บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติและความเป็นมาของกระดาษ

วิธีการทำกระดาษมีขึ้นครั้งแรกในโลกเมื่อห้าพันปีที่แล้ว โดยชาวอียิปต์ได้ทำกระดาษขึ้นจากต้นหญ้าที่เรียกว่า พาพิรัส (papyrus) ซึ่งมีวิธีการทำง่าย ๆ คือ แกะส่วนนอกของต้นพาพิรัสออกให้เหลือแต่แกนกลาง (pith) แล้วตัดให้เป็นแถบยาวบาง ๆ นำแถบเหล่านี้มาผสมกันแล้วกดให้เป็นแผ่น เทกาวลงไปผสมให้ติดกันแน่นขึ้น แล้วทำให้แห้ง ซึ่งวิธีนี้ถูกใช้มาจนถึงปี พ.ศ. 648 จากนั้น ในประเทศจีนขันทีชื่อ ฉีลุน (Ts'si Lun) ได้นำเส้นใยที่ใช้ทอผ้ามาตัดให้สั้น แล้วผสมกับสารละลายพิเศษที่เขาเตรียมไว้ จากนั้นเทสารผสมลงบนกรอบไม้ที่ขึงด้วยผ้า น้ำจะซึมผ่านลงเหลือแต่เส้นใยที่ผสานกัน แล้วยกกรอบไม้ไปตากแดดให้แห้ง ต่อมา ฉีลุน ได้เปลี่ยนวิธีการใหม่เรียกว่า Laid technique โดยการจุ่มกรอบไม้ที่ขึงด้วยผ้านี้ลงในถังที่มีสารละลายผสมเส้นใย แล้วยกขึ้นนำไปตากแดดให้แห้ง ซึ่งวิธีนี้จะทำให้ได้กระดาษที่มีคุณภาพดีกว่าแบบเดิม

การพัฒนาวิธีการทำกระดาษโดยใช้เครื่องจักรเกิดขึ้นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2341 ในโรงงานทำกระดาษ Didot แห่งประเทศฝรั่งเศส โดยนาย นิโคลัส หลุยส์ โรเบิร์ต (Nicolas Louis Robert) ได้เสนอให้ออกแบบเครื่องมือที่มีการปล่อยสารละลายผสมเส้นใยลงบนตะแกรงลวดที่มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา น้ำจะไหลทะลุตะแกรงลวดนี้ ขณะเดียวกันแผ่นกระดาษที่ยังเปียกอยู่ จะถูกส่งต่อไปยังชุดลูกกลิ้งที่คลุมผิวด้วยผ้า เพื่อช่วยดูดซับน้ำให้ออกจากกระดาษให้มากยิ่งขึ้นจนกระทั่งกระดาษแห้ง แต่โครงการนี้ยังไม่สำเร็จเพราะเกิดการปฏิวัติในประเทศฝรั่งเศสก่อน จนกระทั่ง พ.ศ. 2344 จอห์น แกมเบิล (John Gamble) แห่งตระกูล Didot ได้ร่วมมือกับพี่น้องตระกูลโฟรดริเนียร์ (Fourdrinier) สร้างเครื่องจักรนี้ในประเทศอังกฤษ และสามารถผลิตกระดาษได้อย่างต่อเนื่องในปี พ.ศ. 2350 ซึ่งเครื่องนี้เรียกว่า เครื่องโฟรดริเนียร์ (พรทวี พึ่งรัศมี และอรัญ หาญสืบสาย . 2537 : 21)

สำหรับประเทศไทย สันนิษฐานว่ากระดาษถูกนำเข้ามาครั้งแรกโดยชาวโปรตุเกส ซึ่งคำว่ากระดาษเพี้ยนมาจากภาษาโปรตุเกสว่า cartas ซึ่งแปลว่ากระดาษ การทำกระดาษของไทยไม่มีหลักฐานแน่นอนว่าเริ่มตั้งแต่ในสมัยใดแต่ก็มีหลักฐานพบว่าไทยมีกระดาษใช้ตั้งแต่สมัยอยุธยา คือ พงศาวดารฉบับหลวงประเสริฐ ส่วนอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษไทยเกิดขึ้นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2466

และมีการผลิตกระดาษเมื่อปี พ.ศ. 2478 โดยทำการผลิตจากเยื่อไม้ไผ่ และมีการพัฒนากระบวนการผลิตตลอดจนการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบเรื่อยมาจนถึงทุกวันนี้ (รุ่งอรุณ , 2539. อ้างในนักวิจัยระดับปฏิบัติการ รุ่นที่ 4 : 7)

2.2 ความหมายของกระดาษ

กระดาษ หมายถึง แผ่นวัสดุบางซึ่งทำจากเส้นใย (fiber) ผสมกับสารเติมแต่ง (additive) ต่าง ๆ ตั้งแต่หนึ่งชนิดขึ้นไปซึ่งสารเติมแต่งนี้อาจเติมก่อนการขึ้นแผ่นหรือหลังการขึ้นแผ่นก็ได้กระดาษที่ผลิตโดยทั่วไปจะมีน้ำหนักมาตรฐานตั้งแต่ระดับสูงกว่า 35-225 กรัมต่อตารางเมตร ถ้ากระดาษมีน้ำหนักมากกว่านี้จะถือว่าเป็นกระดาษแข็ง

2.3 แหล่งที่มาของเส้นใยพืชในการผลิตกระดาษ

พืชเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการทำเยื่อกระดาษ (paper pulp) ซึ่งพืชเกือบทุกชนิดสามารถนำมาเป็นเยื่อกระดาษได้ และสามารถจำแนกแหล่งที่มาของเส้นใยพืชออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ

2.3.1 พืชยืนต้น แหล่งเส้นใยซึ่งแบ่งตามขนาดความยาวของเส้นใยได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) ไม้เนื้ออ่อน (soft wood) เป็นพืชยืนต้นพวกผลัดใบ (conniferous) ที่มีใบเป็นรูปเข็ม เช่นพวกต้นสนสปรูซ (spruce) ไพน์ (pine) และเฟอร์ (fer) เส้นใยที่ได้จะมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 3 มิลลิเมตร เยื่อที่ผลิตได้จะเป็นเยื่อใยยาว

2) ไม้เนื้อแข็ง (hardwood) เป็นไม้ยืนต้นพวกผลัดใบ (deciduous) ซึ่งโดยทั่วไปมีใบกว้าง เช่น ยูคาลิปตัส (eucalyptus) เบิร์ช (birch) เป็นต้น เยื่อที่ได้จะเป็นเยื่อใยสั้นที่มีความยาวเฉลี่ย 1-2 มิลลิเมตร ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยที่ได้จากไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยจากไม้เนื้อแข็ง และไม้เนื้ออ่อน

องค์ประกอบทางเคมี	ไม้เนื้ออ่อน (%)	ไม้เนื้อแข็ง (%)
เซลลูโลส	40-45	40-50
ลิกนิน	25-30	25-35
เฮมิเซลูโลส	25-35	20-25
ลักษณะของเส้นใย	เส้นใยใหญ่และยาว	เส้นใยเล็กและสั้น

ที่มา : พรทวี พึ่งรัศมี และอรัญหาญสืบสาย 2537 : 23

2.3.2 ไม้ล้มลุก สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 3 ประเภทคือ

1) ส่วนที่เหลือทิ้งจากการเกษตร เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย เป็นต้น

2) พืชที่ปลูกขึ้นหรือเกิดขึ้นเอง เช่น ต้นไผ่ ต้นหญ้าขจรจบ ผักตบชวา เป็นต้น

3) เส้นใยจากพืชผลที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน (สุภาพร ; 2537 อ้างในนักวิจัยระดับปฏิบัติการ รุ่นที่4 : 8)

ขนาดของเส้นใย และปริมาณองค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากไม้ล้มลุก สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงขนาดของเส้นใย และปริมาณองค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากไม้ล้มลุก

ประเภทวัตถุดิบ	ขนาดของเส้นใย		องค์ประกอบทางเคมี	
	ความยาว (มิลลิเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (ไมโครเมตร)	เซลลูโลส (%)	ลิกนิน (%)
ชานอ้อย	0.8-2.8	10-34	26-39	19-22
ฟางข้าว	0.7-3.5	5-15	28-41	10-17
ปอแก้ว	0.6-6.0	14-40	64	11-21
ไม้ไผ่	1.5-4.4	7-27	35-47	22-30

ที่มา : ไชยยศ บุญญากิจ และคณะ. 2545 :16

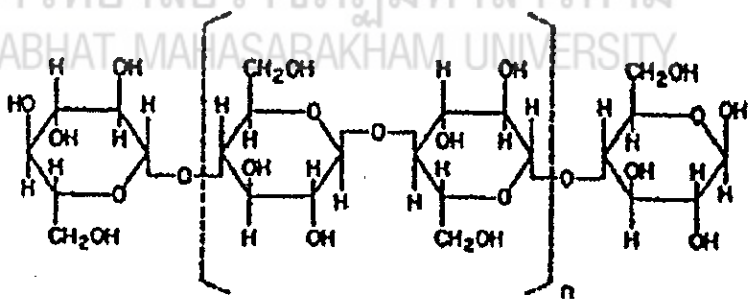
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.4 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยพืช

เส้นใยธรรมชาติ (natural fiber) เป็นอินทรีย์วัตถุที่สำคัญ หาได้ง่ายจากธรรมชาติ มีปริมาณมากสามารถเกิดขึ้นใหม่ได้เรื่อย ๆ และมีราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์ ด้วยเหตุนี้เส้นใยธรรมชาติจึงนิยมใช้เป็นสารเติมแต่งในพลาสติก โดยอาจเป็นทั้งสารตัวเติม และสารเสริมแรง เพื่อเป็นการลดต้นทุน เพิ่มปริมาณการผลิต และเป็นการเสริมแรงแก่ผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของเส้นใยที่นำมาใช้ ซึ่งโครงสร้างทั่วไปของเส้นใยธรรมชาติจะมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญคือ เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ลิกนิน (lignin) และสารประกอบอื่นๆ

2.4.1 เซลลูโลส เป็นสารประกอบพอลิแซคคาไรด์เชิงเส้น ที่ประกอบด้วยหน่วยซ้ำๆ กันซึ่งมีสูตรโมเลกุลทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ เป็นโครงสร้างในเนื้อเยื่อพืช โดยพบรวมกับลิกนิน เพนโตแซนกัม แทนนิน ไขมัน สารที่ทำให้เกิดสี เป็นต้น เซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลถึง 3 หมู่ สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลจึงมีมากและโครงสร้างของเซลลูโลสยังจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ จึงทำให้เซลลูโลสมีความเป็นผลึกสูงมาก อุณหภูมิการหลอมตัวจึงสูงมาก มักจะเกิดการสลายตัวก่อนถึงอุณหภูมิหลอมตัวและมีความสามารถในการละลายต่ำ เซลลูโลสธรรมชาติจะมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยต่างกัน การกระจายน้ำหนักโมเลกุลของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อสมบัติทางกายภาพ ส่วนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพของเซลลูโลสไม่ดี ดังนั้นในทางอุตสาหกรรมจึงต้องมีการหาน้ำหนักโมเลกุลโดยประมาณของเซลลูโลส ซึ่งทำได้โดยการวัดความหนืด สูตรโครงสร้างของเซลลูโลสสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1

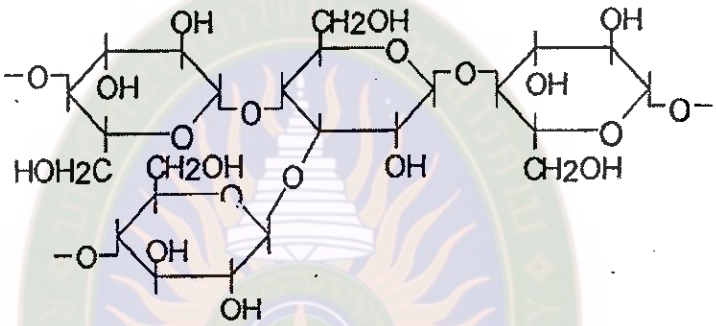
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



รูปที่ 2.1 แสดงสูตรโครงสร้างของเซลลูโลส

ที่มา : http://www.nationalpark.go.th/biocom/garbage_fiber.html

2.4.2 เฮมิเซลลูโลส เป็นพอลิแซกคาไรด์ชนิดหนึ่งซึ่งคล้ายเซลลูโลสแต่ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหลายชนิด เช่น กลูโคส กาแลกโตส แมนโนส ไซโลส อะราบิโนส รวมทั้งกรดกลูคูโรนิก และกาแลกทูโรนิก เฮมิเซลลูโลสพบในเนื้อเยื่อของพืชโดยรวมอยู่กับสารอื่นๆ เช่น ลิกนิน เซลลูโลส เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ พบมากในแกลบ ซังข้าวโพด เฮกโซแซน สูตรทางเคมีคือ $(C_6H_{10}O_5)_{2n}$ ซึ่งโครงสร้างทางเคมีแสดงได้ดังรูปที่ 2.2

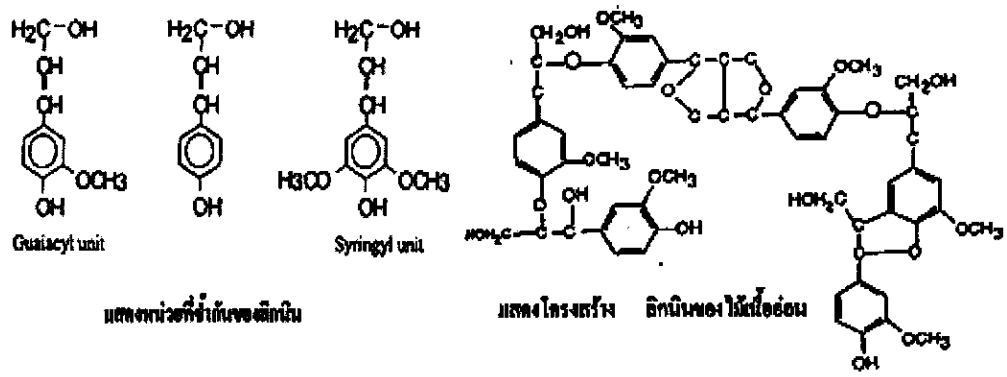


รูปที่ 2.2 แสดงสูตรโครงสร้างของ เฮมิเซลลูโลส

ที่มา : http://www.nationalpark.go.th/biocom/garbage_fiber.html

2.4.3 ลิกนิน เป็นสารประกอบเชิงซ้อนมีน้ำหนักโมเลกุลสูง มักพบอยู่รวมกับเซลลูโลส ลิกนินเป็นสารที่ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนรวมกันเป็นหน่วยย่อยหลายชนิด ซึ่งเป็นสารอะโรมาติก ลิกนินไม่ละลายน้ำ ไม่มีสมบัติทางการยืดหยุ่น เพราะฉะนั้นจึงทำให้พืชที่มีลิกนินมากมีความแข็งแรงทนทาน เมื่อพืชตายลิกนินจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ลิกเนส (lignase) หรือลิกนินเนส (ligninase) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สำคัญในรา ตัวอย่างหน่วยที่ซ้ำกันของลิกนิน แสดงได้ดังรูปที่ 2.3

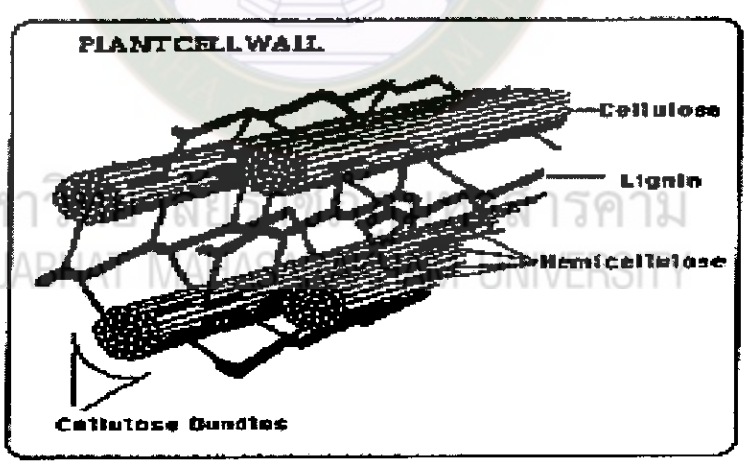
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของ ลิกนิน

ที่มา : http://www.nationalpark.go.th/biocom/garbage_fiber.html

ไม้แต่ละชนิดจะมีอัตราส่วนระหว่างเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินไม่เท่ากัน ขึ้นกับ ชนิดและอายุของไม้ โดยไม้ที่มีลิกนินมาก จะมีความแข็งสูง และในไม้ชนิดเดียวกัน ไม้ที่มีอายุมาก จะมีปริมาณลิกนินมาก เช่นเดียวกัน โดยการจัดเรียงตัวของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในเนื้อไม้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.4



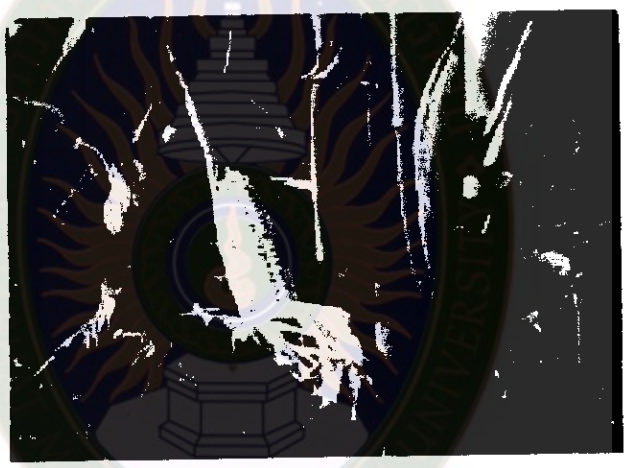
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครราชสีมา
RAJABHAT MAHA NAKHON UNIVERSITY

รูปที่ 2.4 แสดงการจัดเรียงตัวของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

ที่มา : http://www.nationalpark.go.th/biocom/garbage_fiber.html

2.5 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระดาษ

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตกระดาษคือ เซลลูโลส เป็นเส้นใยที่ได้มาจากพืชหลายประเภท คือ ได้จากพวกไม้ยืนต้น ซึ่งแบ่งเป็นไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อแข็ง และเซลลูโลสที่ได้จากพวกพืชล้มลุก เช่น ไผ่ ชานอ้อย ฝ้าย ฟางข้าว เป็นต้น ซึ่งกล่าวได้ว่าพืชเกือบทุกชนิดสามารถที่จะนำมาผลิตเป็นกระดาษได้ (พรทวี พึ่งรัศมี และ อรัญ หาญสืบสาย 2537 : 25) สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษ รายละเอียดของข้าวโพดจะได้กล่าวต่อไป



รูปที่ 2.5 แสดงส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพด

ที่มา : http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK3/chapter2/t3-2-m.htm

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ข้าวโพด

ชื่ออื่น : ข้าวสาลี สาลี(เหนือ) คง(กระบี่) โพด (ใต้) บือเดเส่ะ (กระเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน)

ชื่อภาษาอังกฤษ : (Maize,Corn)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Zea mays Linn*

ชื่อวงศ์ : GRAMINEAE (วิทย์ เที่ยงบูรณ์ธรรม 2544 : 114)

ส่วนประกอบหลักของข้าวโพด คือ

ลำต้น มีความแข็งแรงและตั้งตรงคล้ายต้นอ้อย ความสูงของต้นแตกต่างกันไปตามพันธุ์ อาจสูงตั้งแต่ 30 เซนติเมตร จนถึง 6 เมตร มีลักษณะเป็นปล้อง ๆ ตั้งแต่ 8-20 ปล้อง

ใบ จะเป็นเส้นตรง ปลายแหลม ยาวประมาณ 30 – 100 เซนติเมตร เส้นกลางของใบจะเห็นได้ชัด ตรงขอบใบมีขนอ่อน ๆ

ดอก เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในต้นเดียวกัน ช่อดอกตัวผู้อยู่ในส่วนยอดของลำต้น ช่อดอกตัวเมียอยู่ต่ำลงมาระหว่างกาบของใบและลำต้น

ฝัก เกิดจากเกสรตัวเมียที่เจริญเติบโตแล้ว เปลือกฝักอ่อนจะมีสีเขียวพอแก่จะเป็นสีนวล(http://www.thaifruitnews.com/paper/Corn.htm)

2.6 การปลูกข้าวโพด

ข้าวโพดขึ้นได้ดีเกือบทุกที่ที่มีความชื้นเพียงพอ ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด วิธีการปลูกคือหยอดเมล็ดลงในหลุม หลุมละประมาณ 2-3 เมล็ด ระยะระหว่างหลุมห่างกันประมาณ 50 เซนติเมตร และควรเป็นแถวห่างกันประมาณ 1 เมตร หลังจากนั้นดูแลรักษาให้เหมือนพืชอื่น ๆ เช่น คอยถอนวัชพืช ใส่ปุ๋ย เป็นต้น (http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK3/chapter2/t3-2-m.htm)

ประเทศไทยนิยมปลูกข้าวโพดในรูปของเศรษฐกิจ โดยมีการส่งออกเป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวโพดฝักอ่อน และข้าวโพดหวาน ซึ่งจะส่งออกทั้งในรูปผลิตภัณฑ์ อัดกระป๋อง แช่แข็ง และส่งออกแบบสด ๆ โดยในปี พ.ศ. 2536 มีการส่งออกประมาณ 36,000 ตัน และเพิ่มเป็น 82,000 ตัน ในปี พ.ศ. 2540 ดังนั้นจึงมีการผลิตข้าวโพดเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ซึ่งจะส่งผลให้มีเศษวัสดุเหลือจากข้าวโพด เช่น ต้น เปลือก ไหม และซังข้าวโพด อยู่จำนวนมาก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ข้าวโพดฝักอ่อน (baby corn) ข้าวโพดฝักอ่อนปลูกกันมากในเกือบทุกภาคของประเทศ ระยะเวลาปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 40-45 วัน ปลูกในช่วงฤดูฝน แต่ถ้าเป็นเขตพื้นที่ชลประทานสามารถปลูกได้ตลอดปี (4 ครั้ง/ปี) ดังนั้นเศษเหลือจากการผลิตข้าวโพดฝักอ่อน เช่น ต้น เปลือก และไหม ข้าวโพดจึงมีอยู่มาก เกือบตลอดทั้งปีโดยเฉพาะในเขตชลประทาน

ข้าวโพดหวาน (sweet corn) ปลูกกันมากในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือในจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ มหาสารคาม และทางตะวันตกของประเทศ ได้แก่ จังหวัด กาญจนบุรี ราชบุรี นครปฐม เพชรบุรี สมุทรสาคร มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ประมาณ 65-80 วัน (ขึ้นอยู่กับพันธุ์) ปลูกได้ดีในช่วงฤดูฝนและสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปีถ้ามีแหล่งน้ำและดินอุดมสมบูรณ์ดี (http://www.geocitics.com/anddld/exhibision/article/ArtileQ.htm)

การจำแนกชนิดของข้าวโพดสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

2.6.1 ข้าวโพดไร่หรือข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นข้าวโพดที่ปลูกเพื่อส่งออกเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์

2.6.2 ข้าวโพดรับประทานฝักสด

1) ข้าวโพดเทียน มีขนาดต้นเล็ก ฝักเล็กเรียว เมล็ดมนกลม สีเหลืองอ่อน มีรสชาตินุ่มนวลหวานอร่อย

2) ข้าวโพดข้าวเหนียว (glutinous corn) จะมีฝักและเมล็ดใหญ่กว่าข้าวโพดเทียน เมล็ดสีขาว ฝักสดเมื่อต้มรับประทานจะมีลักษณะเหนียวมันคล้ายข้าวเหนียว เพราะมีอะไมโลเพคตินมาก

3) ข้าวโพดหวาน (sweet corn) ข้าวโพดชนิดนี้ เมื่อสดจะมีรสหวานอร่อย เนื่องจากมีน้ำตาลกลูโคสมาก

2.6.3 ข้าวโพดฝักอ่อน (baby corn) เป็นข้าวโพดที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี นิยมบรรจุกระป๋อง หรือขายสดก็ได้

2.6.4 ปอปคอร์น (pop corn) ข้าวโพดชนิดนี้มีคุณสมบัติแตกฟูได้ดีเมื่อถูกความร้อน ผู้บริโภคนิยมบริโภคในรูปข้าวโพดคั่ว ข้าวโพดชนิดนี้ส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

ส่วนใหญ่ข้าวโพดจะนิยมนำไปใช้ประโยชน์ในรูปของอาหาร เช่น ใช้รับประทานฝักสด ทำเป็นแป้งข้าวโพด ใช้ข้าวโพดฝักอ่อนในการประกอบอาหาร เป็นต้น ซึ่งนอกจากนี้แล้วข้าวโพดยังมีประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมอื่น ๆ อีก เช่น ใช้กระดาษ ทำสบู่ น้ำมันสระผม น้ำหอม ยา เป็นต้น จะเห็นได้ว่าเราสามารถนำข้าวโพดมาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย (http://web.ku.ac.th/agri/cornn/corn_b.htm)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.7 กระบวนการผลิตกระดาษ

กระบวนการผลิตกระดาษจะมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

2.7.1 การเตรียมวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษต้องนำไปตัดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ที่มีขนาดประมาณ 0.5 2.5 และ 3.5 เซนติเมตรตามความเหมาะสม แล้วจึงนำวัตถุดิบเหล่านี้ไปใช้ในการผลิตเยื่อต่อไป (นักวิจัยระดับปฏิบัติการรุ่นที่ 4 2544 : 11)

2.7.2 การผลิตเยื่อ เป็นการแยกเส้นใยออกจากองค์ประกอบอื่นของไม้ แบ่งเป็น 3 วิธีคือ

1) การผลิตเยื่อเชิงกล (mechanical or groundwood pulping) เป็นการผลิตเยื่อที่ใช้พลังงานกลเป็นหลัก โดยใช้เครื่องจักรหรือหินบด จะได้เยื่อสั้นหรืออาจใช้วิธีย่อยด้วยวิธีกลและความดันทำให้เยื่อยาวขึ้นมีความทนทานมากขึ้นวิธีนี้ใช้กับไม้เนื้ออ่อนให้ผลผลิตสูงกว่าวิธีอื่นเยื่อที่ได้เรียกว่า เยื่อเชิงกล เยื่อนี้ค่อนข้างหยาบกระด้าง ได้กระดาษที่มีความเหนียวต่ำ ฉีกขาดง่าย ไม่ขาว มีความทนทานต่ำ อาจเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหากโดนแดด มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำได้ดี ทึบแสง สามารถพิมพ์ได้ชัดเจน ราคาถูกเหมาะสำหรับทำสิ่งพิมพ์ราคาถูก เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์

2) การผลิตโดยวิธีเคมี (chemical pulping) เป็นการผลิตเยื่อที่ใช้สารเคมีและพลังงานความร้อน สารเคมีจะเปลี่ยนลิกนินให้อยู่ในรูปละลายได้แล้วแยกลิกนินออกโดยการล้างน้ำเหลือส่วนที่ไม่ละลายน้ำคือ เซลลูโลส เยื่อที่ได้เรียกว่า เยื่อเคมี วิธีนี้ใช้กับไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อแข็งหรือพืชล้มลุกก็ได้เยื่อที่ได้จะมีความเหนียวและแข็งแรงกว่าเยื่อชนิดอื่นปริมาณเซลลูโลสที่เหลืออยู่มากจะฟอกขาวได้ง่าย การผลิตเยื่อโดยวิธีเคมีมี 3 วิธี คือ

(http:// mor_or.pn.psu.ac.th/~s4245409/wpp1.html)

- วิธีคราฟท์หรือซัลเฟต (kraft or sulphate process) เป็นวิธีการใช้สารผสมระหว่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และโซเดียมซัลไฟด์ (Na_2S) ซึ่งจัดเป็นวิธีการทำเยื่อแบบด่างโดยชิ้นวัตถุดิบจะถูกป้อนเข้าสู่หม้อต้มเยื่อและใช้สารเคมีในสภาวะอุณหภูมิและความดันแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ

- วิธีโซดา (soda process) วิธีการนี้จะคล้ายคลึงกับวิธีซัลเฟตหรือคราฟท์เพียงแต่ใช้สารเคมีต่างกันซึ่งในวิธีนี้จะเป็นโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)

- วิธีซัลไฟต์ (sulfite process) ในวิธีการนี้สารเคมีที่ใช้ในการต้มจะเป็นกรดซัลฟิวรัส (H_2SO_3) และเกลือของกรด ลิกนินจะทำปฏิกิริยากับไบซัลไฟต์ไอออน (HSO_3^-) ในสภาวะที่เป็นกรดจะได้เป็นลิกโนซัลโฟเนตซึ่งสามารถละลายน้ำได้ (กิตติวัฒน์ พิริยะวิไล 2544 :5)

3) การผลิตเยื่อกึ่งเคมี (semichemical pulp process) เป็นการผลิตกระดาษที่ใช้พลังงานกลและสารเคมีร่วมกัน โดยนำวัตถุดิบมาแช่สารเคมีแล้วเข้าเครื่องบดเพื่อแยกเส้นใยออกมา วิธีนี้ได้เยื่อ 80 % เยื่อที่ได้เรียกว่า เยื่อกึ่งเคมี แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

- cold soda ใช้โซดาไฟอุณหภูมิต่ำ แช่วัตถุดิบที่อุณหภูมิห้องแล้วนำไปบด

- neutral sulfite ใช้โซเดียมคาร์บอเนตและโซเดียมซัลไฟต์ เยื่อที่ได้ทำลอนลูกฟูก

2.7.3 การบดเยื่อ เป็นการทำให้เส้นใยแตกแขนงช่วยเพิ่มพันธะระหว่างเส้นใย (http://mor_or.pn.psu.ac.th/~s4245409/wpp1.html) สามารถทำได้ดังนี้

1) การทุบเยื่อด้วยมือ โดยนำเยื่อวางบนท่อนไม้แล้วทุบด้วยค้อนไม้ การทุบแบบนี้จะทำให้เยื่อไม่แตกละเอียดจนเกินไป ซึ่งเมื่อนำไปทำกระดาษจะทำให้ได้กระดาษที่มีความเหนียว

2) การใช้เครื่องตีเยื่อ การตีเยื่อด้วยเครื่องจะแหลกละเอียดสม่ำเสมอเมื่อนำไปทำแผ่นกระดาษจะได้กระดาษที่มีความหนาสม่ำเสมอแต่ความเหนียวไม่เท่ากับการทุบด้วยมือ (กิตติวัฒน์ พิริยะวิไล และคณะ. 2544 : 9)

2.7.4 การฟอกเยื่อ เป็นการทำให้เยื่อมีสีขาว โดยกำจัดลิกนินออกหรือเปลี่ยนลิกนินให้อยู่ในรูปไม่มีสีโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารฟอก ซึ่งไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดซ์ และเป็นสารฟอกในเวลาเดียวกัน โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เติมลงในไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้น จะทำให้เกิดเปอร์ไฮดรอกซิลไอออน (perhydroxyl ion, OOH^-) ซึ่งเป็นสารที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมาก สมดุลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และเปอร์ไฮดรอกซิลไอออนในสภาวะที่เป็นด่าง (alkali condition) แสดงในสมการที่ (1)

$$H_2O_2 + OH^- \rightleftharpoons OOH^- + H_2O \quad \text{——— (1)}$$

ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 10.5 จะมีเปอร์ไฮดรอกซิลไอออน อยู่มากกว่าร้อยละ 90 และเมื่อเพิ่มความเป็นกรด-ด่างมากขึ้นกว่านี้จะทำให้สมดุลของปฏิกิริยาไปทางด้านขวาเพิ่มมากขึ้น (OOH^- มากขึ้น) แต่เมื่อเพิ่มความเป็นกรด-ด่างสูงมากเกินไป (มากกว่า 11.5) จะทำให้เกิดการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กลายเป็นน้ำและออกซิเจน ดังสมการที่ (2)

$$2H_2O_2 \rightleftharpoons 2H_2O + O_2 \quad \text{——— (2)}$$

ซึ่งปฏิกิริยาการฟอกเยื่อกระดาษเกิดขึ้นโดย เปอร์ไฮดรอกซิลไอออนทำปฏิกิริยากับลิกนินที่มีอยู่ในเส้นใย ซึ่งจะทำให้บางส่วนของหน่วยฟีนิลโพรเพน (phenyl propane unit) แตกออก ปฏิกิริยานี้เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของลิกนิน ทำให้ค่าการสะท้อนแสงในช่วงที่มองเห็น (visible light) เพิ่มมากขึ้น

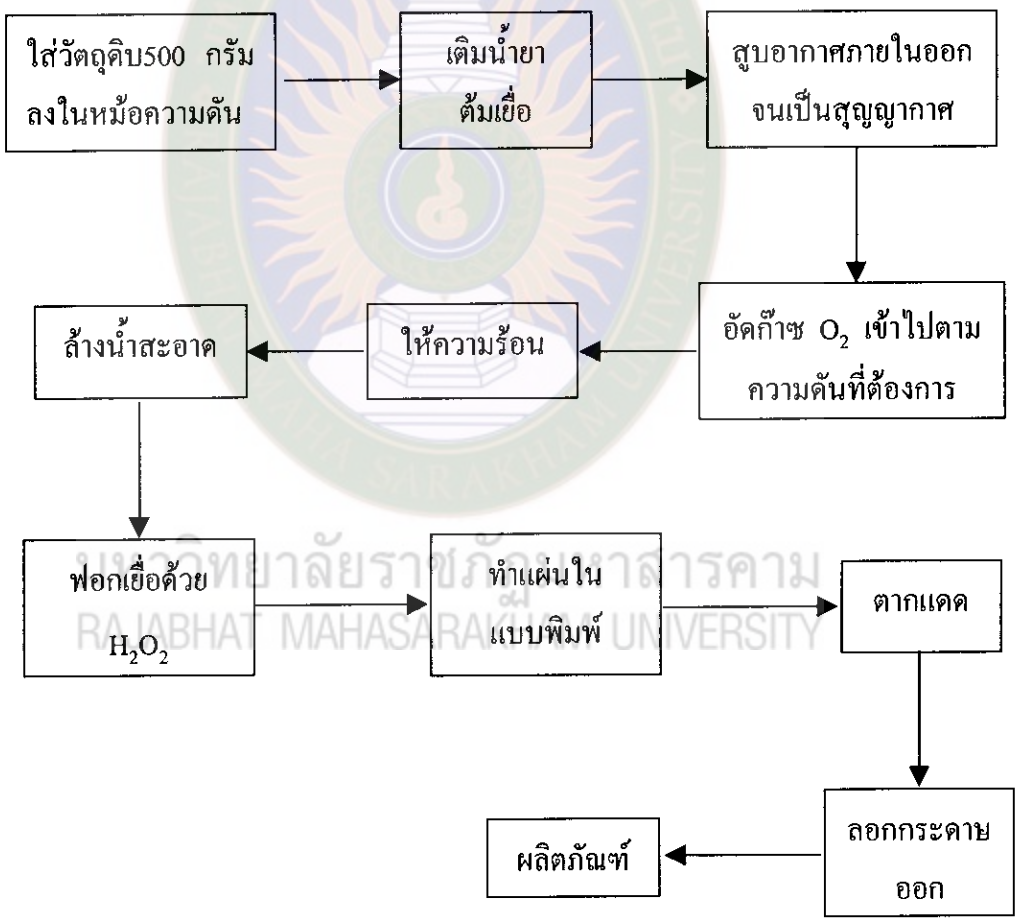
(http://www.thaienvoironment.net/update_arealarticle_text/tl_detail.asp?txt_id=9dss044)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.8 การผลิตกระดาษแบบต่าง ๆ

การผลิตกระดาษสามารถผลิตได้หลายวิธีด้วยกัน ซึ่งแต่ละวิธีนั้นจะมีขั้นตอนแตกต่างกันไปบ้าง แต่ส่วนมากแล้วจะมีขั้นตอนคล้ายคลึงกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้กระดาษ และขึ้นอยู่กับความรู้ความสามารถของผู้ผลิตที่จะนำไปพัฒนากระบวนการผลิตของตนและผลิตภัณฑ์ของกระดาษที่ได้นั้นจะมีรูปแบบต่าง ๆ กัน

2.8.1 ขั้นตอนการผลิตเยื่อกระดาษจากปอแก้วเป็นการผลิตเยื่อกระดาษเปรียบเทียบกันระหว่างวิธีโซดาออกซิเจน วิธีคราฟท์ และวิธีโซดา ซึ่งในที่นี้จะยกตัวอย่างการผลิตเยื่อกระดาษโดยวิธีโซดาออกซิเจนเพราะว่าเป็นวิธีที่ผลิตเยื่อกระดาษได้ดีที่สุด ซึ่งขั้นตอนในการผลิตมีดังนี้



รูปที่ 2.6 แสดงขั้นตอนการผลิตกระดาษจากปอแก้ว

ที่มา : พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล และคณะ. 2539 : 80

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

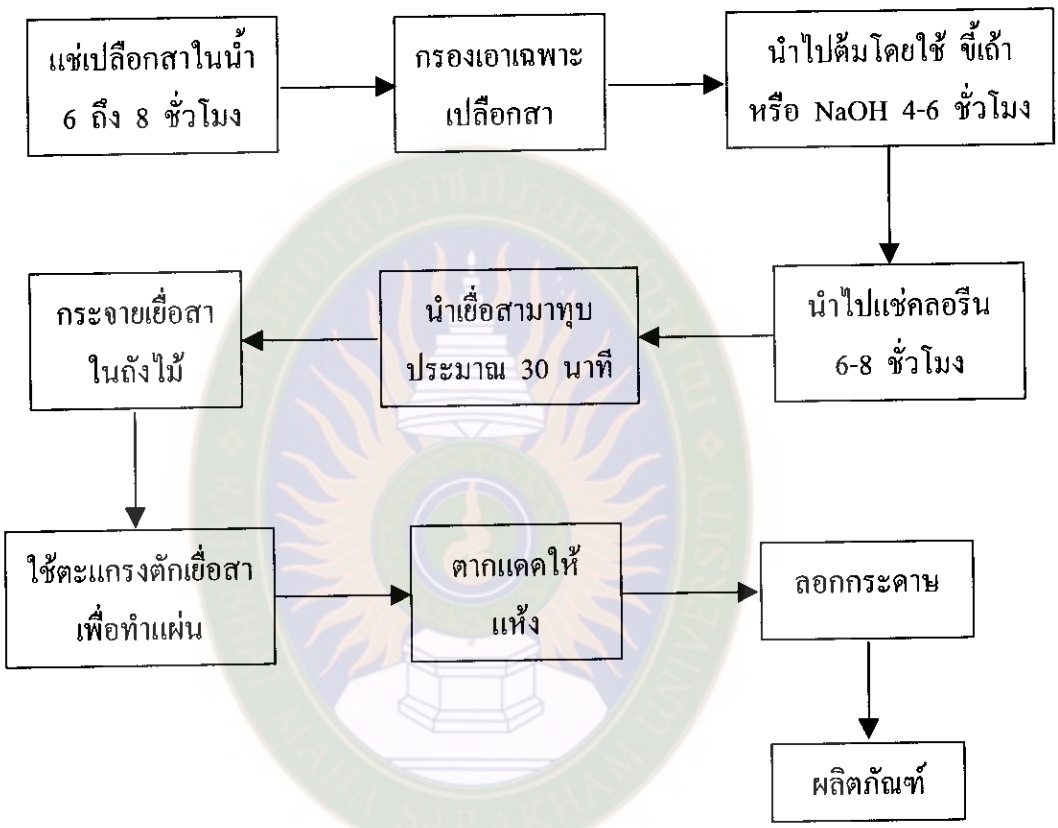
2.8.2 ขั้นตอนการผลิตกระดาษจากใบสับปะรด เป็นการนำส่วนที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ของสับปะรดมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 2.7 แสดงขั้นตอนการทำกระดาษจากใบสับปะรด

ที่มา : นักวิจัยระดับปฏิบัติการ รุ่นที่ 4 2544 : 43

2.8.3 ขั้นตอนการทำกระดาษสาแบบพื้นบ้าน เป็นการพัฒนาขั้นตอนการผลิตเยื่อกระดาษจากปอสาของชาวบ้าน ซึ่งได้จัดทำเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ โดยการทำเปรียบเทียบกันระหว่างวิธีการผลิตเยื่อกระดาษสาแบบปัจจุบัน และแบบพื้นบ้าน ซึ่งขั้นตอนการผลิตแสดงได้ดังนี้



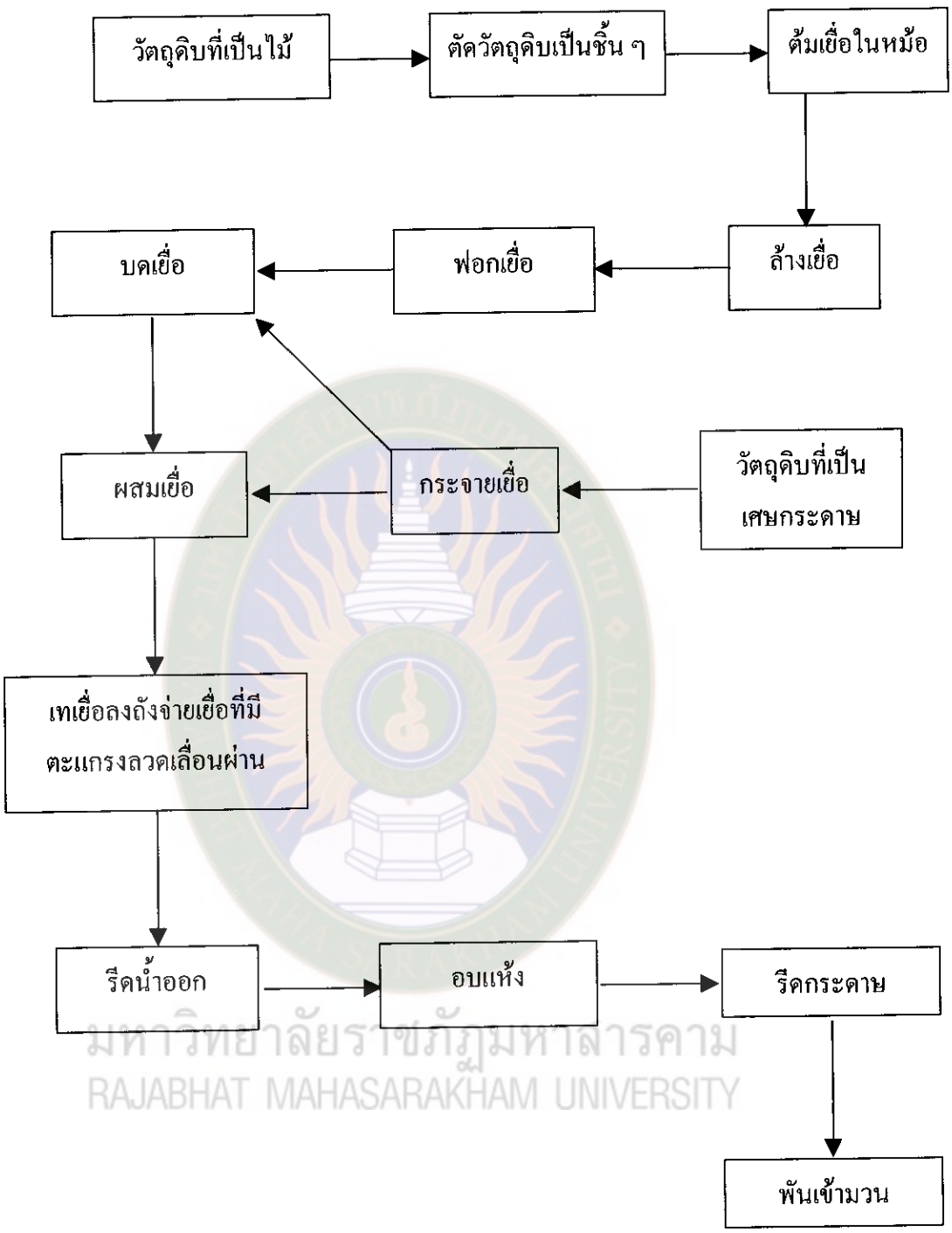
รูปที่ 2.8 แสดงขั้นตอนการทำกระดาษสาแบบพื้นบ้าน

ที่มา : http://www.geocitics.com/sapapers/index.html

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ในขั้นตอนการทำกระดาษสาแบบปัจจุบันนั้นมีความแตกต่างออกไปจากขั้นตอนการทำกระดาษสาแบบพื้นบ้านเล็กน้อย คือ จะมีเครื่องมือเข้ามาช่วยในขั้นตอนการตีเยื่อ ซึ่งเรียกว่าเครื่องโม่ ส่วนขั้นตอนอื่น ๆ จะเหมือนกัน

สำหรับการขั้นตอนการทำกระดาษในโรงงานจะมีขั้นตอนที่ละเอียดมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีมาตรฐานตามที่กำหนด ซึ่งเป็นการนำกระดาษที่ใช้แล้วมาผลิตเป็นเยื่อใหม่อีกครั้ง โดยจะใช้ผสมกับเยื่อที่ผลิตขึ้นมาใหม่ แล้วจึงนำเยื่อมาลงแผ่นทำเป็นกระดาษเพื่อเป็นการประหยัดวัตถุดิบ ซึ่งขั้นตอนในการผลิตสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.9



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 2.9 แสดงขั้นตอนการทำกระดาษในโรงงาน

ที่มา :ไชยยศ บุญญากิจ และคณะ. 2545 :17

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพ และปริมาณของเยื่อกระดาษ ที่ได้จากการต้มโดยใช้ความเข้มข้นของ NaOH ที่ต่างกัน และใช้เวลาในการต้มต่างกัน การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ค้นคว้าข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้มีผู้ศึกษามาก่อนบ้างในบางเรื่อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กิตติวัฒน์ พิริยะวิไล และคณะ (2544 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสมในการทำกระดาษจากเส้นใยสับปะรดซึ่งวิธีการที่เหมาะในการทำกระดาษจากเส้นใยที่ลอกได้จากเครื่องแยกเส้นใยคือ นำเส้นใยต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำเส้นใยไปปั่น และนำไปขึ้นรูปโดยเมื่อเพิ่มปริมาณเยื่อกระดาษต่อพื้นที่จะทำให้เยื่อกระดาษที่ได้มีความแข็งแรง (ทนต่อแรงดึง) มากขึ้นถึง 90 กรัมต่อตารางเมตร ซึ่งกระดาษที่ได้จากวิธีที่เหมาะสมจะมีความเหนียว (ทนต่อแรงดึง) มากกว่ากระดาษจากวิธีทางเคมี กระดาษสา และกระดาษ A4 ซึ่งของเหลวสามารถซึมเข้าไปในกระดาษจากเส้นใยที่ได้จากเครื่องลอกเส้นใยได้เร็วกว่าวิธีทางเคมีและกระดาษ A4 แต่ช้ากว่ากระดาษสา

นักวิจัยระดับปฏิบัติการ รุ่นที่ 4 (2544 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาเพื่อค้นหากระบวนการผลิตและกระบวนการพัฒนารูปแบบทางด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้มาตรฐาน ซึ่งรูปแบบที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตคือ <u>การเตรียมวัตถุดิบ</u> นำใบสับปะรดมาล้างทำความสะอาด ผึ่งแดดให้แห้ง; <u>การต้ม</u> นำใบสับปะรดมาต้มกับสารละลายโซดาไฟในกะทะที่มีฝาปิด; <u>การล้างเยื่อ</u> นำเยื่อที่ต้มแล้วมาบีบให้แห้งแล้วล้างด้วยน้ำประปา; <u>การฟอกเยื่อ</u> นำเยื่อไปฟอกด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และโซเดียมซิลิเกต; <u>การตีเยื่อ</u> นำมาตีด้วยเครื่องเพื่อให้เยื่อแตกกระจายออกสม่ำเสมอ; <u>การทำแผ่น</u> นำเยื่อที่ได้มาใส่ในอ่างน้ำ เป็นอ่างซีเมนต์ซึ่งปูพื้นด้วยกระเบื้องเคลือบ อาจเติมสีต่าง ๆ ตามต้องการ แล้วใช้ตะแกรงลวดช้อนเยื่อขึ้นมาให้เรียบสม่ำเสมอ; <u>การทำแห้ง</u> นำตะแกรงลวดมาผึ่งแดด พอเยื่อกระดาษแห้งแล้วลอกออกจากตะแกรงจะได้เป็นแผ่นกระดาษตามต้องการ

พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล และคณะ (2539 : บทคัดย่อ) เป็นการผลิตเยื่อเคมีจากปอแก้วด้วยวิธีโซดาออกซิเจน นอกจากนั้นแล้วยังได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการฟอก รวมถึงประเมินคุณภาพเยื่อเคมีฟอกที่ได้เปรียบเทียบกับเยื่อเคมีที่ผลิตขึ้นด้วยวิธีคราฟท์ และโซดา ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อคือ ใช้วิธีโซดาออกซิเจนสองขั้นตอน คือต้มเยื่อด้วยโซดาก่อน โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 18 % แล้วนำเยื่อที่ได้มาต้มต่อด้วยโซดาออกซิเจน โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 % และแมกนีเซียมออกไซด์ 0.6 % ซึ่งเยื่อโซดาออกซิเจนสามารถฟอกให้ได้ความขาวสว่างใกล้เคียงกับเยื่อคราฟท์และเยื่อโซดา โดยใช้ปริมาณ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารเคมีน้อยกว่าและสามารถลดขั้นตอนที่ใช้ฟอกลงได้เมื่อเปรียบเทียบกับการฟอกเยื่อคราฟท์และเยื่อโซดา และยังมีค่าต้านทานต่อแรงดึง การต้านแรงฉีกขาด การต้านแรงดันทะลุ รวมถึงความคงทนต่อการหักพับดีกว่าเยื่อโซดา แต่ด้อยกว่าเยื่อคราฟท์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY