่าง ๆ ได้ โดยใช้ส่วนของราก เหง้าหัวใต้ดิน ใบ ต้น และผล เป็นต้น (โชติอนันต์ และคณะ, 2550 : 84-85)

**2.1 ราก** รสร้อนปร่า เป็นยาขับเสมหะ ขับโลหิต แก้เหน็บชา ขับหลอดลม

**2.2 เหง้าและราก** รสร้อนปร่า เป็นยาขับลม แก้ปวดท้อง ท้องเสีย อาหารไม่ย่อย รักษาอาการจุกเสียดแน่นท้อง

**2.3 เหง้าหัวใต้ดิน** รสเผ็ดร้อนขม ขับลม แก้ฟกช้ำ แก้บวม แก้อาการท้องอืด ท้องเฟ้อ แก้กลากเกลื้อน ขับลมในลำไส้ แก้ปวดมวนในท้อง ใช้ภายนอก รักษาอาการคันในโรคลมพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.3 ใบ** รสเผ็ดร้อน เป็นยาแก้กลากเกลื้อน ฆ่าพยาธิ และต้มอาบแก้ปวดเมื่อยข้อ

**2.5 ต้น** รสเผ็ดร้อนซ่า ต้นแก่โขลกผสมน้ำมันมะพร้าวทาแก้ตะคริว

**2.6 ผล** รสเผ็ดร้อนฉุน เป็นยาช่วยย่อยอาหาร แก้ปวดท้อง แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ แก้คลื่นเหียนอาเจียน แก้บิด แก้ลมแน่นหน้าอก

**2.7 ดอก** รสเผ็ดร้อน เป็นยาแก้กลากเกลื้อน

**2.8 หน่อ** รสเผ็ดร้อนหวาน บำรุงไฟธาตุ แก้ลมแน่นหน้าอก

## 2.2 ลักษณะ/คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของต้นข่า

### 2.2.1 ลักษณะของเหง้าข่า

เมื่อศึกษาลักษณะทางจุลทรรศน์ของเหง้าข่าภาคตัดตามขวาง (Cross-section) จะพบลักษณะที่คล้าย ๆ กับเหง้าของพืชในวงศ์ Zingiberaceae ต้นอื่น ๆ คือ พบเม็ดแป้งกระจัดกระจายอยู่ในเซลล์พาเรงคิมา (Parenchyma Cell) มีเซลล์ที่มีน้ำมันชันบรรจุอยู่ เมื่อดูจากลักษณะของผงก็จะเห็นเม็ดแป้งเป็นรูปยาวรี ท่อนำน้ำและอาหารเป็นชนิดร่างแหเป็นส่วนใหญ่ (นิจศิริ เรืองรังษี, 2542 : 23)

### 2.2.2 ลักษณะของเส้นใยข่า

ลักษณะของเส้นใยข่าจากลำต้นรูปทรงตามภาคตัดตามขวาง (Cross-section) พบว่ามีลักษณะเป็นเส้นใยเดี่ยวที่ยึดเกาะกันอยู่ในลักษณะเป็นมัด (Bundle) ของเส้นใย และรูปทรงตามยาวของเส้นใยข่า (Long-section) จะพบว่ามีเส้นใยอยู่ภายในกลุ่มก้อนของมัด (Bundle) นอกจากนี้ยังมีส่วนที่เป็นไขมัน กาว หรือเพคติน (Pectin) ที่เป็นตัวยึดเกาะกลุ่มของเส้นใยเข้าไว้ด้วยกัน (ชาญชัย สิริเกษมเลิศ, 2554 : http://library.dip.go.th)

### 2.2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใย

เมื่อนำเส้นใยข่ามาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่า มีค่าความแข็งแรงเท่ากับ 0.96 นิวตัน หรือร้อยละ 4.27 ค่าขนาดของเส้นใย 39.30 Denier, 4.40 Tex หรือ 135.10 Ne และค่าความจุความชื้น (Moisture content) เท่ากับ 5.45 ดังตารางที่ 1 (ชาญชัย สิริเกษมเลิศ, 2554 : http://library.dip.go.th)

ตารางที่ 1 ค่าการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยข่า

| ชนิดของเส้นใย | ค่าความแข็งแรง (Tenacity) | | ค่าความละเอียด (Fineness) | | ค่าการยืดตัว (Elongation) | | ค่า Moisture content |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | g/denier | CV % | denier | CV % | % | CV % | % |
| เส้นใยข่า | 8.38 | 45.40 | 13.38 | 31.20 | 4.70 | 20.50 | 5.45 |

ที่มา : ชาญชัย สิริเกษมเลิศ (2554 : http://library.dip.go.th)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.2.4 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา**

นอกจากส่วนต่าง ๆ ของข่าจะมีสรรพคุณทางยาที่ช่วยในการบำบัดรักษาโรคต่าง ๆ แล้ว เมื่อศึกษาค้นคว้าทางเคมี พบสารเคมีในส่วนต่าง ๆ ของข่า ซึ่งมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เช่น ฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ ฤทธิ์ยับยั้งแผลในกระเพาะอาหาร ฤทธิ์ฆ่าเชื้อรา ฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย และฤทธิ์ลดการอักเสบ เป็นต้น (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร, ม.ป.ป. : www.medplant.mahidol.ac.th)

1. ฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ ข่ามีสารออกฤทธิ์ คือ Cineole, Camphor และ Eugenol

2. ฤทธิ์ขับน้ำดี ข่ามีสารออกฤทธิ์ คือ Eugenol ซึ่งมีฤทธิ์ขับน้ำดี จึงช่วยย่อยอาหารได้

3. ฤทธิ์ขับลม ข่ามีน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีฤทธิ์ขับลม

4. ฤทธิ์ลดการอักเสบ ข่ามีสารออกฤทธิ์ คือ Eugenol, 1'-acetoxychavicol acetate และ 1'-acetoxyeugenol acetate ช่วยลดการอักเสบได้

5. ฤทธิ์ยับยั้งแผลในกระเพาะอาหาร ข่ามีสารออกฤทธิ์ คือ 1'-acetoxychavicol acetate และ 1'-acetoxyeugenol acetate จึงช่วยยับยั้งแผลในกระเพาะอาหารได้

6. ฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย สารสกัดข่าด้วยไดเอทิลอีเธอร์ ปิโตรเลียมอีเธอร์ และน้ำกลั่น สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* ซึ่งเป็นสาเหตุของอาการแน่นจุกเสียดท้องได้ โดยพบ Eugenol เป็นสารสำคัญในการออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย

7. ฤทธิ์ฆ่าเชื้อรา สารสกัดข่าด้วยน้ำกลั่น เมทานอล ไดคลอโรมีเทน เฮกเซน หรืออัลกอฮอล์ สามารถฆ่าเชื้อรา คือ *Microsporumgypseum*, *Trichophyton mentagrophyte* และ *Trichophyton rubrum* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคกลากเกลื้อนได้ โดยพบ 1'-acetoxychavicol acetate และ 1'-acetoxyeugenol acetate เป็นสารสำคัญในการออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อรา

8. หลักฐานความเป็นพิษและการทดสอบความเป็นพิษ

8.1 การทดสอบความเป็นพิษ

เมื่อฉีดสารสกัด 50 % เอทานอลจากเหง้าข่าเข้าช่องท้องหนูถีบจักร พบว่าขนาดที่ทำให้สัตว์ทดลองตายครึ่งหนึ่ง ($LD_{50}$) เท่ากับ 1 กรัม/กิโลกรัม และ 188 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อฉีดน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าเข้าช่องท้องหนูตะเภา พบว่า มีค่า $LD_{50}$ เท่ากับ 0.68 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และเมื่อฉีดสารสกัดอัลกอฮอล์จากเหง้าข่าขนาด 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เข้าช่องท้องหนูถีบจักรติดต่อกัน 7 วัน หรือให้สารสกัด 50 % เอทานอลทางปากหรือฉีดเข้าใต้ผิวหนังหนูถีบจักร พบว่าไม่เป็นพิษ จากการทดสอบพิษเฉียบพลันโดยป้อนสารสกัด 95 % เอทานอลจากเหง้าข่าให้หนูถีบจักรในขนาด 0.5, 1 และ 3 กรัม/กิโลกรัม พบว่า ไม่มีสัตว์ทดลองตาย แต่เมื่อให้สารสกัดเดียวกันนี้กับน้ำดื่มในขนาด 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ติดต่อกัน 3 เดือน ทำให้หนูถีบจักรตาย 15 %

8.2 พิษต่อเซลล์

สารสกัดเมทานอลจากเหง้าข่าที่ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เป็นพิษต่อเซลล์ Raji สาร galanolactone และ (*E*)-8b17-epoxylabd-12-ene-15,16-dial จากเหง้าข่าเป็นพิษอย่างอ่อนต่อเซลล์ 9KB ขณะที่สารสกัด 50 % เอทานอลจากเหง้าข่าไม่เป็นพิษต่อเซลล์นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.3 ฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์

สารสกัดเหง้าข่าด้วยน้ำและน้ำร้อน ขนาด 0.5 มิลลิลิตร/จานเพาะเชื้อ และเหง้าข่าสด ไม่มีฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ต่อเชื้อ *Bacillus subtilis* H-17 ($Rec^+$) และ M-45 ($Rec^-$) ทิงเจอร์ ขนาด 80 มิลลิลิตร/จานเพาะเชื้อ ไม่มีฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ต่อเชื้อ *Salmonella typhimurium* TA 98, 100

**2.2.5 คุณสมบัติทางเคมี**

ต้นข่ามี Galangin, Galango ซึ่งเป็น Sesquiterpene และเป็น Acrid resin มีน้ำมันหอมระเหย 0.5-5 % ประกอบด้วย Cineol, Pinene, Cadinene, Methyl cinnamate, มี Dioxyflavonol และ 1-acetoxychavicol acetate (พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ, 2537 : 179)

**2.3 ประวัติความเป็นมาของกระดาษ**

วิธีการทำกระดาษได้ถูกบันทึกเป็นหลักฐานครั้งแรกของโลกเมื่อห้าพันปีที่แล้วโดยชาวอียิปต์ คิดทำกระดาษขึ้นจากต้นหญ้าที่เรียกว่า "ไซเปอรัส ปาปิรัส (Cyperus papyrus)" ซึ่งมีถิ่นกำเนิดตามแถบลุ่มแม่น้ำไนล์ มีวิธีการทำง่าย ๆ โดยเริ่มจากแกะส่วนนอกของต้นปาปิรัสออกให้เหลือแต่แกนกลาง (Pith) แล้วตัดให้เป็นแถบยาวบางๆ นำไปทุบและแช่น้ำจนเส้นใยเริ่มยืดหยุ่น จากนั้นนำแถบเหล่านี้มาประสานกันแล้วกดให้เป็นแผ่น เทกาวผสมลงไปให้ติดกันแน่นขึ้น และทำให้แห้งก็พร้อมที่จะถูกนำไปใช้งานได้ วิธีการนี้ได้ใช้กันมาจนกระทั้งในปี พ.ศ. 648 ที่ประเทศจีน ขันทีผู้หนึ่งชื่อไซลุน (Ts'ai Lung) นำเส้นใยที่ใช้ทอผ้ามาตัดให้สั้นแล้วผสมกับสารละลายพิเศษที่เขาเตรียมไว้ จากนั้นเทสารละลายผสมนี้ลงบนกรอบไม้ที่ขึงด้วยผ้า น้ำจะซึมผ่านผ้าลงเหลือแต่เส้นใยที่ประสานกัน ยกกรอบไม้นี้ไปผึ่งตากแดดให้แห้ง น้ำบางส่วนที่ค้างในเส้นใยจะระเหยออกไปจนกลายเป็นแผ่นกระดาษที่สามารถใช้งานได้ ต่อมาไซลุนได้เปลี่ยนวิธีการใหม่ที่เรียกว่า Laid technique โดยการจุ่มกรอบไม้ที่ขึงด้วยผ้านี้ลงในถังที่มีสารละลายผสมเส้นใยแล้วยกขึ้นนำไปตากให้แห้ง วิธีนี้จะทำให้ได้กระดาษที่มีคุณภาพดีกว่าเดิม (พรทวี พึ่งรัศมี และ อรัญ หาญสืบสาย, 2537 : 21)

ความคิดที่จะพัฒนาวิธีการทำกระดาษโดยใช้เครื่องจักรเกิดขึ้นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2341 ในโรงงานทำกระดาษแห่งหนึ่งชื่อ Didot แห่งประเทศฝรั่งเศส โดยที่ปรึกษาของโรงงาน นายนิโคลัส หลุยส์ โรเบิร์ต (Nicolas Louis Robert) ได้เสนอแนวคิดให้ออกแบบเครื่องที่มีการปล่อยสารละลายผสมเส้นใยลงบนตะแกรงลวดที่มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา น้ำจะไหลผ่านตะแกรงลวดนี้ ขณะเดียวกันแผ่นกระดาษที่ยังเปียกอยู่ จะถูกส่งต่อผ่านไปยังชุดลูกกลิ้งที่คลุมผิวด้วยผ้า (Feltcovered rollers) เพื่อช่วยดูดซับน้ำให้ออกจากกระดาษมากขึ้นจนกระทั้งกระดาษแห้ง โครงการนี้ยังไม่สำเร็จเพราะตอนนั้นเกิดการปฏิวัติในประเทศฝรั่งเศสพอดี จนกระทั้งในปี พ.ศ. 2344 ความคิดของโรเบิร์ตถูกนำมาดำเนินการใหม่โดย นายจอห์น แกมบิล (John Gamble) แห่งตระกูล Didot โดยร่วมมือกับพี่น้องตระกูลโฟรดริเนียร์ (Fourdinier) สร้างเครื่องจักรนี้ในประเทศอังกฤษและสามารผลิตกระดาษได้อย่างต่อเนื่อง ในปี พ.ศ. 2350 เครื่องทำกระดาษอัตโนมัตินี้เรียกกันโดยทั่ว ๆ ไปว่า เครื่องโฟรดริเนียร์ ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่าทำงานได้ดีเกินคาด และสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างรวดเร็ว อันเป็นผลทำให้อุตสาหกรรมการพิมพ์ได้มีการพัฒนาตามขึ้นไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับประเทศไทยสันนิษฐานว่าโปรตุเกส เป็นชนชาติแรกที่นำกระดาษแบบชาวตะวันตกเข้ามาเพราะจากคำภาษาโปรตุเกส กระตาส (Cratas) สันนิษฐานกันว่าเป็นคำไทย คือ “กระดาษ” ส่วนคำว่าเปอเปอร์ (Paper) นั้นน่าจะมาจากคำว่า ปาปิรัส (Papyrus) การทำกระดาษในเมืองไทยเกิดขึ้นเมื่อใดนั้นไม่มีหลักฐานแน่ชัด แต่มีหลักฐานยืนยันว่าในสมัยกรุงศรีอยุธยา ประเทศไทยมีกระดาษใช้อยู่แล้ว คือ หนังสือพงศาวดารสมัยหลวงประเสริฐ ซึ่งเป็นหนังสือเก่าแก่ที่สุดเป็นกระดาษข่อยสีดำ ตัวหนังสือสีขาว ขณะนี้ถูกเก็บไว้ในหอสมุดแห่งชาติ กระดาษข่อยทำมาจากเปลือกต้นข่อย ส่วนกระดาษอีกชนิดหนึ่งที่ทำในสมัยโบราณ คือ กระดาษสาซึ่งมาจากต้นปอสา หรือปอกระเจา (สุโขทัยธรรมาธิราช,มหาวิทยาลัย, 2546 : 243)

**2.4 คุณสมบัติของกระดาษ**

**2.4.1 การตรวจสอบคุณภาพของกระดาษโดยทั่ว ๆ ไป**

ในการผลิตกระดาษสานั้นจะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพเพื่อให้ได้กระดาษสาที่มีคุณภาพสม่ำเสมอกันในแต่ละครั้งของการผลิต เพื่อสนองตอบความต้องการของตลาด ซึ่งลักษณะและสมบัติของกระดาษสาจะต้องเป็นที่พึงพอใจ โดยสามารถตรวจสอบคุณภาพได้จากการตรวจพินิจและทดสอบสัมผัส ตลอดจนการทดสอบทางกายภาพและทางเคมี ถือเป็นจุดเริ่มต้นของการควบคุมคุณภาพสำหรับการสั่งซื้อปริมาณมาก เพื่อที่จะให้ชุมชนผู้ผลิตกระดาษสาแข่งขันได้กับบริษัทผู้ผลิตทั้งขนาดใหญ่และขนาดกลาง จึงต้องมีการกำหนดวิธีการควบคุมคุณภาพของกระดาษสาจากผู้ผลิตรายย่อยให้ได้มาตรฐานใกล้เคียงกัน ดังนี้ (วุฒินันท์ คงทัด, 2545 : http://posaa.kapi.ku.ac.th)

**1. คุณลักษณะที่ใช้การตรวจพินิจและทดสอบสัมผัส**

1.1 ความนุ่ม ทดสอบโดยใช้หัวแม่มือและนิ้วชี้จับแผ่นกระดาษสาเบา ๆ ซึ่งความแข็งของผิวกระดาษจะเกิดจากเยื่อที่ตีแล้วนำมาทำแผ่น การฟูของแผ่น วิธีการตากกระดาษ การเคลือบกระดาษ ทั้งที่ผิวและในแผ่น และจำนวนครั้งของการรีด กระดาษสาจะให้สัมผัสที่นุ่มมาก เมื่อเทียบกับกระดาษที่ได้จากเส้นใยของพืชอื่น

1.2 เสียงที่เกิดจากกระดาษ เมื่อจับกระดาษที่มุมหนึ่งแล้วสั่นจะเกิดเสียงแกรกกราก เสียงนี้เกี่ยวข้องกับการตีเยื่อและการรีดกระดาษ กระดาษสาไทยปกติจะนุ่มและไม่ค่อยมีเสียง

1.3 ความเปราะ ได้แก่ สมบัติของกระดาษที่เกิดรอยแตกและหักได้ เป็นผลจากการตีเยื่อนานเกินไป ตรวจสอบโดยทดลองงอพับและจับแผ่นกระดาษดูเปราะมากหรือน้อยพิจารณาเปรียบเทียบได้

1.4 ความแตกต่างของผิวกระดาษด้านบนและด้านล่างตรวจพินิจได้ด้วยตา

1.5 ลักษณะพื้นผิว ตรวจสอบโดยหมุนหัวแม่มือเบา ๆ ไปบนแผ่นกระดาษหรือยกกระดาษส่องดูในระดับสายตาให้ทั่วผิวหน้า หรือใช้วิธีทดลองแบบใช้หลักการสะท้อนแสงโดยเรียงแผ่นกระดาษให้ทำมุมต่าง ๆ กับแหล่งกำเนิดแสง

1.6 ความทึบแสงหรือความโปร่งแสง คือ การที่แสงสามารถส่องผ่านเนื้อกระดาษได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 การดูดซึม ทดสอบโดยใช้ความชื้น (มักใช้ปลายลิ้น) แตะที่ผิวกระดาษบริเวณเล็ก ๆ หรือจะหยดน้ำ แล้วจับเวลาเป็นวินาที จนกว่าความมันของน้ำจะหายไปจากผิวกระดาษ

1.8 การฉีกขาดทดลองฉีกเปรียบเทียบระหว่างกระดาษหลายชนิดและตัดสินเอง

1.9 ความไม่สม่ำเสมอ คือ การมีสิ่งแปลกปลอมปะปนอยู่ในเนื้อกระดาษจากภายนอก ได้แก่ ผม ฝุ่น ฯลฯ การเกิดกลุ่มเมฆ เนื่องจากการจับตัวของเยื่อตอนทำแผ่น การเกิดแนวคลื่นบนแผ่นอย่างชัดเจน ความหนาไม่เท่ากัน ขนาดกระดาษไม่เท่ากัน และการมีขอบหนา

**2. คุณลักษณะที่ใช้เครื่องมือทดสอบ**

2.1 การต้านขัดสี มักใช้กับกระดาษประเภทใช้ในงานศิลปะ เป็นการทดสอบโดยการถู การขัด และการขัดด้วยทราย

2.2 การกันน้ำทดสอบโดยดูดการซึมของน้ำผ่านแผ่นกระดาษในช่วงเวลาหนึ่ง คุณลักษณะนี้สำคัญสำหรับการพิมพ์ การเขียนด้วยหมึกจีน และการระบายสี

2.3 การทดสอบความเป็นกรด วัดค่า pH ในแผ่นกระดาษ

2.4 การทดสอบความขาวสว่าง

2.5 การทดสอบแรงดันทะลุ

2.6 การทดสอบการหักพับ

2.7 การทดสอบแรงดึงขาด

2.8 การทดสอบแรงฉีกขาดและการต้านแรงเครียดของกระดาษ

2.9 การบ่มกระดาษโดยวิธีใช้ความชื้น

2.10 ความโปร่งแสงและความทึบแสง

2.11 การจางสีเมื่อถูกแสง

**2.4.2 การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพเยื่อและกระดาษสา**

ในการตรวจสอบคุณภาพเยื่อและกระดาษสา เพื่อหาค่าของความแข็งแรงและคุณสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ จะทำให้ทราบคุณภาพของเยื่อและศักยภาพของเยื่อที่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของกระดาษ เนื่องจากปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากกระดาษสามีความหลากหลายมากขึ้นจึงต้องทำการผลิตให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยสามารถตรวจสอบได้ ดังนี้ (วิขัณฑ์ อรรณพานุรักษ์, 2545 : http://posaa.kapi.ku.ac.th)

**1. ความขาวสว่าง** (Brightness) เป็นการวัดการสะท้อนกลับของแสงจากกระดาษที่ความยาวช่วงคลื่นแสงสีน้ำเงิน 457 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงที่การสะท้อนแสงกลับแตกต่างกันมากที่สุดและจะไวต่อประสิทธิภาพต่อในการวัดในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการฟอก หลักการวัดความขาวสว่างจะใช้ตัวอย่างกระดาษหลายแผ่นซ้อนกันจนแสงไม่สามารถผ่านได้ เมื่อให้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงกระทบผิวกระดาษแล้วจึงวัดการสะท้อนกลับทั้งหมดของแสงที่ช่วงคลื่นนี้ด้วยเครื่องวัดความขาวสว่าง

**2. ความทึบแสง** (Opacity) เป็นการวัดแสงที่ผ่านตัวอย่างออกมา หากแสงตกกระทบทั้งหมดผ่านวัตถุออกมาโดยไม่ถูกดูดกลืนหรือสะท้อนกลับเลยความทึบแสงจะเป็นร้อยละ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากแสงตกกระทบไม่สามารถผ่านวัตถุออกมาได้และแสงทั้งหมดถูกดูดกลืนหรือสะท้อนกลับไป ความทึบแสงจะเป็นร้อยละ 100 ในการวัดความทึบแสงของกระดาษนิยมวัดเป็น Contrast Ratio ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างการสะท้อนกลับของแสงของกระดาษแผ่นเดียวที่ปิดด้วยวัตถุดำสนิท (Black body) ต่อการสะท้อนกลับของแสงของกระดาษที่ปิดหลังด้วยวัตถุที่ขาวสนิท (White body) คือ MgO ที่ความยาวคลื่นแสง 557 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงคลื่นแสงสีเขียวที่ตาของมนุษย์รับได้ดีที่สุด ความทึบแสงมีผลต่อน้ำหนักมาตรฐานเพราะเมื่อเพิ่มน้ำหนักมาตรฐานก็คือการเพิ่มการกระเจิงของแสง เป็นต้น

**3. น้ำหนักมาตรฐาน** (Basis weight) ถือเอาน้ำหนักของแผ่นเยื่อทดลองเป็นกรัมต่อหนึ่งตารางเมตร

**4. ความหนา** (Single sheet thickness) เป็นค่าความหนาเฉลี่ยของแผ่นเยื่อทดลองต่อแผ่น มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

**5. ความหนาแน่น** (Apparent density) คือ น้ำหนักของแผ่นเยื่อทดลองต่อหน่วยปริมาตร มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

**6. ปริมาตรจำเพาะ** (Specific volume) คือ ปริมาตรของแผ่นเยื่อทดลองต่อหน่วยน้ำหนัก มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม

**7. ความต้านแรงดันทะลุ** (Bursting strength) หมายถึง ความดันจากของเหลวที่ดันให้แผ่นเยื่อทดลองทะลุโดยใช้ความดันในอัตราสม่ำเสมอผ่านทางแผ่นยางที่ปิดรูกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.05 เซนติเมตร ความดันที่ใช้เกิดจากการปั๊มกลีเซอรีนที่อยู่ข้างใต้แผ่นยางในอัตราที่คงที่เท่ากับ 95±5 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ค่านี้มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

**8. ความต้านแรงฉีกขาด** (Tearing resistance) หมายถึง ค่าแรงเฉลี่ยที่ใช้สำหรับฉีกแผ่นเยื่อทดลองแผ่นเดียวที่มีรอยตัดอยู่ก่อนแล้ว มีหน่วยเป็นกรัม

**9. ความต้านต่อการหักพับ** (Folding endurance) หมายถึง การหักพับสองครั้งที่จุดเดียวกันของแผ่นเยื่อทดลองในขณะเดียวกันแผ่นเยื่อทดลองนั้นก็ถูกดึงให้ยืดออกแสดงผลเป็นจำนวนครั้งของการหักพับ

**10. ความต้านแรงดึง** (Tensile break load) หมายถึง แรงดึงสูงสุดที่แผ่นเยื่อทดลองนั้นสามารถรับได้ก่อนที่มันจะขาดจากกัน มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

**11. ความชื้น** หมายถึง ผลต่างระหว่างน้ำหนักของแผ่นเยื่อทดลองที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50±2 และอุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียสกับน้ำหนักของแผ่นเยื่อที่อบแห้งอุณหภูมิ 105±1 องศาเซลเซียสโดยน้ำหนักอบแห้ง มีหน่วยเป็นร้อยละ

## 2.5 การผลิตกระดาษแบบต่าง ๆ

### 2.5.1 การทำกระดาษด้วยมือ

วุฒินันท์ คงทัด (2545 : http://posaa.kapi.ku.ac.th) กล่าวว่า การทำกระดาษด้วยมือ มี 3 แบบ คือ 1) แบบหล่อหรือปั้นก้อนที่ใช้ในประเทศไทย เนปาล และอินเดีย 2) แบบญี่ปุ่น (Nagashizuki) และ 3) แบบตะวันตก (Tamezuki) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1. การทำกระดาษสาแบบไทย (Thai handmade paper)**

การทำแผ่นกระดาษสาแบบไทยมี 2 แบบ คือ แบบช้อนและแบบแตะหรือแบบหล่อซึ่งแบบแตะนี้แบ่งออกไปอีก 2 วิธี คือ วิธีปั้นก้อนเปียกและวิธีควบคุมปริมาณเยื่อต่อน้ำ (Consistency) ดังนี้

**1.1 แบบช้อน** มักใช้กับกระดาษชนิดบาง ซึ่งสามารถทำได้เป็นจำนวนมากวันละ 200-300 แผ่นต่อคนต่อวัน แต่กระดาษที่ได้จะไม่ค่อยมีความสม่ำเสมอในแผ่นและแต่ละแผ่นน้ำหนักกระดาษจะไม่เท่ากัน ถ้าจะให้เท่ากันคนช้อนแผ่นจะต้องมีความชำนาญมาก

วิธีการโดยนำน้ำใส่ในอ่างช้อนเยื่อใส่สารกระจายเยื่อที่เตรียมไว้ลงไปปริมาณมากน้อยตามความต้องการของแต่ละคน โดยทั่วไปจะใช้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ของสารละลาย ถ้าใส่น้อยการกระจายตัวของเยื่อก็จะไม่ดี ถ้าใส่มากเกินไปการไหลผ่านของน้ำออกจากตะแกรงจะช้าทำให้ต้องใช้เวลาและแรงยกมากขึ้น อาจจะทำให้เยื่อไหลกองรวมกันตรงกลางตะแกรง แผ่นกระดาษจะเสียได้ คนด้วยไม้ไผ่ให้สารกระจายเยื่อผสมกับน้ำช้อนเยื่อ ใส่เยื่อที่ตีแล้วลงไปในน้ำช้อนเยื่อคนให้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วอ่าง นำตะแกรงจ้วงตักเยื่อจากจุดที่ห่างที่สุดแล้วลากเข้าหาตัวช้า ๆ โดยรักษาระดับตะแกรงให้ขนานกับผิวหน้าของน้ำเยื่อไว้ตลอดเวลา ความลึกของการจ้วงแต่ละครั้งขึ้นกับความหนาบางของกระดาษที่ต้องการ ยกตะแกรงให้พ้นน้ำโดยเร็วในแนวดิ่งรอจนน้ำหยดจากตะแกรงจนหมดจึงนำไปผึ่งแดด

**1.2 แบบแตะหรือทำแผ่นแบบหล่อ** เป็นวิธีการทำแผ่นที่สามารถกำหนดความหนาของกระดาษได้ แต่การทำแผ่นจะช้ากว่าแบบช้อน กระดาษจะมีความสม่ำเสมอมากกว่าแบบแตะ แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

1.2.1 วิธีปั้นก้อนเปียก โดยชั่งเยื่อสาที่ผ่านการสลัดน้ำออกแล้ว เหลือความชื้นประมาณร้อยละ 30 ปั้นเป็นก้อนไว้แต่ละก้อนให้ได้น้ำหนักแห้งตามความต้องการ ตักน้ำในอ่างช้อนเยื่อที่มีสารกระจายเยื่อผสมอยู่ใส่ในถังเพื่อกระจายเยื่อประมาณ 10 ลิตร ใส่ก้อนเยื่อลงไปหนึ่งก้อนแล้วใช้มือตีก้อนเยื่อให้แตกกระจาย วางตะแกรงช้อนเยื่อในอ่างช้อนเยื่อใช้มือกดตะแกรงไล่ฟองอากาศออกไป ตักน้ำเยื่อเทลงบนตะแกรงให้ทั่วแล้วใช้ฝ่ามือแตะเยื่อให้กระจายทั่วตะแกรงแล้วยกตะแกรงขึ้นตรง ๆ รอจนน้ำหยุดไหลจึงนำไปผึ่งแดด

1.2.2 วิธีควบคุมปริมาณเยื่อต่อน้ำ (Consistency) วิธีนี้จะทำแผ่นได้เร็วกว่าวิธีปั้นก้อน กระดาษจะมีความสม่ำเสมอมากกว่า เนื่องจากการตีเยื่อให้แตกกระจายจะทำได้มากกว่าวิธีปั้นก้อน แต่ข้อสำคัญจะต้องควบคุมปริมาณน้ำต่อเยื่อให้ถูกต้อง และเวลาตวงน้ำเยื่อจะต้องกวนเยื่อให้กระจายอย่างสม่ำเสมอและตวงในปริมาตรที่ได้เยื่อแห้งตามต้องการ

วิธีการใส่น้ำที่ผสมสารกระจายเยื่อแล้วลงในถังโดยรู้ปริมาณที่แน่นอน ใส่เยื่อที่รู้น้ำหนักที่แน่นอนลงในน้ำคนด้วยไม้ไผ่แรง ๆ ให้เยื่อแตกกระจายอย่างสม่ำเสมอ ตวงน้ำเยื่อให้ได้ตามที่คำนวณไว้เทลงบนตะแกรงแล้วยกขึ้นตรง ๆ รอจนน้ำหยุดไหลจึงนำไปผึ่งแดด

**2. การทำกระดาษสาด้วยมือแบบญี่ปุ่น (Japanese handmade paper)**

กระดาษสาญี่ปุ่นเป็นกระดาษที่มีชื่อเสียงมาก เนื่องจากมีความเรียบมีความสม่ำเสมอบางและเหนียวมาก เหมาะสมต่อการใช้งานโดยเฉพาะใช้ทำบานประตู หน้าต่าง โคมไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห่อของ และวาดภาพต่าง ๆ การทำกระดาษญี่ปุ่นเป็นวัฒนธรรมสืบทอดกันมาเป็นเวลาช้านาน ในแต่ละขั้นตอนต้องอาศัยความรู้และความชำนาญค่อนข้างมาก หรือจะพูดว่าการทำกระดาษสาญี่ปุ่นรวมเอาทั้งศาสตร์และศิลป์เข้าไว้ด้วยกัน คนที่จะทำกระดาษได้ดีนอกจากมีความตั้งใจแล้วยังต้องมีใจชอบด้วย เพราะในการทำกระดาษนั้นมีขั้นตอนมากมายและใช้เวลามากโดยเฉพาะการทำกระดาษที่มีความบางมาก ๆ

สิ่งที่มีความสำคัญมากต่อการทำกระดาษแบบญี่ปุ่นและจำเป็นต้องทราบก่อนก็คือ แบบ (Mould) สำหรับช้อนแผ่นแบบ ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ กรอบตะแกรง (Frame) หรือ (Keta) ทำด้วยไม้ไซเปรส (Cypress) ซึ่งมีความเหนียว น้ำหนักเบา ลอยน้ำได้ดีไม่บิดงอหรือหดตัวเมื่อถูกน้ำและแสงแดด ตะแกรงช้อนเยื่อญี่ปุ่นมีหลายขนาด ตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงใหญ่ เป็นกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้าสองอันวางซ้อนทับกันมีด้านหนึ่งยกขึ้นลงได้ อีกด้านยึดติดกันด้วยบานพับ กรอบบนอาจจะมีไม้แขนสองอันยึดติดไว้สำหรับเป็นที่จับเวลาช้อนเยื่อและผูกเชือกที่โยงมาจากสปริงหรือลำไม้ไผ่ลวก เพื่อรับน้ำหนักของตะแกรงและช่วยให้การโยกตะแกรงในขณะช้อนแผ่นดีขึ้น ส่วนกรอบล่างจะมีแผ่นไม้ตีติดไว้เป็นช่วงห่างกันประมาณ 10 เซนติเมตร ตามแนวด้านกว้างของตะแกรงขนานกันไปตลอดแนว ลักษณะของไม้ด้านบนจะเป็นสามเหลี่ยมเอาด้านเหลี่ยมรองรับตะแกรงหรือใช้ลวดทองเหลืองวางตลอดแนวแทนส่วนที่เป็นสามเหลี่ยมก็ได้ จุดประสงค์ของไม้สามเหลี่ยมนี้มีไว้เพื่อรับน้ำหนักของตะแกรงในขณะช้อนแผ่นและให้น้ำไหลลงได้อย่างสม่ำเสมอ ไม่ต้องการให้มีพื้นที่ตรงสันไม้เป็นตัวขวางการไหลลงของน้ำจึงต้องทำให้มีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมหรือเส้นลวดตรงกรอบด้านล่างห่างจากมุมขอบด้านละ 10 เซนติเมตร จะมีขอที่ทำจากแผ่นเหล็กที่ไม่เป็นสนิมรูปโค้งงอคล้ายมุมฉากยึดติดเอาไว้เพื่อจะใช้เกี่ยวและยึดกรอบบนให้ติดแน่นอยู่กับกรอบด้านล่าง ในขณะช้อนแผ่นนอกจากกรอบแล้วยังมีตัวตะแกรง (Screen) หรือ (Su) ที่ทำจากไม้ไผ่ที่มีคุณสมบัติพิเศษคือ มีความเหนียว แข็ง และมีลักษณะเป็นสปริงอยู่ในตัว ไม่บิดหรือโค้งงอเมื่อใช้งานหรือรับน้ำหนักนาน ๆ ไม้ไผ่ดังกล่าวนี้จะเจริญเติบโตบนภูเขาที่มีอากาศหนาวเย็น หรือมีหิมะตก ในแต่ละปีจะเจริญได้น้อยมากประมาณ 1 ปล้องต่อปีเท่านั้น โดยนำส่วนของปล้องมาผ่าเอาส่วนของเนื้อไม้ที่ติดอยู่กับผิวนอกทำเป็นซี่เล็ก ๆ แล้วกลึงให้เป็นเส้นกลม ๆ หรือเรียกว่า เลียด โดยดึงผ่านรูภาชนะที่มีความคม เช่น ก้นของกระป๋อง ให้ความคมของขอบรูภาชนะที่เจาะครูดเอาขอบของซี่ไม้ออกไป การผ่านรูภาชนะเริ่มจากรูที่มีขนาดใหญ่ก่อนแล้วลงมาที่ขนาดเล็ก จะให้มีขนาดเล็กมากเท่าไรขึ้นกับความต้องการ เพราะเส้นเลียดที่ใช้ทำตะแกรงมีตั้งแต่ขนาดเล็กประมาณ 0.5-3 มิลลิเมตร ยิ่งมีขนาดเล็กมากเท่าไรกระดาษที่ได้จะมีความเรียบและมีผิวที่เนียนมากกว่าตะแกรงที่มีเส้นเลียดขนาดใหญ่ เมื่อได้เส้นเลียดแล้วจะนำมาถักด้วยเส้นไหม ถ้าหาไม่ได้จะใช้เส้นด้ายไนลอนที่มีขนาดเล็กแทน แล้วย้อมทับด้วยยางสนหรือสารพวกแทนนินให้แข็งและเหนียว และช่วยยึดเกาะเส้นเลียดได้ดีด้วย การเลือกเส้นไหมมาถักต้องดูความเหมาะสมของเส้นเลียดเป็นหลัก ถ้าหากเส้นไหมที่มีขนาดใหญ่จะเกิดรอยบนแผ่นกระดาษได้มากกว่าเส้นไหมที่มีขนาดเล็ก เส้นที่เกิดนี้จะเป็นตำหนิในกระดาษ

การช้อนแผ่นกระดาษ ก่อนที่จะช้อนแผ่นกระดาษจำเป็นต้องเตรียมแบบ (Mould) แช่ในอ่างน้ำให้เปียกก่อนประมาณ 5 นาที เพื่อให้เกิดการอุ้มน้ำและไม่ลื่นขณะช้อนแผ่น แล้วนำกรอบตะแกรงมาวางบนไม้คาน 2 อัน ที่พาดอยู่บนอ่างช้อนเยื่อเปิดกรอบด้านบนขึ้นใส่ตะแกรงและยึดด้วยขอพับให้เรียบร้อย ผูกเชือกเข้ากับสปริงหรือปลายไม้ไผ่และใช้มือทั้งสองจับแขนยกบนแบบให้ชิดมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางขอบใน เอียงแบบใช้ด้านข้างดันไม้รองรับทั้ง 2 อันไปชิดด้านข้างของอ่างข้างละอันจึงเริ่มช้อนแผ่นซึ่งมีด้วยกัน 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เป็นการสร้างด้านหลังกระดาษ เรียกว่า Kakenagashi หรือ Ubumizu โดยการใช้แบบตักลึกลงไปในน้ำเยื่อประมาณ 5 เซนติเมตร ให้ขอบของแบบห่างจากขอบอ่างประมาณ 10 เซนติเมตร ยกแบบขึ้นโดยเร็วให้สูงกว่าขอบแบบด้านหลังและผลักแบบออกไปด้านหน้าให้น้ำเยื่อไหลผ่านตะแกรงจากด้านที่ตักน้ำเยื่อหล่นออกจากตะแกรงทางด้านตรงข้าม การผลักนี้คล้ายกับการสาดน้ำออกไปจากตะแกรง วิธีนี้จะสร้างกระดาษได้หนึ่งชั้น ในขั้นนี้จะสาดน้ำเยื่อ 1-3 ชั้นก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสม โดยสังเกตจากเยื่อที่อยู่บนตะแกรงถ้าเยื่อบางก็สร้างเพิ่มแต่ถ้าหนาก็ทำครั้งเดียว และถ้ามีเศษเยื่อหรือสิ่งปนเปื้อนอยู่บนเยื่อให้เอาออกไปโดยใช้ปากคีบหนีบออกไปแล้วสร้างเยื่อทับอีกครั้งเพื่อปิดบังลอยที่เกิดจากการเอาสิ่งที่ติดมาออกไป

ขั้นที่ 2 เป็นการสร้างความหนาของกระดาษ เรียกว่า Choshi การสร้างความหนาของแผ่นกระดาษโดยใช้แบบตักน้ำเยื่อในลักษณะเดิมยกขึ้นให้ขนานกับระดับผิวน้ำ ใช้การหักข้อมือขึ้นลงน้ำเยื่อจะไหลเต็มตะแกรงจากขอบตะแกรงหนึ่งไปยังขอบหนึ่งไปกลับเช่นนี้ 4-5 ครั้ง อาจจะโยกด้านซ้ายและขวาบ้างก็ได้ถ้ามีความชำนาญเยื่อจะเรียงทับกันทีละชั้น หนาขึ้น เมื่อน้ำเยื่อบนตะแกรงเหลือน้อยให้สาดออกไปอาจจะด้านเข้าหาตัวหรือด้านตรงข้ามก็ได้แล้วแต่จะถนัด ขั้นตอนนี้โดยทั่วไปจะตักน้ำเยื่อเพื่อสร้างความหนาให้กับกระดาษ 6 ครั้ง แต่ละครั้งทำเหมือนเดิม

ขั้นที่ 3 เป็นการสร้างหน้ากระดาษ เรียกว่า Sutemizu ขั้นตอนนี้จะตักน้ำเยื่อเหมือนขั้นที่ 2 แต่ตอนสุดท้ายให้สาดน้ำเยื่อออกไปด้านหน้าโดยเร็วให้น้ำเยื่อตกออกไปจากขอบแบบ และกดขอบแบบให้ต่ำไว้ให้น้ำเยื่อตกไปจนหมด ช่วงนี้ถ้าไม่กดขอบแบบลงจะเกิดรอยย่นที่ขอบเยื่อกระดาษจะมีตำหนิ เมื่อสิ้นสุดขั้นตอนที่ 3 แล้วยกแบบสูงขึ้นเลื่อนไม้ที่รองแบบทั้งสองมารองรับแบบเอาไว้เป็นการสิ้นสุดของการช้อนแผ่น

### 3. การทำกระดาษด้วยมือแบบตะวันตก (Western handmade paper)

กระดาษทำด้วยมือแบบตะวันตกเป็นการทำกระดาษโดยอาศัยการทับถมของเยื่อ (Accumulation) ทำให้เกิดความหนาของกระดาษจนเป็นแผ่นกระดาษขึ้น วิธีนี้คนญี่ปุ่นเรียกว่า Tamezuki กระดาษจะมีความสม่ำเสมอและความเรียบจะน้อยกว่ากระดาษแบบญี่ปุ่น วิธีการทำและอุปกรณ์แทบจะไม่มีความแตกต่างจากแบบญี่ปุ่นเลยมีเพียงตัวของตะแกรงและวิธีการช้อนเท่านั้นที่ต่างไปจากแบบญี่ปุ่น ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ตะแกรงช้อนเยื่อแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ตะแกรงล่างและกรอบบน ตะแกรงล่างประกอบด้วยกรอบเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดแล้วแต่ความเหมาะสมโดยทั่วไปไม่ควรเกิน 40×50 เซนติเมตร เนื่องจากจะมีน้ำหนักมากเวลาช้อนเยื่อ ภายในกรอบจะมีซี่ไม้ด้านบนเป็นสามเหลี่ยมสูงเสมอขอบ แต่ละซี่ห่างกัน 10 เซนติเมตร ตีติดกรอบทั้งสองข้างตลอดตามความกว้างและด้านหลัง ขอบกรอบตีไม้พาดกลางซี่และกรอบอีก 1 อัน เพื่อเอาไว้สำหรับกดตะแกรง ด้านบนของกรอบตะแกรงใช้ตะแกรงสแตนเลส 2 อัน วางซ้อนกันอันล่างมีรูขนาดใหญ่เอาไว้รับน้ำหนักของตะแกรง อันบนมีรูที่เล็กยึดติดกรอบให้แน่นโดยใช้ลวดแม็กยึดติดไว้ นอกจากมีตะแกรงแล้วยังต้องมีกรอบบนอีกหนึ่งกรอบขนาดเท่ากับด้านล่าง สามารถวางทับกับตะแกรงล่างได้พอดี โดยมีแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าลาดกระบัง



อลูมิเนียมเป็นมุมฉากติดอยู่มุมตรงข้ามกันมุมละอัน เอาไว้ล็อคตะแกรงอันล่างให้อยู่เมื่อสวมกรอบตะแกรงอันบนลงไป

การช้อนเยื่อโดยนำตะแกรงข้างต้นมาประกบกันใช้มือทั้งสองจับด้านข้างของตะแกรงยกขึ้นเหนืออ่างช้อนเยื่อให้ตะแกรงอยู่ในลักษณะตั้งฉากกับผิวน้ำ ลดตะแกรงลงไปในน้ำเยื่อให้ลึก 15-20 เซนติเมตร ปรับตะแกรงให้จมอยู่ใต้น้ำเยื่อและขนานกับผิวน้ำยกตะแกรงขึ้นตรง ๆ ช้า ๆ จนสูงกว่าระดับผิวน้ำประมาณ 5 เซนติเมตร รอจนน้ำหยุดไหลยกตะแกรงไปตั้งเอียงไว้รอให้น้ำไหลออกจนหมด วางตะแกรงบนไม้รอง ถอดกรอบบนออกใช้มือทั้งสองจับขอบตะแกรงล่างที่มีแผ่นกระดาษอยู่ยกขึ้นแล้วไปวางคว่ำลงบนแผ่นไม้ที่เตรียมไว้รองรับกระดาษ (Shito) ใช้มือทั้งสองกดลงบนคานไม้ด้านหลังตะแกรงแล้วค่อย ๆ ยกตะแกรงออก แผ่นต่อไปทำเช่นเดิมและใส่เส้นกั้นระหว่างแผ่นด้วย หลังจากนั้นทำเหมือนกระดาษญี่ปุ่นจนได้แผ่นกระดาษ

**2.5.2 การผลิตกระดาษสาของโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา**

การทำกระดาษสาแบบช้อนขั้นตอนการทำกระดาษสาแบบช้อนมีรายละเอียด ดังนี้ (เครือข่ายกาญจนาภิเษก, 2551 : http://kanchanapisek.or.th)

1. นำเปลือกของกิ่งปอสา (ที่มีอายุต้นประมาณ 3 ปีขึ้นไป) ที่เอาส่วนผิวสีน้ำตาลออกแล้วมาแช่น้ำผสมโซดาไฟหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 2 % ของน้ำหนักเปลือกปอสา เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2. นำเปลือกที่แช่น้ำแล้วมาต้มด้วยโซดาไฟเข้มข้น 8 % ของน้ำหนักเปลือกปอสา เป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง แล้วล้างด้วยน้ำให้สะอาด 3 ครั้ง

3. ทำการฟอกขาวโดยต้มเปลือกปอสากับสารเคมี 2 ตัว คือ โซเดียมซิลิเกท และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง แล้วล้างด้วยน้ำให้สะอาด 3-4 ครั้ง

4. นำเข้าเครื่องตีเยื่อ จากนั้นนำเยื่อที่ตีแล้วมาใส่ลงในบ่อ เติมน้ำสะอาด เพื่อทำการตักช้อนด้วยตะแกรงที่ทำด้วยตาข่ายไนลอน โดยต้องทำการคนให้เยื่อกระจายทั่วบ่อก่อนแล้วจึงทำการช้อน ถ้าต้องการกระดาษสาที่หนา ให้ใส่เยื่อลงในบ่อในปริมาณมาก และถ้าต้องการทำกระดาษสาที่มีสีพื้นทั้งแผ่น ให้ผสมสีย้อมผ้าลงไปในบ่อ

5. นำไปผึ่งแดดให้แห้ง ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 1-2 วัน ลอกกระดาษออกจากตะแกรงก็จะได้กระดาษสาที่สามารถนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

**2.5.3 การผลิตกระดาษจากพืชต่าง ๆ**

กระดาษทำได้จากเส้นใยพืชในธรรมชาติทั่วไป คุณภาพของกระดาษจึงแตกต่างกันออกไปตามชนิดและธรรมชาติของเส้นใยพืช พืชที่นิยมนำมาทำกระดาษในสมัยก่อน ได้แก่ ฝ้าย กกไผ่ ฟางข้าว ปอกระสา และเปลือกไม้บางชนิด การทำกระดาษแบบดั้งเดิมทำด้วยมือโดยเอาพืชที่จะทำเป็นกระดาษมาแช่น้ำหรือต้มแล้วทุบให้เส้นใยแยกออกจากกัน แล้วเก็บไว้ในน้ำเพื่อไม่ให้เส้นใยแห้งและจับกับเป็นก้อน แล้วนำมาทำให้เป็นแผ่นโดยมีไม้แบบด้านล่างบุด้วยผ้ามุ้งหรือตะแกรงลวดชนิดละเอียด วางแบบลงในน้ำใช้มือแผ่เส้นใยให้กระจายทั่วแบบแล้วยกขึ้นผึ่งแดดให้แห้ง ลอกเอาแผ่นเส้นใยออกจากแบบนำไปทาน้ำข้าว ใช้เขียนหรือวาดรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033183

แต่ในปัจจุบันมีพืชอีกหลายชนิดที่สามารถนำมาทำกระดาษได้ เนื่องจากเป็นพืชที่มีเส้นใยยาว และกระบวนการผลิตกระดาษจากใยพืชได้มีการพัฒนามากขึ้น ทั้งเทคนิควิธีการ วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือช่วยอำนวยความสะดวก ทำให้สามารถผลิตกระดาษได้จำนวนมาก ลดเวลาการผลิตลงได้ และมีคุณภาพและมาตรฐานมากขึ้น ซึ่งมีพืชต่าง ๆ ดังนี้

**1. การทำกระดาษจากใยสับปะรด**

การนำใบสับปะรดมาทำเยื่อกระดาษจะใช้ใบสับปะรดจากต้นสับปะรดที่เก็บผลแล้ว แม้ใบสับปะรดจะมีเส้นใยที่ยาวและมีความแข็งแรงเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ แต่ก็ควรเลือกใช้เฉพาะใบแก่ ๆ เท่านั้น เพราะเมื่อนำมาต้มเพื่อแยกเส้นใยออกจากเนื้อใบ ใบแก่จะให้เส้นใยในปริมาณที่มากกว่า และคุณสมบัติของเส้นใยที่ได้มีความเหมาะสมในการผลิตกระดาษมากกว่า การนำใบสับปะรดมาผลิตกระดาษจะเป็นการใช้ประโยชน์จากส่วนต่าง ๆ ของพืชอย่างคุ้มค่า อีกทั้งยังเป็นการลดภาระในการกำจัดใบสับปะรดปริมาณมหาศาลของเกษตรกร โดยมีขั้นตอนการทำ ดังนี้ (ศูนย์ส่งเสริมศิลปาชีพระหว่างประเทศ, องค์การมหาชน 2551 : 4,10-26)

1. นำใบสับปะรดสดมาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ให้มีความยาวประมาณ 8-12 เซนติเมตร และให้ได้น้ำหนักประมาณ 30 กิโลกรัม

2. นำใบสับปะรดที่ได้ลงต้มในน้ำเดือด แล้วเติมโซดาไฟลงไปประมาณ 2-3 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับใบสับปะรดว่ามีความสดมากน้อยเพียงใด หากเป็นใบสับปะรดสดก็จะใช้โซดาไฟน้อยกว่าใบสับปะรดแห้ง ใช้เวลาในการต้มประมาณ 4-5 ชั่วโมง หรือจนกว่าใบสับปะรดเปื่อยมีสีคล้ำ เส้นใยเริ่มแยกออกจากเนื้อใบ ในระหว่างที่ต้มต้องหมั่นใช้ไม้พายกลับใบสับปะรดไปมาเพื่อให้ใบสับปะรดเปื่อยทั่วกัน

3. พักใบสับปะรดที่ต้มแล้วให้คลายความร้อนลงเล็กน้อย จากนั้นจึงใช้คราดตักเอาเฉพาะใบสับปะรดใส่ถุงตาข่าย แล้วย่ำด้วยเท้าเพื่อแยกเอาเนื้อใบออกจากเส้นใย ในระหว่างที่ย่ำอยู่นั้นก็ให้ใช้สายยางฉีดน้ำสะอาดเพื่อล้างโซดาไฟออกให้หมด โดยสังเกตว่าน้ำที่ออกมาจะมีสีดำ หากย่ำจนน้ำที่ออกจากเส้นใยมีสีค่อนข้างใส ก็ถือว่าเส้นใยที่ได้พร้อมที่จะนำไปสู่ขั้นตอนต่อไป

4. เทเส้นใยใบสับปะรดใส่กะละมัง ซึ่งในขั้นตอนนี้เส้นใยที่ได้จะมีสีคล้ำออกเขียวคล้ายมูลช้าง ซึ่งจะต้องฟอกสีโดยการแช่ในน้ำคลอรีน โดยใช้คลอรีน 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 30 ลิตร แช่ทิ้งไว้ประมาณ 2-3 ชั่วโมง หรือจนกว่าเส้นใยจะเปลี่ยนเป็นสีขาว และในระหว่างนี้ควรใช้มือ (สวมถุงมือยาง) บี้เส้นใยหรือเลือกเศษใบสับปะรดที่ยังไม่เปื่อยออก ซึ่งจะทำให้กระดาษที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น

5. ล้างคลอรีนออกจากเส้นใย โดยการตักเอาเส้นใยกระดาษใส่ถุงตาข่ายไนลอน แล้วย่ำผ่านน้ำสะอาดเช่นเดียวกับตอนที่ล้างโซดาไฟ แต่ครั้งนี้ต้องย่ำและล้างจนกว่าจะหมดกลิ่นคลอรีน

6. เยื่อกระดาษที่ได้ก็จะมีสีขาว หากต้องการผลิตกระดาษสีขาวก็สามารถนำไปทำเป็นกระดาษได้เลย แต่ถ้าต้องการให้กระดาษมีสีอื่น ๆ ต้องย้อมสีเยื่อกระดาษเสียก่อนโดยใบสับปะรดสด 30 กิโลกรัม จะได้เยื่อกระดาษที่มีน้ำหนักเพียง 8-10 กิโลกรัมเท่านั้น นำเยื่อกระดาษประมาณ 10 กิโลกรัม ใส่ในถังที่มีน้ำสะอาด ละลายสีย้อมผ้าในน้ำร้อนในอัตราส่วน น้ำ 2 ลิตร เกลือป่นครึ่งถุง ต่อสีประมาณ 5 ซอง ใส่สีลงไปในถังใส่เยื่อกระดาษ คนให้สีกระจายทั่วถึง แช่ทิ้งไว้ 1 คืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. นำเยื่อกระดาษที่ย้อมสีแล้วใส่ถังสแตนเลส เพื่อปั่นให้เยื่อกระดาษละเอียดหรือมีขนาดเล็กที่สุดด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ยิ่งเยื่อกระดาษที่ได้ในขั้นตอนนี้ละเอียดมากเท่าไร กระดาษที่ได้ก็จะมีคุณภาพสูงขึ้น สามารถใช้งานได้หลากหลายยิ่งขึ้น

8. ตักเยื่อกระดาษจากถังสแตนเลสใส่ลงในกระบะที่ใส่น้ำสะอาดไว้ประมาณครึ่งหนึ่งของความจุใช้มือคนให้เยื่อกระดาษกระจายทั่วกระบะ จากนั้นจึงนำเฟรมมุ้งลวดจุ่มลงไปในกระบะเพื่อช้อนเอาเยื่อกระดาษให้ติดเฟรมขึ้นมา โดยให้เยื่อกระดาษกระจายอยู่บนเฟรมให้เรียบเสมอกันในขณะยกขึ้นจากน้ำ โดยไม่ใช้มือเกลี่ยเยื่อกระดาษ เพราะจะทำให้กระดาษไม่เรียบ ความหนาหรือบางของกระดาษจะขึ้นอยู่กับการช้อนเยื่อกระดาษให้ติดเฟรมขึ้นมา เยื่อกระดาษสับปะรด 20 กิโลกรัม จะผลิตกระดาษชนิดบางได้ 80-100 แผ่น แต่จะผลิตกระดาษชนิดหนาได้เพียง 45-50 แผ่นเท่านั้น

9. นำเฟรมที่มีเยื่อกระดาษติดอยู่ขึ้นมาพักไว้ให้พอหมาด จึงค่อยนำไปผึ่งแดดประมาณครึ่งวัน เมื่อกระดาษแห้งสนิทจึงค่อย ๆ แกะกระดาษออกจากเฟรม

**2. การทำกระดาษจากกาบกล้วย**

กระดาษกาบกล้วย คือ กระดาษที่มีลวดลายในเนื้อกระดาษได้จากการนำกาบกล้วยมาผ่านกระบวนการต้มเยื่อแล้วขึ้นแผ่นกระดาษบนตะแกรงนำไปตากให้แห้ง อาจนำวัสดุอื่น เช่น ขี้เลื่อย ดอกไม้แห้ง ใบไม้แห้งมาตกแต่งให้เป็นลวดลายต่าง ๆ และอาจย้อมสีด้วยก็ได้

**2.1 วัสดุอุปกรณ์**

1. กาบกล้วยตากแห้ง
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 %
3. โซเดียมไฮโปคลอไรด์ 1 %
4. กรดซิตริค 1 %

**2.2 ขั้นตอนการทำ**

1. นำกาบกล้วยที่ตากแห้งแล้วมาต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 % ที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 8-9 ชั่วโมง

2. นำกาบกล้วยที่ต้มแล้วมาล้างน้ำให้สะอาด แล้วนำมาฟอกสีด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรด์ 1 % ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง

3. นำมาทำปฏิกิริยากับกรดซิตริค 1 % ที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-4 ชั่วโมง

4. เสร็จแล้วล้างให้สะอาด นำไปขึ้นแผ่นแล้วนำไปผึ่งแดดประมาณ 1-2 วัน จนแห้งสนิท

**3. การทำกระดาษจากผักตบชวา**

กระดาษผักตบชวา คือ กระดาษที่ทำจากเยื่อผักตบชวาโดยการนำก้านของต้นผักตบชวามาผ่านกระบวนการต้มเยื่อแล้วทำเป็นแผ่นบนตะแกรงนำไปตากให้แห้ง มีลวดลายตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมชาติที่เกิดในเนื้อกระดาษเอง อาจย้อมสี เคลือบเงา และตกแต่งให้เป็นลวดลายต่าง ๆ โดยใช้วัสดุอื่น เช่น ขี้เลื่อย ดอกไม้แห้ง ใบไม้แห้งด้วยก็ได้

**3.1 วัสดุอุปกรณ์**

1. ผักตบชวาตากแห้ง
2. เครื่องสับหรือบด ใช้ปั่นให้เยื่อผักตบชวามีขนาดเล็ก
3. เขียงกับมีด
4. บล็อกสำหรับขึ้นเยื่อกระดาษให้เป็นแผ่น
5. สีสำหรับย้อมเยื่อกระดาษ (สีย้อมผ้า สีผสมอาหาร หรือสีจากธรรมชาติ)
6. อ่างหรือกะละมัง

**3.2 ขั้นตอนการทำ**

1. หั่นผักตบชวาให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วปั่นด้วยเครื่องสับหรือบดให้ละเอียด หากต้องการให้กระดาษมีลวดลายแปลกตา ก็อาจผสมเส้นใยของผักตบชวาที่ได้จากการทุบ หรือสับหยาบ ๆ ลงไปด้วยก็ได้

2. ผสมสีลงในเยื่อกระดาษตามที่ต้องการ อาจใช้สีย้อมผ้า สีผสมอาหาร หรือสีจากธรรมชาติ

3. นำเยื่อผักตบชวาที่ปั่นละเอียดแล้วใส่ลงในอ่างหรือกะละมังที่ใส่น้ำไว้กวนน้ำให้ตะกอนเยื่อผักตบชวาลอยขึ้นมา แล้วใช้บล็อกช้อนเยื่อผักตบชวาขึ้น โดยพยายามให้ความหนาของเยื่อกระดาษเท่า ๆ กัน

4. นำบล็อกที่ได้ไปผึ่งแดดพอแห้งแล้วก็สามารถลอกกระดาษออกมาเป็นแผ่นได้

**4. การทำกระดาษจากต้นกล้วยไข่**

กระดาษจากต้นกล้วยไข่ คือ กระดาษที่ทำจากเยื่อของต้นกล้วยไข่โดยการนำลำต้นมาผ่านกระบวนการต้มเยื่อแล้วทำเป็นแผ่นบนตะแกรงนำไปผึ่งให้แห้ง มีลวดลายตามธรรมชาติที่เกิดในเนื้อกระดาษเอง อาจย้อมสีเคลือบเงา และตกแต่งให้เป็นลวดลายต่าง ๆ โดยใช้วัสดุอื่น เช่น ขี้เลื่อย ดอกไม้แห้ง ใบไม้แห้งด้วยก็ได้

**4.1 วัสดุอุปกรณ์**

1. ต้นกล้วยไข่
2. โซดาไฟ
3. เขียงกับมีด
4. เครื่องตีเยื่อกระดาษ
5. เฟรมตะแกรง
6. อ่างหรือกะละมัง

**4.2 ขั้นตอนการทำ**

1. นำต้นกล้วยไข่มาสับให้เป็นชิ้น ขนาดประมาณ 1-2.5 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักรวมประมาณ 100 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำต้นกล้วยที่สับแล้วไปตากแดดให้แห้ง เพื่อช่วยประหยัดเวลาในการต้ม

3. นำไปต้มให้เดือด ใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง

4. นำต้นกล้วยที่ต้มแล้วไปเข้าเครื่องบด บดให้ละเอียดตามต้องการ นำไปหมักทิ้งไว้ประมาณ 3-4 วัน

5. นำเยื่อกล้วยที่ได้มาล้างด้วยน้ำสะอาดหลาย ๆ ครั้ง จะได้เยื่อกระดาษสีน้ำตาลอ่อน

6. นำไปฟอกขาวโดยแช่ในไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5-10 % ทิ้งไว้ 1 คืน แล้วล้างน้ำให้สะอาด

7. ละลายสีย้อมแล้วต้มในภาชนะ เติมเกลือ 15-20 % แล้วจึงนำเยื่อกล้วยมาย้อมให้ได้สีตามต้องการ หมักทิ้งไว้ 3-4 ชั่วโมง

8. นำเยื่อกล้วยที่ย้อมสีแล้วมาล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นนำไปเข้าเครื่องสะบัดน้ำ หรือจะใช้วิธีบีบน้ำออกจากเยื่อก็ได้ จากนั้นปั้นเยื่อกล้วยให้เป็นก้อน ก้อนละ 300-400 กรัม

9. นำเยื่อมาแตะแผ่นลงในเฟรมตะแกรง หล่อน้ำเพื่อให้เยื่อกระจายทั่วเฟรม (หรืออาจใช้วิธีช้อนเยื่อแบบกระดาษสาก็ได้)

10. นำเฟรมตะแกรงไปผึ่งแดด พอแห้งแล้วก็สามารถลอกกระดาษออกมาเป็นแผ่นได้

หมายเหตุ : ข้อเสียของกระดาษที่ทำจากต้นกล้วย คือ กระดาษที่ได้จะมีการหดตัวสูงมากอาจทำให้กระดาษย่น เสียทรง กระดาษไม่สวย แต่ให้ลวดลายที่โดดเด่น

**2.5.4 การผลิตกระดาษสาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม**

วรางคณา ศรนิล (2551 : 15-25) กล่าวว่า การผลิตกระดาษสาใช้ทรัพยากรน้ำ สารเคมีและพลังงานจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น ในการแช่เปลือกสา ใช้น้ำประมาณ 8-10 เท่าของน้ำหนักเปลือกสาแห้ง ในการต้มเยื่อใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซดาไฟปริมาณร้อยละ 7-15 และใช้น้ำประมาณ 10 เท่าของน้ำหนักเปลือกสาแห้ง และมีการฟอกเยื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณร้อยละ 5-7 โซเดียมซิลิ-เกตร้อยละ 4-6 และใช้น้ำประมาณ 10 เท่าของน้ำหนักเปลือกสาแห้ง จึงทำให้น้ำเสียจากกระบวนการผลิตกระดาษสามีมลพิษค่อนข้างสูง โดยเฉพาะน้ำเสียจากการต้มเยื่อ ซึ่งอาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมสูง หากไม่ได้รับการกำจัดอย่างถูกหลักวิชาการ ดังนั้นการนำหลักการจัดการสิ่งแวดล้อมแนวใหม่ที่เน้นการลดมลพิษ ณ แหล่งกำเนิด เช่น เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology) มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตกระดาษสา จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยให้สถานประกอบการใช้ทรัพยากรอย่างเกิดประโยชน์สูงสุด ลดปริมาณของเสียและความเป็นพิษของน้ำทิ้ง รวมทั้งลดต้นทุนในการผลิต เป็นการได้ประโยชน์ทั้งด้านธุรกิจและการจัดการสิ่งแวดล้อม

**แนวทางการผลิตกระดาษสาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม**

1. การคัดเลือกและจัดเก็บปอสา

1.1 การคัดเลือก

1.1.1 เลือกปอสาที่มีอายุไม่มากหรือน้อยเกินไป คือ ประมาณ 8-12 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.2 นำระบบการใช้เยื่อแบบ “เก็บก่อน-ใช้ก่อน” (First In-First Out) มาใช้เพื่อลดปัญหาเยื่อหมดสภาพและเปื่อยยุ่ย

1.1.3 คัดแยกปอสาที่ไม่ได้คุณภาพและสิ่งปนเปื้อนออก เช่น ส่วนที่แข็ง ส่วนที่เป็นตา เพราะจะช่วยลดปริมาณสารเคมีในกระบวนการต้มและฟอก รวมทั้งลดการใช้พลังงานและระยะเวลาในการต้ม ทำให้ได้กระดาษที่ดีและมีคุณภาพ

1.2 จัดเก็บปอสา

1.2.1 ควรมัดปอสาเป็นแท่งก่อนจัดเก็บ เพื่อความเป็นระเบียบและลดเนื้อที่จัดเก็บ

1.2.2 ควรเก็บปอสาในที่แห้ง สะอาด มีอากาศถ่ายเทได้ดี เพื่อรักษาคุณภาพปอสา

2. การแช่ปอสา

2.1 ควรตัดแต่งปอสาให้มีขนาดเท่ากัน ไม่ยาวหรือสั้นเกินไปก่อนนำไปแช่น้ำ

2.2 น้ำที่ใช้แช่ปอสาควรเป็นน้ำสะอาด ไม่มีสารเคมีเจือปน โดยเฉพาะธาตุเหล็ก เพราะจะทำให้ได้กระดาษมีคุณภาพไม่ดีและมีสีน้ำตาล

2.3 นำน้ำแช่ปอสากลับมาใช้ในกระบวนการต้มเยื่อ หรืออาจแช่ปอสาในถังต้มเยื่อเพื่อช่วยประหยัดน้ำและช่วยลดระยะเวลาการทำงาน

2.4 นำน้ำต้มเยื่อโดยกรองเศษเยื่อและสิ่งสกปรกออกแล้วนำกลับมาใช้ใหม่เป็นน้ำสำหรับแช่ปอสาอีกครั้งโดยใช้น้ำต้มเยื่อ 1 ส่วน ผสมน้ำใหม่ 5 ส่วน ช่วยประหยัดน้ำ และช่วยให้ปอสาอ่อนตัวเร็วขึ้น

3. การต้มเยื่อ

3.1 ควรต้มปอสาที่มีอายุใกล้เคียงกันหรือเกรดเดียวกันในการต้มเยื่อแต่ละครั้ง เพื่อให้ได้เยื่อสาที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ นอกจากนี้ยังใช้โซดาไฟน้อยกว่าการต้มปอสาที่มีหลายเกรด

3.2 ใช้เครื่องชั่งสารเคมีที่ได้มาตรฐานและมีความละเอียดเหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน และควรตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องชั่งสม่ำเสมอ

3.3 ใช้โซดาไฟประมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักเปลือกสาแห้ง ทั้งนี้ปริมาณของโซดาไฟที่ใช้ขึ้นอยู่กับเกรดของปอสา เช่น ถ้าใช้ปอสาเกรด A โซดาไฟจะใช้ในอัตราส่วนเพียง 8 % หากใส่โซดาไฟน้อยเกินไปจะทำให้เยื่อกระด้างและตีเป็นเยื่อได้ยาก แต่หากใส่มากเกินไป ปริมาณเยื่อที่ได้จะลดลงและกระดาษสาจะเปื่อยง่าย

3.4 ใส่โซดาไฟในหม้อต้มและคนให้เข้ากันก่อนเติมปอสา เพื่อให้สารเคมีกระจายตัวสม่ำเสมอ

3.5 ควรทำฝาปิดหม้อต้ม เพื่อลดการสูญเสียความร้อน ซึ่งจะลดระยะเวลาการต้ม สารเคมี และเชื้อเพลิงที่ใช้

3.6 ควรใช้เตาต้มเยื่อที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อช่วยในการเผาไหม้เชื้อเพลิงดีขึ้น และช่วยยืดอายุการใช้งานของเตาต้มให้นานขึ้น

3.7 นำน้ำต้มเยื่อที่เหลือจากการต้มกลับมาใช้ซ้ำได้อีกประมาณ 3 ครั้ง เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำและสารเคมีในครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 เปลี่ยนการใช้สารเคมีในการต้มเยื่อจากโซดาไฟเป็นโปรแตสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ปริมาณประมาณร้อยละ 9 ของน้ำหนักเปลือกสาแห้ง ต้มที่อุณหภูมิจุดเดือดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ประโยชน์จากการปรับเปลี่ยนมาใช้โปรแตสเซียมไฮดรอกไซด์ คือ สามารถปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำต้มเยื่อให้เป็นกลางโดยใช้กรดซัลฟูริก แล้วนำไปใช้เป็นปุ๋ยในงานเกษตรกรรมได้

4. การฟอกเยื่อ

4.1 อัตราส่วนสารเคมีที่ใช้ต่อปอสา 100 กิโลกรัม คือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ($H_2O_2$) 4-7 กิโลกรัม (4-7 %) และโซเดียมซิลิเกต ($Na_2SiO_3$) 4-8 กิโลกรัม (4-8 %)

4.2 ใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการฟอกเยื่อ คือ ประมาณ 90 องศาเซลเซียส ระยะเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง

4.3 ใช้ถังสแตนเลสในการฟอกแทนถังที่ทำด้วยเหล็ก เช่น ถังน้ำมัน เพราะ ถังที่เป็นเหล็กจะทำให้ประสิทธิภาพในการฟอกเยื่อของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลดลง

5. การล้างเยื่อหลังการต้มและฟอกเยื่อ

5.1 หลังการต้มเยื่อให้ล้างเยื่อสาด้วยน้ำสะอาด 2-3 ครั้ง เพื่อขจัดความเป็นด่างออกไปและลดปริมาณอิออนของโซเดียมที่ค้างอยู่ในเยื่อสาจะช่วยให้กระบวนการฟอกขาวมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.2 ล้างเยื่อสาในบ่อซีเมนต์แทนการฉีดน้ำล้าง จะช่วยประหยัดน้ำที่ใช้

5.3 นำน้ำจากการล้างเยื่อสาครั้งที่ 3 มาใช้ใหม่เป็นน้ำล้างที่ 1 ของการผลิตในรอบถัดไป

6. การตีเยื่อ

6.1 คัดแยกเยื่อที่ไม่ได้คุณภาพออก เช่น เยื่อที่มีสีเหลืองเข้ม ก่อนนำไปตีเยื่อ เพื่อให้ได้เยื่อสีขาวสม่ำเสมอ

6.2 ใช้มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพกับเครื่องตีเยื่อสา เพื่อลดการใช้พลังงาน

6.3 ติดตั้งตะแกรงเพื่อดักเยื่อสาเพื่อป้องกันการสูญเสียเยื่อสาไปกับน้ำทิ้ง

6.4 นำเศษกระดาษสามาผสมรวมกับเยื่อสาใหม่ เช่น ผสมเศษกระดาษสาประมาณ 10 กิโลกรัม รวมกับเยื่อสาใหม่ประมาณ 15 กิโลกรัม

7. การย้อมสี

7.1 ฝึกอบรมให้ความรู้เรื่องเทคนิคการผสมสีแก่พนักงาน เพื่อพัฒนาทักษะการผสมสี และลดปัญหาสีเพี้ยนในการผลิต

7.2 สีที่ใช้ควรได้มาตรฐานและมีการรับรองว่าไม่มีโลหะหนักเป็นส่วนประกอบ หรือใช้สีธรรมชาติในกระบวนการย้อม

8. การทำแผ่น

8.1 ใช้น้ำในการทำแผ่นซ้ำหลายครั้ง

8.2 น้ำทิ้งจากการทำแผ่นมีความสกปรกน้อย ไม่ควรทิ้งปนกับน้ำเสียจากส่วนอื่น ควรแยกส่วนเก็บไว้ต่างหาก เพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น ใช้ในการแช่ปอสาหรือต้มเยื่อ เป็นต้น

8.3 ตรวจสอบการชำรุดและซ่อมแซมเฟรมอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันการฉีกขาดของกระดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.4 ตรวจสอบอายุการใช้งานของแผ่นเฟรม เพื่อให้ได้กระดาษสาคุณภาพดีและได้ขนาดตามที่ต้องการ

8.5 การจัดตารางเวลาในการล้างแผ่นเฟรม เพื่อลดปัญหาเศษเยื่ออุดตัน ทำให้กระดาษไม่ได้มาตรฐานหรือมีความหนา-บางไม่เท่ากัน

**2.6 ด่างสำหรับต้มเยื่อ**

โซดาไฟหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide : NaOH) เป็นด่างที่ผลิตจากการผ่านกระแสไฟฟ้าลงไปในสารละลายของเกลือคลอไรด์มีจำหน่ายในรูปของเม็ดแข็ง ดูดน้ำและความชื้นได้ดีมีคุณสมบัติในการละลายไขมันในอุตสาหกรรมกระดาษใช้เพื่อแยกลิกนินที่ไม่ต้องการออกจากเยื่อไม้ได้ สารละลายที่เข้มข้นของโซดาไฟจะกัดโลหะบางชนิด เช่น อะลูมิเนียม สังกะสี และตะกั่ว ซึ่งเป็นอันตรายต่อผิวหนัง เมื่อละลายน้ำให้ความร้อนสูง (พงษ์ศักดิ์ ชัยศิริประเสริฐ และปริศนา สิริอาชา, 2545 : http://posaa.kapi.ku.ac.th)

สารนี้มีฤทธิ์เป็นด่างเข้มข้น ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และเป็นอัตราต่อสุขภาพอนามัย ห้ามทิ้งลงแหล่งน้ำหรือดิน (วรางคณา ศรนิล, 2551 : http://ag-ebook.lib.ku.ac.th)

**แนวทางการจัดการ**

1. เก็บไว้ในภาชนะบรรจุที่มีฝาปิดมิดชิด ไม่มีรอยแตกร้าวหรือรอยรั่ว เก็บในบริเวณที่เย็นและแห้ง มีการระบายอากาศเพียงพอ

2. เก็บห่างจากความร้อน ความชื้น น้ำ กรด ของเหลวไวไฟ อลูมิเนียม และแมกนีเซียม

3. กรณีเกิดไฟไหม้ ห้ามใช้น้ำในการดับเพลิง เนื่องจากสารนี้ขณะร้อนจะทำปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำ ควรใช้อุปกรณ์ดับเพลิง โดยจัดเตรียมในที่หยิบใช้สะดวก มีวันหมดอายุ และมีวิธีการใช้งานที่ถูกต้อง

4. กรณีไหล ให้ดูดซับส่วนที่หกรั่วไหลด้วยแร่เวอร์มิคิวไลต์ หรือวัสดุดูดซับอื่น ๆ

**อันตรายต่อสุขภาพ**

1.หายใจเข้าไป ก่อให้เกิดการระคายเคืองและทำลายระบบทางเดินหายใจส่วนบนทำให้เกิดอาการจาม ปวดคอ หรือน้ำมูกไหล ปอดอักเสบอย่างรุนแรง หายใจติดขัด หายใจถี่รัว

2. สัมผัสทางผิวหนัง ก่อให้เกิดการระคายเคืองรุนแรง เป็นแผลไหม้ เกิดเป็นแผลพุพองได้ การปฐมพยาบาล ให้ฉีดล้างผิวหนังทันทีด้วยน้ำปริมาณมาก

3. กินหรือกลืนเข้าไป ทำให้แสบไหม้บริเวณปาก คอ กระเพาะอาหาร เป็นแผลเลือดออกในกระเพาะอาหาร อาเจียน ท้องร่วง ความดันเลือดลดต่ำลง อาจทำให้เสียชีวิต การปฐมพยาบาล อย่ากระตุ้นให้อาเจียน ให้ดื่มน้ำหรือนมปริมาณมาก ๆ ผู้ป่วยที่หมดสติ นำส่งไปพบแพทย์ทันที

4. สัมผัสถูกตา ทำให้เกิดการระคายเคืองรุนแรง เป็นแผลแสบไหม้ อาจทำให้มองไม่เห็น ถึงขั้นตาบอดได้ การปฐมพยาบาล ให้ฉีดล้างตาโดยทันทีด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ อย่างน้อย 15 นาที พร้อมกระพริบตาถี่ ๆ แล้วนำส่งไปพบแพทย์ทันที

5. ความผิดปกติอื่น ๆ การสัมผัสสารติดต่อกันเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

ชยาภาส ทับทอง (2549 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่องกระดาษทำมือจากต้นกล้วย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตกระดาษทำมือจากต้นกล้วย การทดลองโดยแช่กาบกล้วยแห้งในสารละลาย KOH 25 % เป็นเวลา 17 ชั่วโมง อัตราส่วนของสารละลาย KOH ความเข้มข้น 25 % ต่อน้ำหนักกาบกล้วยแห้ง เท่ากับ 25 : 1 ก่อนจะทำการต้มที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และฟอกสีด้วยวิธี CEDED (C=Chlorination, E=Extraction, D=Chlorine Dioxide, E=Extraction และ D=Chlorine Dioxide ตามลำดับ) กระดาษจากต้นกล้วยจะถูกทดสอบหาดัชนีความต้านแรงดึง (Tensile Index) ดัชนีความต้านแรงทะลุ (Burst Index) และดัชนีความต้านแรงฉีกขาด (Tearing Index) มีค่าเท่ากับ 64.86 kN.m/kg, 2.76 kPa.$m^2$/g และ 15.22 mN.$m^2$/g ตามลำดับ

จันทร์นภา สว่างญาติ และ รื่นฤดี อัครมณี (2549 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่องการผลิตกระดาษจากเยื่อต้นสบู่ดำ งานวิจัยเรื่องนี้เป็นการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อกระดาษจากต้นสบู่ดำ ซึ่งต้นสบู่ดำที่ใช้ในการศึกษานำมาจากจังหวัดนนทบุรี สายพันธุ์ *Jatropha cuscas* อายุ 1 ปี และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการย่อยต้นสบู่ดำ โดยตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา คือ ความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ ขั้นตอนการแช่และไม่แช่สารเคมี และการใช้สารแอนทราควิโนน ด้วยการแบ่งการทดลองดังนี้ ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เพียงอย่างเดียว โซเดียมไฮดรอกไซด์พร้อมกับแช่ค้างคืนเป็นเวลา 20 ชั่วโมง และโซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับ 0.1 % แอนทราควินโนน นำต้นสบู่ดำพร้อมกับสัดส่วนสารเคมีที่เตรียมไว้ไปย่อยในเครื่องออโตเครป ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียสจนเมื่อถึงจุดที่อุณหภูมิสูงสุดจะย่อยต้นสบู่ดำต่ออีก 3 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำเยื่อที่ได้มาเปอร์เซ็นต์ความชื้นและค่าแคปปา จากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อกระดาษ คือ 24 % NaOH ผสมกับ 0.1 เปอร์เซ็นต์แอนทราควิโนน มีค่าแคปปาเท่ากับ 24.19 (ค่าแคปปาที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20-25) และมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเท่ากับ 37.89 จากนั้นนำเยื่อที่ได้จากการหาสภาวะที่เหมาะสมมาทำการตีเยื่อที่รอบต่างกันดังนี้ 0, 500, 750, 1000 และ 1500 รอบต่อนาที จึงนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษแล้วนำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คือ ความต้านแรงฉีกขาด ความต้านแรงดันทะลุ ความต้านแรงดึงขาด ความขาวสว่าง-ทึบแสง พบว่าที่ 1000 รอบต่อนา ทีมีคุณสมบัติทางกายภาพดีที่สุด โดยมีค่าความต้านแรงฉีกขาดเท่ากับ 354 มิลลินิวตัน ความต้านแรงดันทะลุ 346 กิโลปาสคาล ความต้านแรงดึงขาด 2.11 กิโลนิวตันต่อเมตร ความขาวสว่าง 26.15%

เกวลิน ขันธ์ชัยภูม และ ศักดิ์สิทธิ์ ดอนมอญ (2548 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่องการเตรียมและพัฒนากระดาษจากกาบกล้วยเพื่อใช้ทำบรรจุภัณฑ์ งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้าแห้งเพื่อทำบรรจุภัณฑ์ โดยศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 4 6 และ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาที่ใช้ต้มย่อยเยื่อ 1 2 และ 3 ชั่วโมง เพื่อให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษจากกาบกล้วยน้ำว้า และใช้สภาวะที่เหมาะสมนี้เตรียมกระดาษจากกาบกล้วยเล็บมือนางเปรียบเทียบสมบัติของกระดาษทั้งสองชนิด โดยตรวจสอบสมบัติเชิงกล การซึมน้ำ น้ำมัน และสัณฐานวิทยา จากผลการทดลองพบว่า ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก ต่อปริมาตร และเวลาในการต้มย่อยเยื่อ 3 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่ให้กระดาษที่มีค่าความแข็งแรงดึงดี และกระดาษจากกล้วยน้ำว้าให้สมบัติที่ดีกว่ากล้วยเล็บมือนาง

นอกจากนี้ศึกษาผลของสารต้านการซึมน้ำ และเยื่อกระดาษกล่องเก่าที่มีต่อสมบัติต่าง ๆ ของกระดาษจากกล้วยน้ำว้า ผลการทดลองพบว่า กระดาษที่ไม่เติมสารต้านการซึมน้ำมีสมบัติความแข็งแรงดึงสูงใกล้เคียงกับกระดาษคารฟท์มาตรฐาน ชนิด KA 230 แต่ถ้ามีเยื่อกระดาษกล่องเก่าร้อยละ 70 ให้ค่าการดึงยืด ณ จุดขาดสูง ส่วนกระดาษจากกล้วยน้ำว้า มีความแข็งแรงดึงใกล้เคียงกับกระดาษคราฟท์มาตรฐาน ชนิด CA 125

ดังที่ มอก. 214-2520 ข้อ 8.4 (อ้างโดย เกวลิน ขันธ์ชัยภูม และ ศักดิ์สิทธิ์ ดอนมอญ, 2548 : 42) กล่าวว่า สมบัติการซึมน้ำและน้ำมัน ใช้ชิ้นงานตัวอย่างจำนวน 5 ชิ้น โดยเลือกชิ้นงานที่มีความหนาใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าต่างกันไม่เกิน 0.1 mm ค่าที่นำมาวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของความหนากระดาษ (mm) เวลาที่ใช้ในการซึมผ่าน (min) และพื้นที่ที่ใช้ในการซึมผ่าน ($cm^2$)

วิธีการทดสอบมีรายระเอียดดังนี้

1. วัดความหนาของกระดาษที่ต้องการทดสอบในหน่วย mm
2. ใช้หลอดหยด หยดน้ำหรือน้ำมัน 1 หยดลงบนกระดาษที่ต้องการทดสอบ
3. จับเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งซึมผ่านหมดในหน่วยวินาที แล้วบันทึกผล
4. วัดความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมที่ได้จากการซึมผ่านในหน่วย cm

มณีทิพย์ ซิ่วกุ้ง (2542 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่องการผลิตกระดาษจากธูปฤาษีในระดับครัวเรือน การนำต้นธูปฤาษีมาผลิตกระดาษ โดยนำก้านใบของธูปฤาษีตากแดดจนแห้ง แล้วนำมาต้มกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 15 % ต่อ ธูปฤาษีแห้ง 100 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร อุณหภูมิที่ใช้ระหว่างการต้มประมาณ 160-170 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ต้ม 3-4 ชั่วโมง ล้างเส้นใยของธูปฤาษีให้สะอาด เส้นใยที่ล้างสะอาดดีแล้วมาผสมกับน้ำในอัตราส่วนธูปฤาษี 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง (เส้นใยที่เหลือจากการล้างที่มาจากน้ำหนักเริ่มต้น) ต่อ สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl หรือ น้ำยาซักผ้าขาว) ที่มี Active Cl 6 % ในอัตราส่วน 100 มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ต้มน้ำประมาณ 2-3 ชั่วโมง เส้นใยสีน้ำตาลจะเปลี่ยนเป็นสีขาว นำเส้นใยมาล้างให้สะอาดและหมดกลิ่นของน้ำยาซักผ้าขาว จากนั้นนำมาปั่นผสมน้ำ 1 ลิตร (สังเกตได้จากลักษณะของน้ำจะเหมือนกาว) ช้อนเยื่อด้วยตะแกรงมุ้งลวดพร้อมทั้งกระจายเส้นใยให้สม่ำเสมอไม่เกาะกัน นำเส้นใยในตะแกรงมุ้งลวดไปตากแดดจนแห้ง ลอกแผ่นกระดาษออกจากมุ้งลวด

กระดาษที่ผลิตได้มี 2 ลักษณะ คือ กระดาษแผ่นหนาและกระดาษแผ่นบาง เมื่อวัดด้วยเวอร์เนียร์กระดาษแผ่นหนาจะหนาประมาณ 0.9 มิลลิเมตร กระดาษแผ่นบางจะบางประมาณ 0.3 มิลลิเมตร กระดาษที่ได้จะมีความนุ่มและเหนียว ทดสอบโดยการพับหลายครั้ง ๆ จะไม่เกิดการฉีดขาด กระดาษจะสีขาวนวล กระดาษที่ผลิตได้สามารถนำไปผลิตเป็นกระดาษห่อของขวัญหรือการ์ดต่าง ๆ ถุงกระดาษ สมุดบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 3.1 วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุ

- ต้นข่า (ลำต้นและใบ)
- โซดาไฟหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide : NaOH)
- น้ำสะอาด

อุปกรณ์

- มีด
- เขียง
- กะละมัง
- ตะแกรงสำหรับกรองเส้นใย
- เตา
- ปีบสำหรับต้ม
- เครื่องปั่นน้ำผลไม้
- เฟรมสำหรับช้อนกระดาษขนาด 29x42 เซนติเมตร

### 3.2 ขั้นตอนการผลิตกระดาษ

#### 3.2.1 ขั้นตอนการผลิตกระดาษจากต้นข่าโดยวิธีการทำกระดาษสาแบบช้อน

1) การผลิตกระดาษแบบที่หนึ่ง ใช้ส่วนของลำต้น

1.1) นำลำต้นข่ามาหั่นเป็นท่อน ๆ ให้มีความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร จำนวน 2 กิโลกรัม

1.2) ต้มน้ำปริมาณ 10 ลิตรกับโซดาไฟหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ ½ กิโลกรัม คนให้ละลาย เติมต้นข่าที่ตัดไว้ ใช้เวลาต้ม 2 ชั่วโมง

1.3) เมื่อต้นข่าเปื่อยได้ที่ นำไปพักไว้ซักครู่หนึ่งเพื่อให้คลายความร้อน จากนั้นตักเยื่อขึ้นและแช่ในน้ำสะอาด

1.4) ล้างเยื่อที่ได้ด้วยน้ำสะอาด เพื่อล้างโซดาไฟออกให้หมด โดยสังเกตจากน้ำที่ออกมาจะมีสีน้ำตาล ล้างจนน้ำที่ออกจากเส้นใยมีลักษณะใส

1.5) นำเยื่อที่ได้มาปั่นโดยเครื่องปั่น เพื่อให้เยื่อกระดาษละเอียดและมีขนาดเล็ก

1.6) ตักเยื่อที่ได้ใส่กะละมังที่ใส่น้ำสะอาดไว้ ใช้มือคนให้เยื่อกระดาษกระจายทั่วกะละมัง นำเฟรมที่เตรียมไว้ช้อนเอาเยื่อกระดาษให้ติดเฟรมขึ้นมา โดยให้เยื่อกระดาษกระจายอยู่บนเฟรมให้เสมอกันในขณะยกขึ้นมาจากน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7) นำเฟรมที่มีเยื่อกระดาษติดอยู่ไปพักให้หมาด แล้วนำไปผึ่งแดดประมาณครึ่งวัน เมื่อกระดาษแห้งสนิทจึงค่อย ๆ แกะกระดาษออกจากเฟรม

2) การผลิตกระดาษแบบที่สอง ใช้ส่วนของลำต้นและใบ (1:1)

2.1) นำลำต้นข่ามาหั่นเป็นท่อน ๆ ให้มีความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร จำนวน 1 กิโลกรัม และนำใบข่าหันครึ่ง จำนวน 1 กิโลกรัม

2.2) ต้มน้ำปริมาณ 10 ลิตรกับโซดาไฟหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ ½ กิโลกรัม คนให้ละลาย เติมต้นข่าที่ตัดไว้ ใช้เวลาต้ม 2 ชั่วโมง

2.3) เมื่อต้นข่าเปื่อยได้ที่ นำไปพักไว้ชักครู่หนึ่งเพื่อให้คลายความร้อน จากนั้นตักเยื่อขึ้นและแช่ในน้ำสะอาด

2.4) ล้างเยื่อที่ได้ด้วยน้ำสะอาด เพื่อล้างโซดาไฟออกให้หมด โดยสังเกตจากน้ำที่ออกมาจะมีสีน้ำตาล ล้างจนน้ำที่ออกจากเส้นใยมีลักษณะใส

2.5) นำเยื่อที่ได้มาปั่นโดยเครื่องปั่น เพื่อให้เยื่อกระดาษละเอียดและมีขนาดเล็ก

2.6) ตักเยื่อที่ได้ใส่กะละมังที่ใส่น้ำสะอาดไว้ ใช้มือคนให้เยื่อกระดาษกระจายทั่วกะละมัง นำเฟรมที่เตรียมไว้ช้อนเอาเยื่อกระดาษให้ติดเฟรมขึ้นมา โดยให้เยื่อกระดาษกระจายอยู่บนเฟรมให้เสมอกันในขณะยกขึ้นมาจากน้ำ

2.7) นำเฟรมที่มีเยื่อกระดาษติดอยู่ไปพักให้หมาด แล้วนำไปผึ่งแดดประมาณครึ่งวัน เมื่อกระดาษแห้งสนิทจึงค่อย ๆ แกะกระดาษออกจากเฟรม

**3.3 สถานที่ทำการผลิตกระดาษ**

ห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และ

ที่บ้านพักของผู้วิจัยที่จังหวัดปทุมธานี

**3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตกระดาษ**

การผลิตกระดาษ ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2555-มกราคม พ.ศ. 2556

การตรวจสอบคุณภาพ เดือนมีนาคม พ.ศ. 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

## ผลการสร้างอุปกรณ์

### 4.1 วิธีการทดสอบคุณลักษณะของกระดาษ

จากที่ได้ทำการผลิตกระดาษโดยใช้ส่วนของลำต้นข่า (ลำต้นเทียม) และใบเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษ ซึ่งทำการผลิตกระดาษสองแบบ คือ แบบที่ 1 ผลิตโดยใช้ส่วนของลำต้น มีน้ำหนักสด 2 กิโลกรัม ได้น้ำหนักเยื่อที่ผ่านการต้มแล้ว 1.40 กิโลกรัม แบบที่ 2 ผลิตโดยใช้ส่วนของลำต้นผสมกับใบ (1:1) น้ำหนักสด 2 กิโลกรัม ได้น้ำหนักเยื่อที่ผ่านการต้มแล้ว 1.42 กิโลกรัม ทำการผลิตกระดาษโดยวิธีการทำกระดาษสาแบบช้อน เมื่อทำการผลิตกระดาษเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงทำการตรวจสอบคุณภาพของกระดาษ ใช้วิธีการเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของกระดาษโดยใช้การตรวจพินิจและการทดสอบสัมผัส ทำการเปรียบเทียบระหว่างกระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) กระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) และกระดาษสาที่ผลิตและจำหน่ายในท้องตลาดโดยทั่วไป และบันทึกผลดังนี้ (วุฒินันท์ คงทัด, 2545 : http://posaa.kapi.ku.ac.th)

1. การเปรียบเทียบความนุ่ม ทดสอบโดยใช้หัวแม่มือและนิ้วชี้จับแผ่นกระดาษเบา ๆ ความแข็งของผิวกระดาษจะเกิดจากเยื่อที่ตีแล้วนำมาทำแผ่น การฟูของแผ่น วิธีการตากกระดาษ การเคลือบกระดาษ ทั้งที่ผิวและในแผ่น ระหว่างกระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) กระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) และกระดาษสา

2. การเปรียบเทียบเสียงที่เกิดจากการสั่นกระดาษ ทดสอบโดยการจับกระดาษที่มุมหนึ่งแล้วสั่นจะเกิดเสียงแกรกกราก ระหว่างกระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) กระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) และกระดาษสา

3. การเปรียบเทียบความเปราะ ทดสอบโดยทดลองงอพับและจับแผ่นกระดาษดูเปราะมากหรือน้อยพิจารณาเปรียบเทียบ ระหว่างกระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) กระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) และกระดาษสา

4. การเปรียบเทียบความแตกต่างของผิวกระดาษด้านบนและด้านล่าง ทดสอบโดยตรวจพินิจได้ด้วยตา ระหว่างกระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) กระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) และกระดาษสา

5. การเปรียบเทียบลักษณะพื้นผิว ทดสอบโดยหมุนหัวแม่มือเบา ๆ ไปบนแผ่นกระดาษ ระหว่างกระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) กระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) และกระดาษสา

6. การเปรียบเทียบการฉีกขาด ทดสอบโดยทดลองฉีกเปรียบเทียบระหว่างกระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) กระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) และกระดาษสา โดยใช้การทดสอบ 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 ฉีกโดยไม่ใช้ไม้บรรทัด และวิธีที่ 2 ฉีกโดยการใช้ไม้บรรทัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การเปรียบเทียบความไม่สม่ำเสมอของการกระจายของเยื่อ ทดสอบโดยการยกขึ้นส่องกับแสงสว่าง ระหว่างกระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) กระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) และกระดาษสา

8. การเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านกลิ่นและสี ทดสอบโดยใช้การดมกลิ่นและตรวจพินิจด้วยตา ระหว่างกระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) กระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) และกระดาษสา

9. การเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำ ทดสอบโดยใช้ความชื้น ใช้กระบอกฉีดยา (syringe) หยดน้ำลงบนกระดาษ 1 หยด แล้วจับเวลาเป็นวินาที จนกว่าความมันของน้ำจะหายไปจากผิวกระดาษ ทำการทดสอบ 3 ครั้ง และบันทึกผล ระหว่างกระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) กระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) และกระดาษสา

**4.2 ผลการทดสอบ**

การทดสอบกระดาษข่าที่ผลิตได้ใช้วิธีการเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของกระดาษโดยใช้การตรวจพินิจและการทดสอบสัมผัส เช่น การเปรียบเทียบความนุ่ม เสียงที่เกิดจากการสั่นกระดาษ ความแตกต่างระหว่างผิวกระดาษด้านบนและด้านล่าง การฉีกขาด เป็นต้น เพื่อจะได้นำข้อบกพร่องไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป ผลการการทดสอบคุณลักษณะของกระดาษ ดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของกระดาษโดยใช้การตรวจพินิจและการทดสอบสัมผัส

| คุณลักษณะของกระดาษ | กระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) | กระดาษสา | กระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) |
|---|---|---|---|
| 1. ความนุ่ม | แข็งกระด้าง | นุ่มมาก | นุ่มเล็กน้อย |
| 2. เสียงที่เกิดจากการสั่นกระดาษ | มากที่สุด | ไม่มีเสียง | เล็กน้อย |
| 3. ความเปราะ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |
| 4. ความแตกต่างของผิวกระดาษ (ด้านบน/ด้านล่าง) | หยาบ/เรียบ | ขรุขระ/เรียบเนียน | หยาบ/เรียบ |
| 5. ลักษณะพื้นผิว | ไม่ค่อยเรียบ เป็นมัน | ไม่เรียบ เนียนนุ่ม | ไม่เรียบ สาก ๆ |
| 6. การฉีกขาด<br>6.1 วิธีที่ 1 ฉีกโดยไม่ใช้ไม้บรรทัด | ฉีกยาก/<br>รอยฉีกไม่เรียบ | ฉีกยากมาก/<br>รอยฉีกไม่เรียบ | ฉีกง่ายที่สุด/<br>รอยฉีกเรียบ |
| 6.2 วิธีที่ 2 ฉีกโดยการใช้ไม้บรรทัด | ฉีกยาก/<br>รอยฉีกเรียบ | ฉีกยาก/<br>รอยฉีกไม่เรียบ | ฉีกง่าย/<br>รอยฉีกเรียบ |
| 7. ความไม่สม่ำเสมอของการกระจายเยื่อ | ไม่สม่ำเสมอ | สม่ำเสมอ | ไม่สม่ำเสมอ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ต่อ

| คุณลักษณะของกระดาษ | กระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) | กระดาษสา | กระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) |
|---|---|---|---|
| 8. คุณลักษณะด้านกลิ่นและสี | สีน้ำตาลอ่อน/ กลิ่นข่าอ่อน ๆ | สีขาว/ ไม่มีกลิ่น | สีน้ำตาล/ กลิ่นข่าแรง |

การเปรียบเทียบความนุ่มของกระดาษทั้ง 3 แบบ ปรากฏว่า กระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) มีความแข็งกระด้างมาก กระดาษสามีความนุ่มมากที่สุด และกระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) มีความนุ่มเล็กน้อย

การเปรียบเทียบเสียงที่เกิดจากการสั่นกระดาษทั้ง 3 แบบ ปรากฏว่า กระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) เมื่อสั่นเกิดเสียงดังแกรกกรากมากที่สุด กระดาษสาเมื่อสั่นไม่เกิดเสียงดังแกรกกราก และกระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) เมื่อสั่นเกิดเสียงดังแกรกกรากเล็กน้อย

การเปรียบเทียบความเปาะของกระดาษทั้ง 3 แบบ ปรากฏว่า กระดาษทั้ง 3 แบบสามารถพับและงอได้ไม่เปราะ

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผิวด้านบนและด้านล่างของกระดาษทั้ง 3 แบบ ปรากฏว่า กระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) ผิวกระดาษด้านบนหยาบมีลวดลายเป็นเส้นใยข่าชัดเจน มีความสาก ผิวกระดาษด้านล่างเรียบมีลวดลายเป็นเส้นใยข่าบ้าง มีลายตะแกรงซ้อนเยื่อเล็กน้อย กระดาษสาผิวกระดาษด้านบนจะขรุขระกว่าด้านล่าง มีลักษณะนูน ๆ ผิวกระดาษด้านล่างเรียบเนียนกว่ากระดาษข่ามาก มีลายตะแกรงซ้อนเยื่อเล็กน้อย และกระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) ผิวกระดาษด้านบนหยาบกว่ากระดาษด้านล่าง ผิวกระดาษด้านล่างเรียบ มีลายตะแกรงซ้อนเยื่อเล็กน้อย

การเปรียบเทียบลักษณะผิวของกระดาษทั้ง 3 แบบ ปรากฏว่า กระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) ผิวไม่ค่อยเรียบ เป็นมัน กระดาษสาผิวไม่เรียบ เส้นใยประสานกันได้ดีทำให้ผิวสัมผัสเนียนนุ่ม และกระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) ผิวไม่เรียบ สาก ๆ และแห้งกระด้าง

การเปรียบเทียบการฉีกขาดของกระดาษทั้ง 3 แบบ โดยใช้วิธีการทดสอบ 2 วิธี ปรากฏว่า

วิธีที่ 1 ฉีกโดยไม่ใช้ไม้บรรทัด กระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) ฉีกยาก รอยฉีกไม่เรียบ เมื่อฉีกเนื้อกระดาษขาดเฉพาะผิวหน้ากระดาษ ผิวกระดาษด้านล่างไม่ขาดติดมาด้วย มีขุยมากกว่าการใช้ไม้บรรทัด กระดาษสาเมื่อเริ่มฉีกกระดาษฉีกยากมาก เนื่องจากกระดาษมีความเหนียว แต่เมื่อฉีกแล้วฉีกง่ายขึ้น รอยฉีกไม่เรียบ เมื่อฉีกเห็นได้ชัดเจนว่าเนื้อกระดาษขาดเฉพาะผิวหน้ากระดาษ ผิวกระดาษด้านล่างไม่ขาดติดมาด้วย มีขุยมากกว่าการใช้ไม้บรรทัด และกระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) ฉีกง่ายที่สุด รอยฉีกเรียบกว่ากระดาษทั้งสองแบบ เมื่อฉีกเนื้อกระดาษขาดเฉพาะผิวหน้ากระดาษ ผิวกระดาษด้านล่างไม่ขาดติดมาด้วย มีขุยมากกว่าการใช้ไม้บรรทัด

วิธีที่ 2 ฉีกโดยการใช้ไม้บรรทัด กระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) ฉีกยากแต่ง่ายกว่ากระดาษสา รอยฉีกเรียบมีขุยเล็กน้อย กระดาษสาฉีกยาก รอยฉีกไม่เรียบเป็นขุยของเส้นใย และกระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) ฉีกง่าย รอยฉีกเรียบ

การเปรียบเทียบความไม่สม่ำเสมอของการกระจายของเยื่อกระดาษทั้ง 3 แบบ ปรากฏว่า กระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) พบฝุ่นผงเล็กน้อย มีการกระจายตัวของเยื่อกระดาษไม่สม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณตรงกลางกระดาษจะมีความหนามากกว่าขอบกระดาษ กระดาษสามีแนวคลื่น พบฝุ่นผงเล็กน้อย บางจุดบางบางจุดหนา โดยรวมแล้วลักษณะการกระจายตัวของเยื่อกระดาษสม่ำเสมอมากกว่ากระดาษข่าแบบที่ 1 และ 2 และกระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) พบฝุ่นผงเล็กน้อย มีการกระจายตัวของเยื่อกระดาษไม่สม่ำเสมอ บริเวณตรงกลางกระดาษจะมีความหนามากกว่าขอบกระดาษ

การเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านกลิ่นและสีของกระดาษทั้ง 3 แบบ ปรากฏว่า กระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) สีน้ำตาลอ่อนซึ่งเป็นเป็นธรรมชาติจากลำต้นข่า มีกลิ่นข่าอ่อน ๆ กระดาษสามีสีขาวเนื่องจากผ่านกระบวนการฟอกสี ไม่มีกลิ่น และกระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) สีน้ำตาลเข้มกว่ากระดาษแบบที่ 1 ลักษณะสีขุ่นกว่า มีกลิ่นข่าแรงกว่ากระดาษแบบที่ 1

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของกระดาษโดยใช้การตรวจพินิจและการทดสอบสัมผัส การเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำ

| ชนิดกระดาษ | เวลาที่น้ำซึมหมด (นาที) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | หยดครั้งที่ 1 | หยดครั้งที่ 2 | หยดครั้งที่ 3 | เฉลี่ย |
| 1. กระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) | 00.31.26 | 00.32.16 | 00.32.33 | 00.32.05 |
| 2. กระดาษสา | 00.21.24 | 00.22.56 | 00.23.32 | 00.22.23 |
| 3. กระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) | 00.27.13 | 00.27.58 | 00.27.40 | 00.27.37 |

การเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำของกระดาษทั้ง 3 แบบ ปรากฏว่า กระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) ใช้เวลาในการดูดซึมน้ำนานที่สุด เฉลี่ยประมาณ 00.32.05 นาที แห้งช้าที่สุด รองลงมา คือ กระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) ใช้เวลาในการดูดซึมน้ำเฉลี่ยประมาณ 00.27.37 นาที และลำดับสุดท้าย คือ กระดาษสาใช้เวลาในการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด เฉลี่ยประมาณ 00.22.23 นาที แห้งเร็วที่สุด ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุป

การผลิตข่าเพื่อจำหน่ายส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์มีเพียงเฉพาะส่วนของเหง้าข่า ซึ่งเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตจะเหลือส่วนของลำต้นเป็นวัสดุเหลือทิ้ง และนำไปทิ้งไว้ตามต้นไม้เพื่อให้เป็นปุ๋ย การนำส่วนของลำต้นที่เหลือมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งท่อ ร่วมกับ บริษัท ไทยนำโชคเท็กซ์ไทล์ จำกัด ได้ทำการวิจัยเส้นใยจากลำต้นข่าโดยการนำมาพัฒนาเป็นวัสดุสิ่งทอได้ ซึ่งยังจะมีส่วนใบที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์ จึงน่าจะนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตกระดาษได้

การทำกระดาษสาแบบไทยปัจจุบันนั้นมี 2 วิธี คือ การทำกระดาษสาแบบช้อนและการทำกระดาษแบบแตะ การผลิตกระดาษจากต้นข่าจะใช้การทำกระดาษสาแบบช้อน แต่จะไม่ทำการฟอกและย้อมสีเยื่อกระดาษ เพื่อให้ได้กระดาษที่มีสีเป็นธรรมชาติ และลดการใช้สารเคมีในขั้นตอนดังกล่าว แบ่งการผลิตกระดาษสาเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ผลิตโดยใช้ส่วนของลำต้น แบบที่ 2 ผลิตโดยใช้ส่วนของลำต้นผสมกับใบ (1:1) โดยใช้โซดาไฟหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการย่อย

การผลิตกระดาษข่าใช้ส่วนของต้นข่าทั้งต้น แบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ใช้ลำต้นข่าอย่างเดียว 2 กิโลกรัม และแบบที่ 2 ใช้ลำต้นข่าผสมใบอย่างละ 1 กิโลกรัม วิธีการต้มน้ำเดือด 10 ลิตร เติมโซดาไฟ หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ ½ กิโลกรัม คนให้ละลายน้ำ นำต้นข่าที่เตรียมไว้ใส่ต้มเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อต้นข่าเปื่อยได้ที่ นำไปพักให้คลายความร้อนและล้างเยื่อด้วยน้ำสะอาดเพื่อล้างโซดาไฟออกให้หมด ได้แล้วนำมาปั่น เพื่อให้เยื่อข่าละเอียด ตักเยื่อใส่กะละมังที่ใส่น้ำใช้มือคนให้เยื่อกระจายทั่วกัน นำเฟรมมาช้อนเยื่อกระดาษ พักให้หมาดและนำไปผึ่งแดด เมื่อเยื่อกระดาษแห้งสนิทจึงค่อย ๆ แกะออกจากเฟรม และทำการเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของกระดาษโดยใช้การตรวจพินิจและการทดสอบสัมผัส ได้แก่ ความนุ่ม เสียงที่เกิดจากการสั่นกระดาษ ความเปราะ ความแตกต่างของผิวกระดาษด้านบนและด้านล่าง ลักษณะพื้นผิว การฉีกขาด ความไม่สม่ำเสมอของการกระจายของเยื่อ คุณลักษณะด้านกลิ่นและสี และการดูดซึม ระหว่างกระดาษข่าแบบที่ 1 กระดาษข่าแบบที่ 2 และกระดาษสา ดังนี้

การเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพเทียบกับกระดาษสา (จากท้องตลาด) ปรากฏว่า ความนุ่ม กระดาษข่าแบบที่ 1 มีความแข็งกระด้างมาก กระดาษสามีความนุ่มมากที่สุด และกระดาษข่าแบบที่ 2 มีความนุ่มเล็กน้อย

เสียงที่เกิดจากการสั่นกระดาษ กระดาษข่าแบบที่ 1 เมื่อสั้นเกิดเสียงดังแกรกกรากมากที่สุด กระดาษสาไม่เกิดเสียงดังแกรกกราก และกระดาษข่าแบบที่ 2 เกิดเสียงดังแกรกกรากเล็กน้อย

ความเปราะกระดาษทั้ง 3 แบบ สามารถพับงอได้ไม่เปราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างระหว่างผิวกระดาษด้านบนและด้านล่าง กระดาษข่าแบบที่ 1 ผิวกระดาษด้านบนหยาบมีลวดลายเป็นเส้นใยข่าชัดเจน มีความสาก ผิวกระดาษด้านล่างเรียบมีลวดลายเป็นเส้นใยข่าบ้าง มีลายตะแกรงซ้อนเยื่อเล็กน้อย กระดาษสาผิวกระดาษด้านบนจะขรุขระกว่าด้านล่าง มีลักษณะนูน ๆ ผิวกระดาษด้านล่างเรียบเนียนกว่ากระดาษข่ามาก มีลายตะแกรงซ้อนเยื่อเล็กน้อย และกระดาษข่าแบบที่ 2 ผิวกระดาษด้านบนหยาบกว่ากระดาษด้านล่าง ผิวกระดาษด้านล่างเรียบ มีลายตะแกรงซ้อนเยื่อเล็กน้อย

ลักษณะผิว กระดาษข่าแบบที่ 1 ไม่ค่อยเรียบ ผิวเป็นมัน กระดาษสาผิวไม่เรียบเส้นใยประสานกันได้ดีทำให้ผิวสัมผัสเนียนนุ่ม และกระดาษข่าแบบที่ 2 ผิวไม่เรียบ สาก ๆ และแห้งกระด้าง

การฉีกขาดโดยไม่ใช้ไม้บรรทัด กระดาษข่าแบบที่ 1 ฉีกยาก รอยฉีกไม่เรียบ เมื่อฉีกเนื้อกระดาษขาดเฉพาะผิวหน้ากระดาษ ผิวกระดาษด้านล่างไม่ขาดติดมาด้วย มีขุยมากกว่าการใช้ไม้บรรทัด กระดาษสาเมื่อเริ่มฉีกกระดาษฉีกยากมาก เนื่องจากกระดาษมีความเหนียว แต่เมื่อฉีกแล้วฉีกง่ายขึ้น รอยฉีกไม่เรียบ เมื่อฉีกเห็นได้ชัดเจนว่าเนื้อกระดาษขาดเฉพาะผิวหน้ากระดาษ ผิวกระดาษด้านล่างไม่ขาดติดมาด้วย มีขุยมากกว่าการใช้ไม้บรรทัด และกระดาษข่าแบบที่ 2 ฉีกง่ายที่สุด รอยฉีกเรียบกว่ากระดาษทั้งสองแบบ เมื่อฉีกเนื้อกระดาษขาดเฉพาะผิวหน้ากระดาษ ผิวกระดาษด้านล่างไม่ขาดติดมาด้วย มีขุยมากกว่าการใช้ไม้บรรทัด และ

การฉีกโดยการใช้ไม้บรรทัด กระดาษข่าแบบที่ 1 ฉีกยาก แต่ฉีกง่ายกว่ากระดาษสา รอยฉีกเรียบมีขุยเล็กน้อย กระดาษสาฉีกยาก รอยฉีกไม่เรียบเป็นขุยของเส้นใย และกระดาษข่าแบบที่ 2 ฉีกง่าย รอยฉีกเรียบ

ความไม่สม่ำเสมอของการกระจายของเยื่อ กระดาษข่าแบบที่ 1 พบฝุ่นผงเล็กน้อย มีการกระจายตัวของเยื่อกระดาษไม่สม่ำเสมอ บริเวณตรงกลางกระดาษจะมีความหนามากกว่าขอบกระดาษ กระดาษสามีแนวคลื่น พบฝุ่นผงเล็กน้อย บางจุดบางบางจุดหนา โดยรวมแล้วลักษณะการกระจายตัวของเยื่อกระดาษสม่ำเสมอมากกว่ากระดาษข่าแบบที่ 1 และ 2 และกระดาษข่าแบบที่ 2 พบฝุ่นผงเล็กน้อย มีการกระจายตัวของเยื่อกระดาษไม่สม่ำเสมอ บริเวณตรงกลางกระดาษจะมีความหนามากกว่าขอบกระดาษ

คุณลักษณะด้านกลิ่นและสี กระดาษข่าแบบที่ 1 สีน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นข่าอ่อน ๆ กระดาษสาสีขาวเนื่องจากผ่านกระบวนการฟอกสี ไม่มีกลิ่น และกระดาษข่าแบบที่ 2 สีน้ำตาลเข้มกว่ากระดาษแบบที่ 1 ลักษณะสีขุ่นกว่า มีกลิ่นข่าแรงกว่า และ

การดูดซึมน้ำ กระดาษข่าแบบที่ 1 ใช้เวลาในการดูดซึมน้ำเฉลี่ยประมาณ 00.32.05 นาที แห้งช้าที่สุด รองลงมา คือ กระดาษข่าแบบที่ 2 ใช้เวลาในการดูดซึมน้ำเฉลี่ยประมาณ 00.27.37 นาที และลำดับสุดท้าย คือ กระดาษสาใช้เวลาในการดูดซึมน้ำเฉลี่ยประมาณ 00.22.23 นาที แห้งเร็วที่สุด ตามลำดับ

จากการผลิตกระดาษข่า ลักษณะของกระดาษที่ได้น่าจะเหมาะสำหรับในการนำไปผลิตถุงกระดาษได้ เนื่องจากมีความแข็งแรงและเหนียว และผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทก เนื่องจากการซ้อนเยื่อกระดาษให้มีความหนามาก ๆ เมื่อกระดาษแห้งจะมีความแข็งแรงและเหนียวมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.2 ปัญหาที่พบ**

5.2.1. เนื่องจากในขั้นตอนการช้อนเยื่อกระดาษ ไม่ใช้สารกระจายเยื่อจึงทำให้เยื่อกระดาษข่ากระจายไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น มีความหนาบางไม่เท่ากัน และไม่สามารถชั่งน้ำหนักได้ว่ากระดาษแต่ละแผ่นใช้เยื่อกระดาษปริมาณเท่าใด

5.2.2 ในขั้นตอนการช้อนเยื่อกระดาษ การผลิตครั้งแรกกระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) ใช้ภาชนะในการช้อนเยื่อใหญ่เกินไปและใช้น้ำปริมาณมากผสมกับเยื่อ ทำให้ปริมาณเยื่อเจือจางกับน้ำ

5.2.3 เมื่อนำกระดาษข่าไปผึ่งแดด เมื่อแห้งกระดาษที่ได้มีการหดตัว ทำให้กระดาษย่น บิดเบี้ยว เสียทรง กระดาษที่ได้จึงไม่เรียบ ยิ่งกระดาษมีความหนามากการหดตัวก็จะสูงไปด้วย

**5.3 ข้อเสนอแนะ**

5.3.1 การช้อนเยื่อกระดาษควรใช้น้ำและภาชนะที่พอดีกับเยื่อ เพราะการใช้น้ำปริมาณมากและภาชนะช้อนที่ใหญ่เกินไปทำให้เปลืองเยื่อกระดาษและทำให้เยื่อกระดาษมีความเจือจางมาก ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับความหนาบางของกระดาษที่ต้องการ

5.3.2 การช้อนเยื่อกระดาษจากต้นข่าไม่ควรใช้เยื่อหนามากเกินไป เพราะเยื่อกระดาษที่มีน้ำหนักมากและความหนามาก เมื่อนำไปผึ่งแดด เมื่อแห้งกระดาษจะบิดเบี้ยว โค้งงอ และย่นมาก กระดาษที่ได้จึงไม่เรียบ เนื่องจากกระดาษมีการหดตัวของเยื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม


กัญจนา ดีวิเศษ และคณะ. (บรรณาธิการ) 2542. ผักพื้นบ้านภาคกลาง. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. 279 น.

ชยาภาส ทับทอง. 2549. กระดาษทำมือจากต้นกล้วย. โครงการวิจัยของ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีงบประมาณ 2549. 61 น.

โชติอนันต์ และคณะ. 2550. รักษาโรคด้วยสมุนไพรใกล้ตัว. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ The knowledge center. 487 น.

ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์. 2545. สารานุกรมผัก. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แสงแดด. 208 น.

นิจศิริ เรือรังษี. 2542. เครื่องเทศ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 206 น.

นิจศิริ เรืองรังษี. 2547. สมุนไพรไทย. กรุงเทพฯ : บี เฮลท์ตี้. 308 น.

นิดดา หงส์วิวัฒน์ และคณะ. 2548. ผัก ๓๓๓ ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แสงแดด. 320 น.

ผกายมาส อุดมผล. 2553. สมุนไพรน่ารู้คู่บ้าน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ Feel good publishing. 272 น.

พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ. 2537. สมุนไพรก้าวใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : เมดิคัด มีเดีย. 202 น.

พรทวี พึ่งรัศมี และ อรัญ หาญสืบสาย. 2537. สาระน่ารู้เรื่องกระดาษพิมพ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ด่านสุทธาการพิมพ์. 153 น.

พิทยา สรวมศิริ. 2551. อุตสาหกรรมเครื่องเทศ. พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่ : วนิดาเพรส. 292 น.

มณีทิพย์ ซิ่วกุ้ง. 2542. การผลิตกระดาษจากธูปฤาษีในระดับครัวเรือน. กรุงเทพฯ : ปัญหาพิเศษครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 36 น.

มหิดล,มหาวิทยาลัย คณะเภสัชศาสตร์. ก้าวไปกับสมุนไพร. กรุงเทพฯ : ธรรกมลการพิมพ์. 207 น.

วิทยา บุญวรพัฒน์. 2554. สารานุกรมสมุนไพรไทย-จีนที่ใช้บ่อยในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ส.พิจิตรการพิมพ์. 655 น.

สุโขทัยธรรมาธิราช, มหาวิทยาลัย สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์. 2546. เอกสารการสอนชุดวิชาพืชเศรษฐกิจหน่วยการสอนที่ 8-15. พิมพ์ครั้งที่ 10. นนทบุรี : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 472 น.

อร่าม คุ้มกลาง และคณะ. (บรรณาธิการ) 2541. ผักพื้นบ้านภาคอีสาน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. 302 น.

อุดม โกสัยสุข. 2529. การปลูกผักกินหัวและกินดอก. กรุงเทพฯ : อักษรบัณฑิต. 38 น.

เกวลิน ขันธ์ชัยภูม และ ศักดิ์สิทธิ์ ดอนมอญ. 2548. “การเตรียมและพัฒนากระดาษจากกาบกล้วยเพื่อใช้ทำบรรจุภัณฑ์”. ระบบสืบค้นข้อมูลปริญญานิพนธ์. แหล่งที่มา : http://161.246.37.23/view.aspx?ID=garag qc56p5j8kezvlgmuabb., 18 มีนาคม 2556.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครือข่ายกาญจนาภิเษก. 2551. “โรงกระดาษสา”. โครงการส่วนพระองค์สวนจิตลดา. แหล่งที่มา : http://kanchanapisek.or.th/kp1/download/images/smpp_th.rar., 20 พฤษภาคม 2555.

จันทร์นภา สว่างญาติ และ รื่นฤดี อัครมณี. 2549. “การผลิตกระดาษจากเยื่อต้นสบู่ดำ”. ระบบสืบค้นข้อมูลปริญญานิพนธ์. แหล่งที่มา : http://161.246.37.23/view.aspx?ID=wtvqhvixtxjfk9vfmiywaa33., 18 มีนาคม 2556.

ชาญชัย สิริเกษมเลิศ. 2554. “เส้นใยข่า วัตถุดิบใหม่ของสิ่งทอ”. ห้องสมุดกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. แหล่งที่มา : http://library.dip.go.th/multim6/edoc/2554/20495.pdf., 20 พฤษภาคม 2555.

วรางคณา ศรนิล.2551. “แนวทางการผลิตกระดาษสาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม”. หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ด้านการเกษตรเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. แหล่งที่มา : http://ag-ebook.lib.ku.ac.th/ebooks/2011-016-0004/index.html., 18 มีนาคม 2556.

วิขัณฑ์ อรรณพานุรักษ์. 2545. “การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพเยื่อและกระดาษสา”. โครงการถ่ายทอดงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษจากปอสา. แหล่งที่มา : http://posaa.kapi.ku.ac.th/Document/PDF/ISBN1521/1521_11.pdf., 28 กุมภาพันธ์ 2556.

วุฒินันท์ คงทัด. 2545. “กระดาษทำด้วยมือ”. โครงการถ่ายทอดงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษจากปอสา. แหล่งที่มา : http://posaa.kapi.ku.ac.th/Document/PDF/HandPaper/ISBN1564.pdf., 28 กุมภาพันธ์ 2556.

ศูนย์ส่งเสริมศิลปาชีพระหว่างประเทศ, องค์การเอกชน. 2551. “การทำกระดาษจากวัสดุธรรมชาติ”. ศิลปประดิษฐ์. แหล่งที่มา : http://www.elibrary.sacict.net/th/products/detail.php?IBLOCK_ID=1&SECTION_ID=876&ELEMENT_ID=11082., 20 พฤษภาคม 2555.

สำนักงานข้อมูลสมุนไพร. ม.ป.ป. “ข่า”. สมุนไพรที่ใช้งานสาธารณสุขมูลฐาน. แหล่งที่มา : http://www.medplant.mahidol.ac.th/pubhealth/index.asp., 28 กุมภาพันธ์ 2556.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

## การผลิตกระดาษข่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

## การผลิตกระดาษข่า

1 2

ภาพที่ 1 วัตถุดิบ

1. ลำต้นข่า (ลำต้นเทียม)
2. ลำต้นข่าและใบข่า

1 2

ภาพที่ 2 การต้มต้นข่า

1. ลำต้นข่า (ลำต้นเทียม)
2. ลำต้นข่าและใบข่า

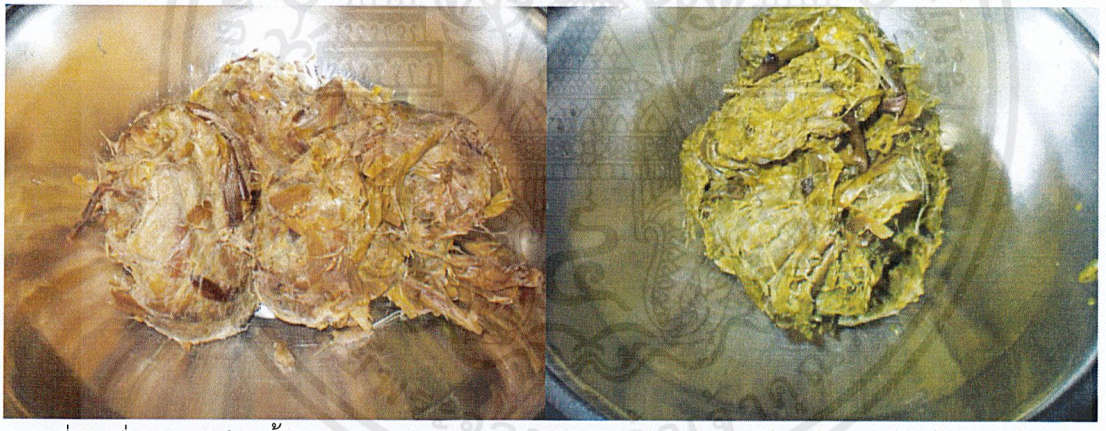
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 2

ภาพที่ 3 เยื่อข่าที่ได้จากการต้ม

1. ลำต้นข่าหลังต้ม
2. ลำต้นข่าและใบข่าหลังต้ม

1 2

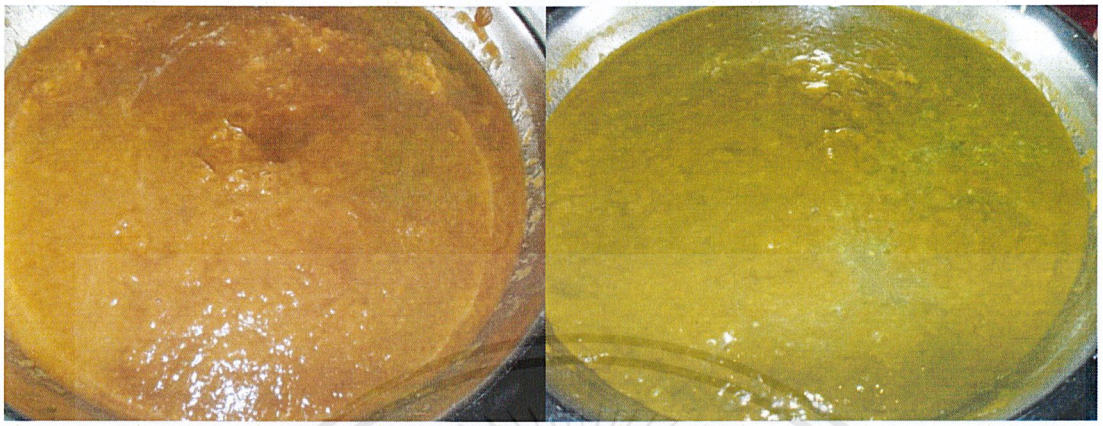


ภาพที่ 4 เยื่อข่าหลังล้างน้ำสะอาด

1. ลำต้นข่า
2. ลำต้นข่าและใบข่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 2



ภาพที่ 5 เยื่อข่าที่ได้จากการปั่น

1. เยื่อลำต้นข่าที่ผ่านการปั่น
2. เยื่อลำต้นข่าและใบข่าที่ผ่านการปั่น

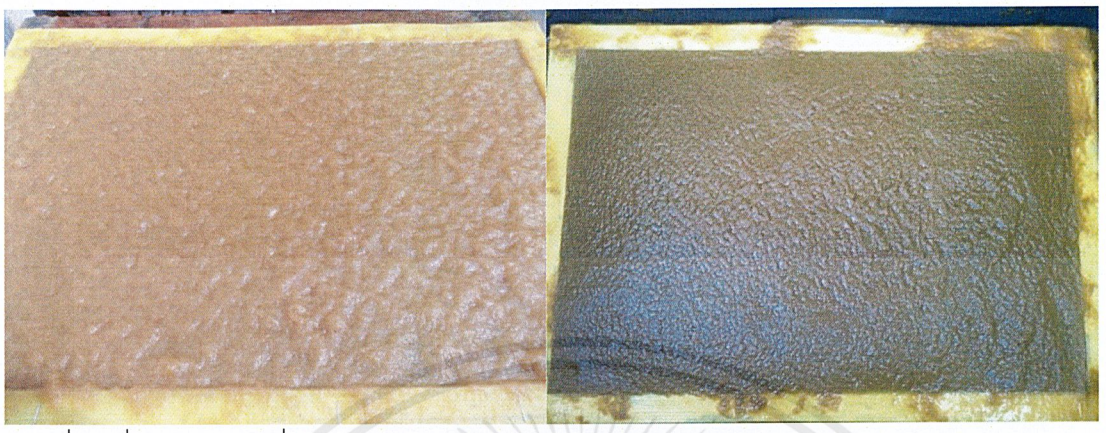
1 2

ภาพที่ 6 น้ำเยื่อกระดาษข่า

1. น้ำเยื่อกระดาษลำต้นข่า
2. น้ำเยื่อกระดาษลำต้นข่าและใบข่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 2



ภาพที่ 7 เยื่อกระดาษข่าที่ได้จากการช้อน

1. เยื่อลำต้นข่าที่ได้จากการช้อนเยื่อ
2. เยื่อลำต้นข่าและใบข่าที่ได้จากการช้อนเยื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

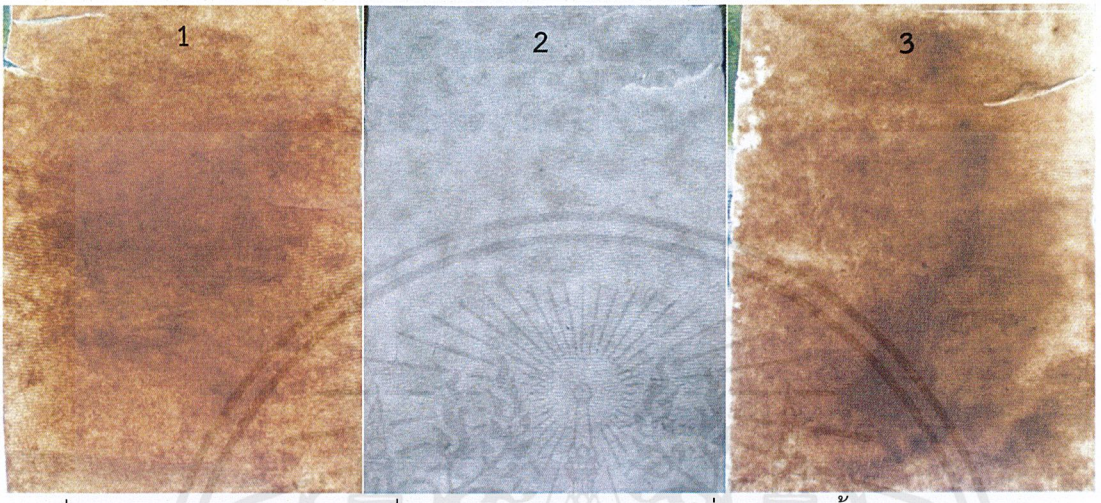
# ภาคผนวก ข

## การเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของของกระดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

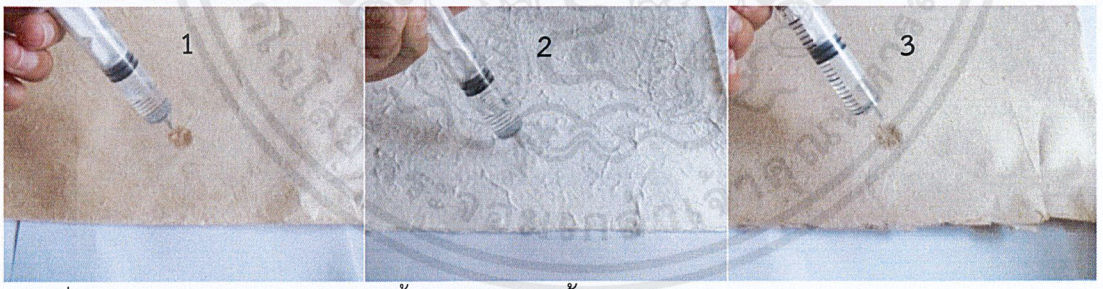
# ภาคผนวก ข

## การเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของของกระดาษ




ภาพที่ 8 การเปรียบเทียบความไม่สม่ำเสมอของการกระจายของเยื่อกระดาษทั้ง 3 แบบ

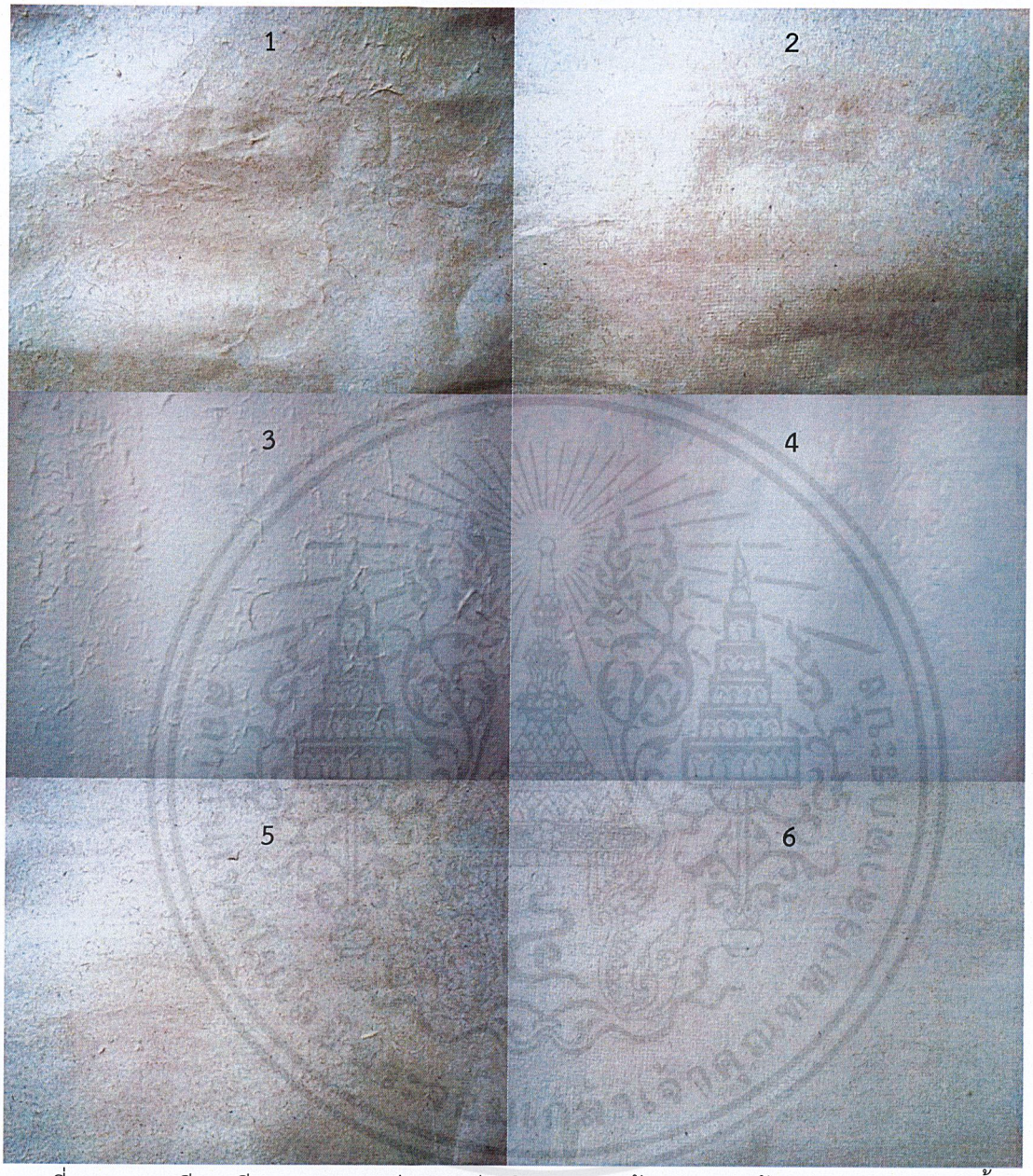
1. กระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) การกระจายของเยื่อกระดาษไม่สม่ำเสมอ
2. กระดาษสาการกระจายของเยื่อกระดาษมีความสม่ำเสมอ
3. กระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) การกระจายของเยื่อกระดาษไม่สม่ำเสมอ




ภาพที่ 9 การเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำของกระดาษทั้ง 3 แบบ

1. กระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) ใช้เวลาในการดูดซึมน้ำเฉลี่ย 00.32.05 นาที
2. กระดาษสาใช้เวลาในการดูดซึมน้ำเฉลี่ย 00.27.37 นาที
3. กระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) ใช้เวลาในการดูดซึมน้ำเฉลี่ย 00.22.23 นาที

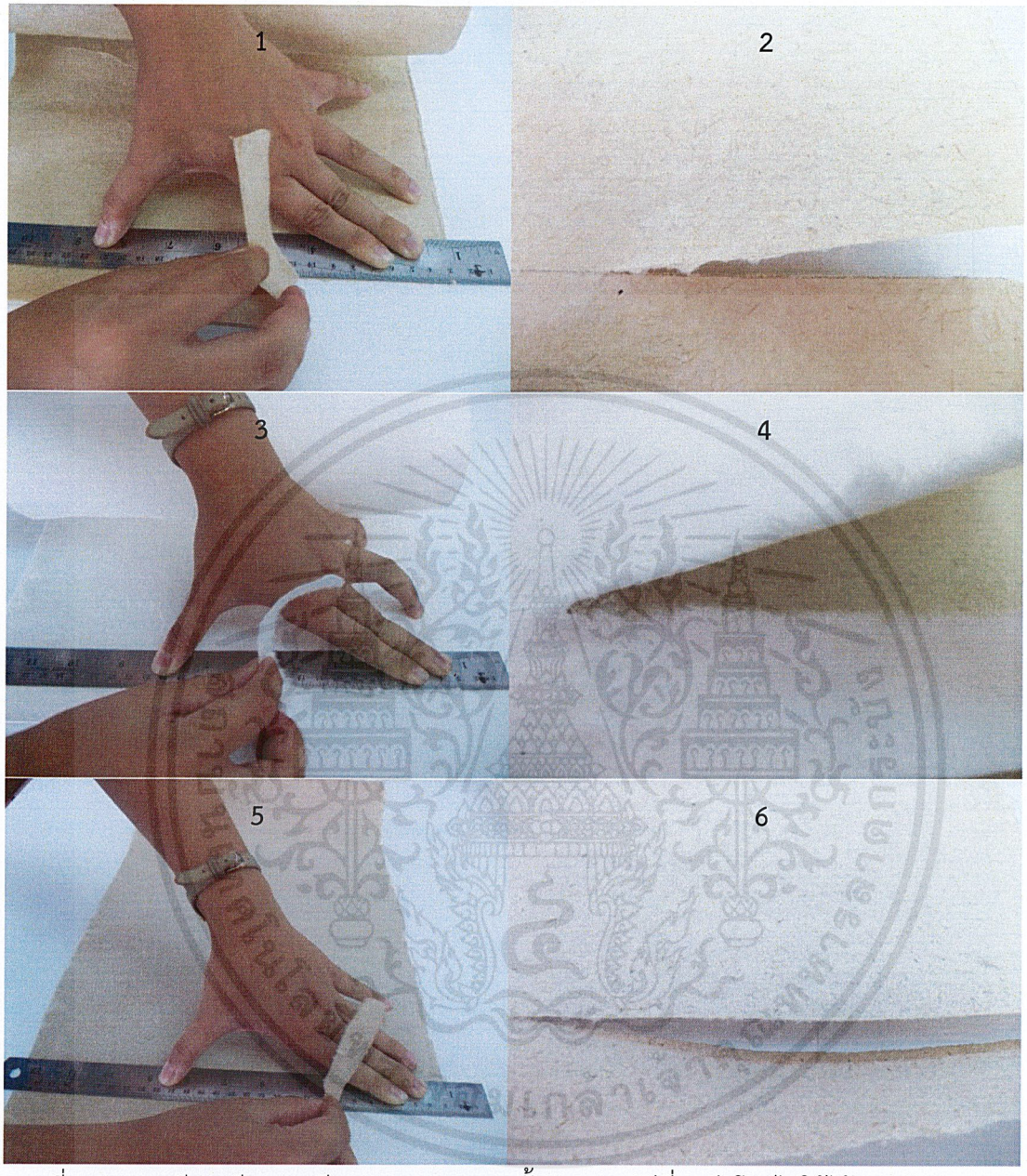
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ภาพที่ 10 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผิวกระดาษด้านบนและด้านล่างของกระดาษทั้ง 3 แบบ

1. ผิวด้านบนของกระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) หยาบ
2. ผิวด้านล่างของกระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) เรียบ
3. ผิวด้านบนของกระดาษสา ขรุขระ
4. ผิวด้านล่างของกระดาษสา เรียบเนียน
5. ผิวด้านบนของกระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) หยาบ
6. ผิวด้านล่างของกระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) เรียบ

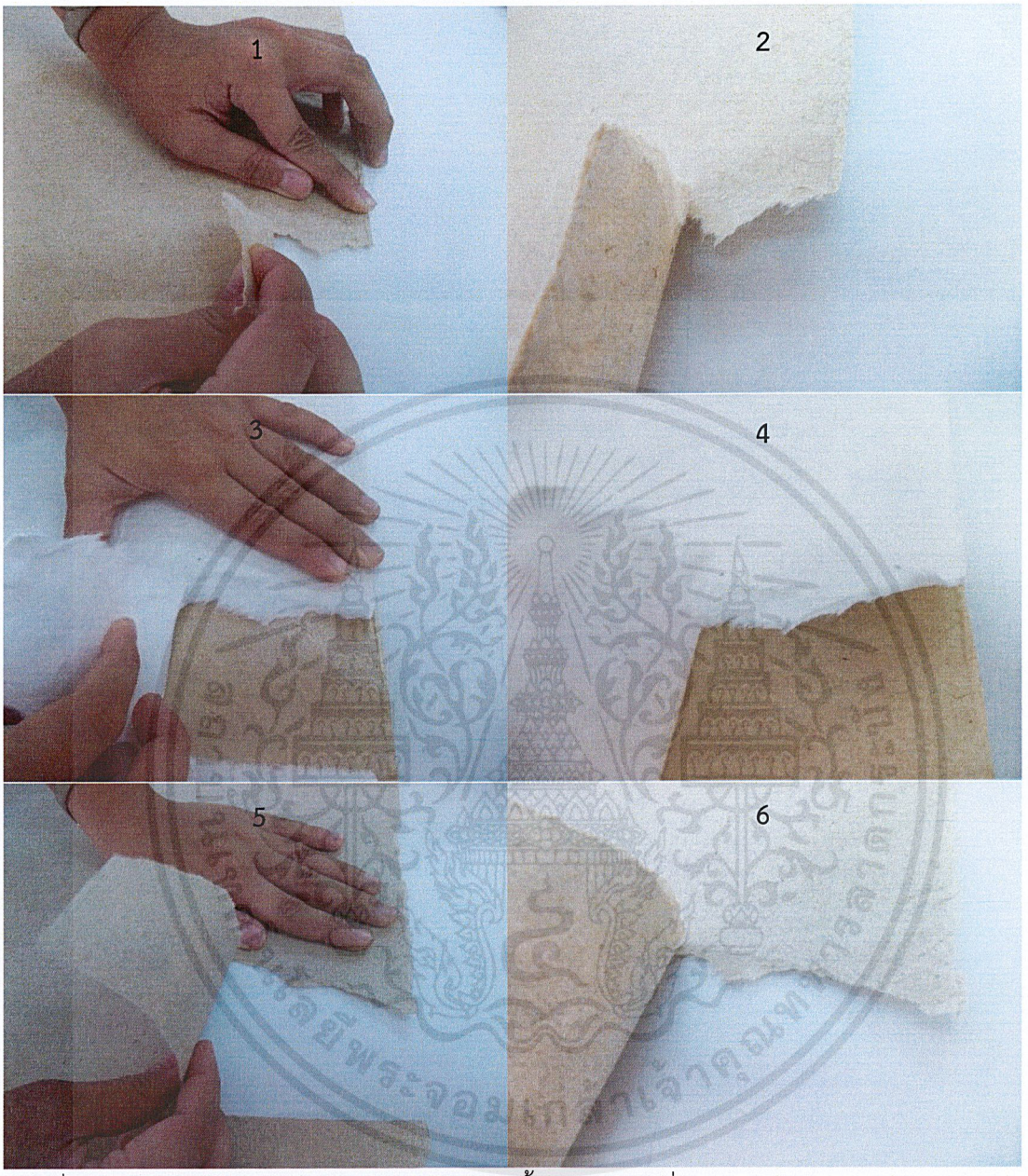
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ภาพที่ 11 การเปรียบเทียบการฉีกขาดของกระดาษทั้ง 3 แบบ วิธีที่ 1 ฉีกโดยไม่ใช้ไม้บรรทัด

1. การฉีกกระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า)
2. ลักษณะการฉีกขาดของกระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) ฉีกยาก รอยฉีกเรียบ
3. การฉีกกระดาษสา
4. ลักษณะการฉีกขาดของกระดาษสา ฉีกยาก รอยฉีกไม่เรียบ
5. การฉีกกระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1)
6. ลักษณะการฉีกขาดของกระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) ฉีกง่าย รอยฉีกเรียบ

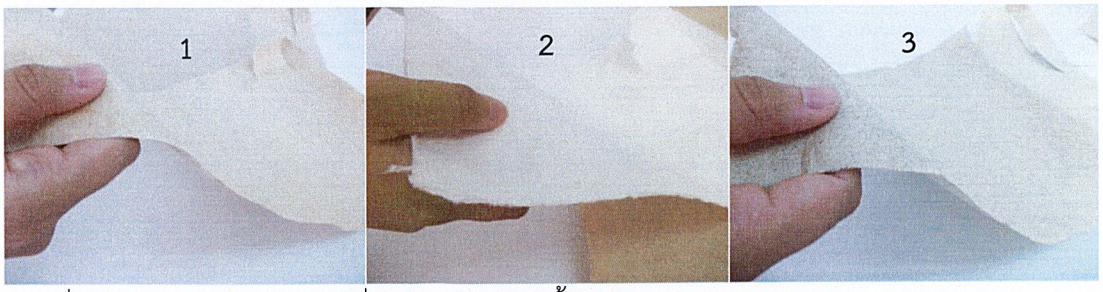
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ภาพที่ 12 การเปรียบเทียบการฉีกขาดของกระดาษทั้ง 3 แบบ วิธีที่ 2 ฉีกโดยการใช้ไม้บรรทัด

1. การฉีกกระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า)
2. ลักษณะการฉีกขาดของกระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) ฉีกยาก รอยฉีกไม่เรียบ
3. การฉีกกระดาษสา
4. ลักษณะการฉีกขาดของกระดาษสา ฉีกยากมาก รอยฉีกไม่เรียบ
5. การฉีกกระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1)
6. ลักษณะการฉีกขาดของกระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) ฉีกง่ายที่สุด รอยฉีกเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ภาพที่ 13 การเปรียบเทียบเสียงที่เกิดจากกระดาษทั้ง 3 แบบ

1. กระดาษข่าแบบที่ 1 (ลำต้นข่า) เมื่อสั้นเกิดเสียงดังแกรกกรากมากที่สุด
2. กระดาษสาเมื่อสั่นไม่เกิดเสียงดังแกรกกราก
3. กระดาษข่าแบบที่ 2 (ลำต้นผสมใบ 1:1) เมื่อสั่นเกิดเสียงดังแกรกกรากเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้