

การศึกษา อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม
เพื่อลดปริมาณการใช้เชื้อสาในการผลิตกระดาษสา ในภาคเหนือ

ปริิญาพนธ์

ของ

เจษฎา สุวรรณ

19 ก.ค. 2536

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

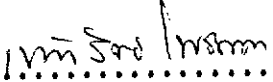
ตามหลักสูตรปริิญาการศึกษามหาวิทิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

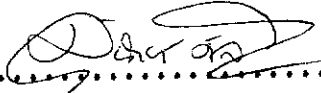
สิงหาคม 2535

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

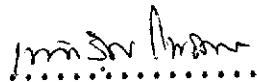
คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอก
อุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

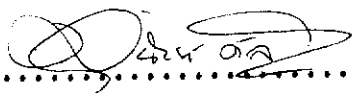
คณะกรรมการควบคุม

.......... ประธาน
(อาจารย์พิเศษที่ โฉมจินดา)

.......... กรรมการ
(ผศ.ดร.สุนันท์ ศลโกสม)

คณะกรรมการสอบ

.......... ประธาน
(อาจารย์พิเศษที่ โฉมจินดา)

.......... กรรมการ
(ผศ.ดร.สุนันท์ ศลโกสม)

.......... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ดร.ละเอียด รักษ์เฝ้า)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.......... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศ.ดร.สมพร บัวทอง)

วันที่ 24 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2535

ประกาศผลการ

ผลงานวิจัยฉบับนี้ได้รับความอนุเคราะห์ ให้คำแนะนำ แก่ไข ดล และให้กำลังใจ อย่างดียิ่ง จากอาจารย์เพ็ญสิทธิ์ โพธิ์จินดา และ ผศ.ดร.สุนันท์ ศลโกสุม รวมทั้ง ดร.ลยเอียด รัชเฝ้า ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบ พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะ ข้อแก้ไขต่าง ๆ เพื่อให้งานวิจัย มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณภาควิชาอุตสาหกรรมศิลป์ วิทยาลัยครูเชียงราย และห้องปฏิบัติการเยื่อ และกระดาษ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่ และเครื่องมืออุปกรณ์ ในการดำเนินการวิจัยทำให้การวิจัยสำเร็จไปด้วยความเรียบร้อย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สมชาติ รุ่งอินทร์ นักวิทยาศาสตร์ระดับ 8 สาขาเยื่อและกระดาษ คุณจิรศักดิ์ ชัยสิทธิ์ คุณธีระชัย รัตนโรจน์มงคล และคุณยุทธนาพงศ์ แดงเพ็ง นักวิชาการเยื่อ และกระดาษ ประจำห้องปฏิบัติการเยื่อและกระดาษ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ ที่กรุณา ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และข้อแก้ไขต่าง ๆ ตลอดจนถึงการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ของกระดาษชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในงานวิจัยทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ ได้มาตรฐานสากลทำให้เกิด ความน่าเชื่อถือกับผลงานวิจัยมากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์อัญชลี เท่งตระกูล อาจารย์ไพฑูรย์ เกิดพร้อม และอาจารย์ เพ็ญสิทธิ์ โพธิ์จินดา ที่กรุณาตรวจสอบบทความด้วยภาษาอังกฤษ ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณมาลินี แซ่เตื่อง ที่กรุณาจัดพิมพ์ผลงานวิจัย และให้คำแนะนำรูปแบบ ของงานวิจัยฉบับนี้จนสำเร็จไปด้วยความเรียบร้อย

อนึ่ง ผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนและให้กำลังใจเป็นอย่างดีจาก คณะอาจารย์และกรรมการ บริหารหลักสูตรอุตสาหกรรมศึกษาทุกท่าน ทั้งจากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขนและ วิทยาลัยครูนครนร ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือ สนับสนุนให้กำลังใจ ในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอแสดงความดีทั้งหมดของงานวิจัยครั้งนี้ แต่ คุณพ่อ คุณแม่ ครู - อาจารย์ และ ครอบครัว อันเป็นที่รัก และเคารพสูงสุดของผู้วิจัย

เจษฎา สุวรรณ

มิถุนายน 2535

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
สมมติฐานการวิจัย.....	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
ทฤษฎีพื้นฐานของกระดาษ.....	9
ลักษณะของพันธุ์พืชเส้นใยชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในงานวิจัย.....	11
อุตสาหกรรมเยื่อ และกระดาษ.....	23
กรรมวิธีผลิตกระดาษสาด้วยมือ.....	29
เครื่องตีเยื่อสา.....	34
การวิเคราะห์ทดสอบเยื่อ และกระดาษ.....	36
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเยื่อ และกระดาษ.....	49
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	53
ตอนที่ 1 การคัดเลือกเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิต กระดาษสาชนิดผสม.....	54
ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง.....	54
ตัวแปร.....	54
เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	54
การผลิตกระดาษจากพืชชนิดเส้นใยสั้น.....	57

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตจากพืชชนิดเส้นใยสั้น.....	61
ผลการคัดเลือกเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิต	
กระดาษสาชนิดผสม.....	62
ตอนที่ 2 การผลิตกระดาษสาชนิดผสม.....	65
ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง.....	65
ตัวแปร.....	65
เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ในการทดลอง.....	66
การคัดเลือกพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมจะนำมาผสมกับเชื้อสาเพื่อ	
ผลิตกระดาษสาชนิดผสม.....	68
อัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อสา กับ เชื้อชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสม..	68
การผลิตกระดาษสาชนิดผสม.....	71
การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสม.....	75
เกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือทางภาคเหนือ.....	79
ผลการผลิตกระดาษสาชนิดผสม.....	83
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	86
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์เชื้อและกระดาษจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติ	
เหมาะสมในการผลิตกระดาษสาชนิดผสม.....	86
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์การผลิตกระดาษสาชนิดผสม.....	93
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	119
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	119
ตอนที่ 1 การคัดเลือกเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิต	
กระดาษสาชนิดผสม.....	119
กลุ่มตัวอย่าง.....	119
เครื่องมือที่ใช้ในการคัดเลือกเส้นใย.....	120
การดำเนินการคัดเลือกเส้นใย.....	121

การวิเคราะห์ข้อมูลการคัดเลือกเส้นใย.....	121
สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการคัดเลือกเส้นใย.....	122
ตอนที่ 2 การผลิตกระดาษสาชนิดผสม.....	123
การสร้างเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ.....	123
กลุ่มตัวอย่าง.....	123
เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างเกณฑ์มาตรฐาน.....	123
การดำเนินการสร้างเกณฑ์มาตรฐาน.....	123
การวิเคราะห์ข้อมูลการสร้างเกณฑ์มาตรฐาน.....	124
สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสร้างเกณฑ์มาตรฐาน.....	124
การผลิตกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อจากฟางข้าว.....	125
กลุ่มตัวอย่าง.....	125
เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตกระดาษสาชนิดผสม.....	125
การดำเนินการผลิตกระดาษสาชนิดผสม.....	126
การวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตกระดาษสาชนิดผสม.....	127
สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตกระดาษสาชนิดผสม.....	127
อภิปรายผล.....	129
ข้อเสนอแนะ.....	132
บรรณานุกรม.....	134
ภาคผนวก.....	139
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	164

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	การเปรียบเทียบกระดาศาชนิดตักซ็อน และชนิดแคต.....	31
2	รูปแบบของการตรวจสอบผลการเตรียมวัตถุดิบ และองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเตรียมเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม.....	63
3	รูปแบบของการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาศาที่ผลิตจากเชื้อชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม.....	64
4	อัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม.....	70
5	รูปแบบของการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาศาชนิดผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อจากฟางข้าว.....	78
6	รูปแบบของการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาศาชนิดผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อจากฟางข้าว.....	79
7	แหล่งผลิตกระดาศาแยกตามจังหวัด หมู่บ้าน และจำนวนผู้ผลิต.....	80
8	กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเพื่อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานกระดาศาที่ผลิตด้วยมือ.....	81
9	รูปแบบของการตรวจสอบเกณฑ์มาตรฐานของกระดาศาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ.....	82
10	รูปแบบของการเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านความขาวสว่าง.....	84
11	รูปแบบของการสรุปผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาศาชนิดผสม กับเกณฑ์มาตรฐานกระดาศา.....	85
12	การเตรียมวัตถุดิบ และองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเตรียมเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิตกระดาศาชนิดผสม.....	87
13	คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาศาที่ผลิตจากเชื้อชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม.....	89
14	เกณฑ์มาตรฐานของกระดาศาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ.....	94
15	คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาศาชนิดผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อจากฟางข้าวในด้าน การยึดตัว การต้านทานแรงดึง การต้านทานแรงฉีกขาด และความหนาแน่นเสมือน.....	96

16	คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อจากฟางข้าว ในด้าน น้ำหนักมาตรฐาน ความขาวสว่าง และการดูดซึม.....	97
17	การเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านการยึดตัว.....	103
18	การเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านการต้านทานแรงดึง.....	105
19	การเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านการต้านทานแรงฉีกขาด.....	107
20	การเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านความหนาแน่นเสมือน.....	109
21	การเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านน้ำหนักมาตรฐาน.....	111
22	การเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านความขาวสว่าง.....	113
23	การเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านการดูดซึม.....	115
24	สรุปผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมกับเกณฑ์ มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ.....	117

ดัชนีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 การแตกראวภายในลำตัวของเส้นใยจากการทุบ.....	10
2 เส้นใย และครีล จากการคลึง หรือขยี้.....	10
3 การผลิตเชื้อ และกระดาษของโรงงานอุตสาหกรรมเชื้อและกระดาษ.....	28
4 กระบวนการผลิตกระดาษสาด้วยมือ.....	32
5 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติที่ทดสอบ การใช้งาน และข้อกำหนดคุณภาพ.....	41
6 ขั้นตอนการผลิต และคัดเลือกเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้น.....	60
7 อัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม.....	69
8 ขั้นตอนการผลิต ทดสอบ และเปรียบเทียบกระดาษสาชนิดผสม.....	74
9 ตัวอย่างกระดาษที่ผลิตจากพืชชนิดเส้นใยสั้นชนิดต่าง ๆ.....	91
10 ตัวอย่างกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ.....	94
11 ตัวอย่างกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อจากฟางข้าว อัตราส่วน A - P	99
12 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านการยึดตัวของกระดาษที่ผลิตจากพืช ชนิดเส้นใยสั้น.....	141
13 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านการต้านทานแรงดึงของกระดาษที่ผลิตจาก พืชชนิดเส้นใยสั้น.....	142
14 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านการต้านทานแรงฉีกขาดของกระดาษ ที่ผลิตจากพืชชนิดเส้นใยสั้น.....	143
15 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนาแน่นเสมือนของกระดาษ ที่ผลิตจากพืชชนิดเส้นใยสั้น.....	144
16 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านความขาวสว่างของกระดาษที่ ผลิตจากพืชชนิดเส้นใยสั้น.....	145
17 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านการยึดตัวของกระดาษสาชนิดผสม.....	147
18 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านการต้านทานแรงดึงของกระดาษสาชนิดผสม.....	148
19 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านการต้านทานแรงฉีกขาดของ กระดาษสาชนิดผสม.....	149

20	กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนาแน่นเสมือนของ กระดาศสาขานิคมสม.....	150
21	กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านน้ำหนักมาตรฐานของกระดาศสาขานิคมสม..	151
22	กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านความขาวสว่างของกระดาศสาขานิคมสม...	152
23	กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านการดัดขึ้นของกระดาศสาขานิคมสม.....	153
24	แผนที่ภาคเหนือแสดงตำแหน่งของที่ตั้งจังหวัดที่เก็บตัวอย่างกระดาศสา มาสร้างเป็นเกณฑ์มาตรฐานกระดาศสาที่ผลิตด้วยมือ.....	155

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

กระดาษสา (Mulberry Paper) เป็นกระดาษที่ทำมาจากเปลือกของต้นสาจัดเป็นพืชเส้นใยชนิดหนึ่งชอบขึ้นอยู่บนพื้นที่สูงริมห้วย ลักษณะเป็นไม้พุ่มขนาดกลางระบบรากสามารถอุ้มน้ำในดินไว้ได้มากช่วยการอนุรักษ์น้ำ และพื้นผิวสภาพป่า (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2531 : 1) ในปัจจุบันได้มีการนำกระดาษสามาดัดแปลงให้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางได้แก่ การนำไปใช้ในกิจการแพทย์ งานศิลปหัตถกรรมต่าง ๆ เช่น ดอกไม้กระดาษ ร่ม พัด หมวก บัตรอวยพร กระดาษห่อของขวัญ กระดาษสาบาติก กระดาษตัดเย็บเสื้อผ้า กระดาษปิดผนัง (Wall Paper) เปเปอร์มาเช่ (Paper Mache) ซองจดหมาย แผ่นใส่กระดาษ เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดอกไม้ประดิษฐ์ที่ทำจากกระดาษสาสามารถส่งออกขายยังต่างประเทศเป็นมูลค่า 10 ล้านบาท เฉพาะในปี พ.ศ. 2530 จนทำให้งานศิลปหัตถกรรมจากกระดาษสาได้รับความนิยมเป็นสินค้าติดอันดับ 1 ใน 10 ของสินค้าหัตถกรรมส่งออกของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2534 (อินชา อิมเอิบ. 2534 : 82) กระดาษสาจึงเป็นผลิตภัณฑ์พื้นบ้านอีกชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ และการส่งออกของประเทศ

ในขณะที่กระดาษสากำลังเป็นสินค้าที่ได้รับความนิยมจากตลาดทั้งใน และต่างประเทศ กลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาในภาคเหนือกำลังประสบกับปัญหาการขาดแคลนเปลือกสา ทำให้เปลือกสามีราคาแพง และหาซื้อได้ยาก จากการสำรวจการใช้เชื้อสาของกลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาบ้านท่าล้อ ตำบลบ่อแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง พบว่ากลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาต้องซื้อเปลือกสาในราคา กิโลกรัมละ 18 - 25 บาท ซึ่งแพงขึ้นจากเดิมที่เคยซื้อได้ในราคา กิโลกรัมละ 10 - 12 บาท ในปี พ.ศ. 2532 ทำนองเดียวกันกับ กลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาบ้านห้วยงิ้ว ตำบลห้วยงิ้ว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย กลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาบ้านโป่งเทวี ตำบลบ้านโป่ง อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย กลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาบ้านคอยจำปี ตำบลจำปี อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย กลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาบ้านสันตาลเหลือง ตำบลริมกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย กลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาบ้านแม่อิง ตำบลดงเจน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน และกลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาบ้านสันป่าคำ ตำบลต้นเปา อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ก็พบปัญหาเดียวกันคือ ต้องซื้อเปลือกสาในราคาที่แพงขึ้นเฉลี่ย กิโลกรัมละ 16 - 25 บาท และคาดว่าจะสูงขึ้นอีกในปีต่อ ๆ ไป

จากการศึกษาถึงสภาพปัญหาที่ทำให้เปลือกสามีราคาแพงพบสาเหตุที่สำคัญ สามประการ คือ ประการแรก ต้นสาที่เคยมีอย่างสมบูรณ์ในป่าเขตภาคเหนือตอนบนในอดีต ปัจจุบันต้นสาได้ลด

ปริมาณลงเนื่องมาจากการตัดไม้ทำลายป่าอย่างรุนแรง จากสถิติของ กรมป่าไม้ (2532 : 1-2) พ.ศ.2519 ภาคเหนือตอนบนรวม 8 จังหวัด มีพื้นที่ป่าไม้รวมกัน 85,852,258 ตารางกิโลเมตร มีการสำรวจพื้นที่ป่าไม้เมื่อ พ.ศ. 2532 พบว่าพื้นที่ป่าไม้เหลือเพียง 50,587 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นพื้นที่ป่าที่ถูกทำลายไปร้อยละ 99.94 ต้นไม้ที่เคยขึ้นอย่างสมบูรณ์ในป่าก็พลอยถูกทำลายตามไปด้วย ทำให้เปลือกสาเริ่มขาดแคลน ราคาจึงสูงขึ้น เปลือกสาที่ใช้อยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่ได้รับซื้อมาจากต่างประเทศ มีแหล่งรับซื้อและนำเข้าเปลือกสาใหญ่ที่สุดในประเทศได้แก่ อำเภอแม่สาย และอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย โดยรับซื้อเปลือกสามาจาก ประเทศสาธารณรัฐสังคมนิยมแห่งสหภาพพม่า และสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ซึ่งมีชายแดนติดต่อกับประเทศไทย ที่จังหวัดเชียงราย ประการที่สอง เปลือกสาที่รับซื้อมาจากต่างประเทศส่วนใหญ่ไม่ได้นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษสาของกลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาในภาคเหนือ แต่ถูกส่งออกไปขายยังประเทศญี่ปุ่นปีละ 300 ตัน จากปริมาณความต้องการเปลือกสาสำหรับอุตสาหกรรมผลิตกระดาษสาภายในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งความต้องการเปลือกสาปีละ 1,000 ตัน เปลือกสาอีกส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปขายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระดาษสาภายในประเทศ ที่บริษัทก๊วงไถ่สเปเซียลเปเปอร จำกัด อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดสุโขทัย มีปริมาณความต้องการเปลือกสาปีละ 80 - 150 ตัน (ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ. 2532 ก : 3-38) ที่เหลือจึงแบ่งขายให้กับกลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาในภาคเหนือ ราคาซื้อขายเปลือกสาจึงสูงขึ้นตามราคารับซื้อของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระดาษสาทั้งใน และต่างประเทศ ประการที่สาม การผลิตกระดาษสาของกลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาในภาคเหนือ ใช้เปลือกสาเป็นวัตถุดิบเพียงอย่างเดียวทำให้ต้องใช้เปลือกสาเป็นจำนวนมาก สำหรับการผลิตกระดาษ ซึ่งต่างกับการผลิตกระดาษโดยทั่วไปที่ใช้เยื่อหลายชนิดมาผสมกันเพื่อลดต้นทุนการผลิต และยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของกระดาษให้สูงขึ้น ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เปลือกสาขาดแคลน ส่งผลให้เปลือกสाराาคาแพงเป็นผลกระทบต่อกลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาในภาคเหนือเป็นอย่างยิ่ง

จากสภาพของปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นเป็นแรงจูงใจให้ผู้วิจัยคิดหาวิธีที่จะลดปริมาณการใช้เยื่อสาให้น้อยลง โดยการคัดเลือกเยื่อจากพืชที่มีคุณสมบัติเหมาะสม นำมาผสมกับเยื่อสาจากทฤษฎีพื้นฐานการผลิตกระดาษที่กล่าวว่า กระดาษที่ดีควรจะต้องประกอบด้วยเยื่อ 2 ชนิดได้แก่ เยื่อชนิดเส้นใยสั้น (Short Fiber Pulp) และเยื่อชนิดเส้นใยยาว (Long Fiber Pulp) มาผสมกันตามอัตราส่วนที่เหมาะสม นำมาผ่านกระบวนการนวดเยื่อ (Beating Refining) ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษ เช่น การต้านทานแรงดึง การต้านทานแรงฉีกขาด เป็นต้น ดีขึ้นกว่าเดิม เพราะเยื่อชนิดเส้นใยสั้นทำหน้าที่เข้าไปอุดช่องว่างของเยื่อชนิดเส้นใยยาว ทำให้ได้กระดาษที่แน่นขึ้น เหนียวขึ้น ปราศจากครุพูน สามารถนำไปใช้งานได้กว้างขวางยิ่งขึ้นกว่าเดิม (ลิขิต หาญจางสิทธิ์ และนัยนา นิยมวัน. 2532 : 26-27) เยื่อสาจัดเป็นพืชชนิดเส้นใยยาว

หากนำเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม และหาได้ง่ายในท้องถิ่นภาคเหนือ ได้แก่ กก ใบสับปะรด ผักตบชวา และฟางข้าว เป็นต้น ชนิดใดชนิดหนึ่งนำมาผสมกับเชื้อสาในอัตราส่วนที่เหมาะสม นำไปผ่านขั้นตอนการนวดเชื้อทำให้เชื้อทั้งสองชนิดประสานใยเข้าจนเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำไปผลิตเป็นกระดาษสา จะได้กระดาษสาชนิดใหม่ที่มีประสิทธิภาพดีขึ้นกว่าเดิม สามารถนำไปดัดแปลงให้ใช้งานได้กว้างขวางยิ่งขึ้นเป็นการนำเอาวัชพืช และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และที่สำคัญที่สุดก็คือสามารถลดปริมาณการใช้เชื้อสาให้น้อยลงในการผลิตกระดาษสาแต่ได้ผลผลิตมากขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการทำการทดลอง สังเคราะห์ และคัดเลือกเชื้อที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุด ในการนำมาผสมกับเชื้อสาตามอัตราส่วนกำหนดเพื่อศึกษาว่า เชื้อชนิดใด และอัตราส่วนผสมใดจะมีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตเป็นกระดาษสาชนิดผสม ผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อกลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาในภาคเหนือ และผู้สนใจในผลิตภัณฑ์กระดาษสาต่อไป

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาค้นคว้าหาเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดจากพืช 4 ชนิด ได้แก่ กก ยูนนาน ใบสับปะรด ผักตบชวา และฟางข้าว เพื่อนำมาใช้ในการผสมกับเชื้อสา
2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในอัตราส่วน

A/20:80,	B/25:75,	C/30:70,	D/35:65,
E/40:60,	F/45:55,	G/50:50,	H/55:45,
I/60:40,	J/65:35,	K/70:30,	L/75:25,
M/80:20,	N/85:15,	O/90:10	และ P/95:05

อัตราส่วนผสมใดที่มีคุณสมบัติทางกายภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสา

ความสำคัญของการวิจัย

1. เป็นการลดปริมาณการใช้เชื้อสาลง ซึ่งนับวันจะหาได้ยาก ราคาแพง และยังช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติอีกทางหนึ่งด้วย
2. เพิ่มผลผลิตกระดาษสาต่อการใช้เชื้อสา 1 กิโลกรัม เป็นการเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มราษฎรผู้ผลิตกระดาษสา

3. เป็นการนำเอาวัตถุดิบ เช่น วัชพืช และของเหลือใช้ทางการเกษตรในท้องถิ่นมาพัฒนาให้เกิดประโยชน์

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้ได้แยกออกเป็น 2 ขั้นตอนได้แก่

ตอนที่ 1. การคัดเลือกเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิตกระดาษสาชนิดผสม

ตอนที่ 2. การผลิตกระดาษสาชนิดผสม

ดังนั้นประชากร กลุ่มตัวอย่าง และตัวแปร จึงแยกเป็น 2 ตอน ตามลักษณะดังกล่าวดังต่อไปนี้

1. ประชากร

1.1 ประชากรจากการคัดเลือกเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิตกระดาษสาชนิดผสมได้แก่ กระดาษที่ผลิตจากเชื้อของ กกขุนนาน ใบสับปรด ผักตบชวา และฟางข้าว ชนิดละ 30 แผ่น

1.2 ประชากรจากการผลิตกระดาษสาชนิดผสมได้ แก่กระดาษสาชนิดผสมตามอัตราส่วนผสม จำนวนอัตราส่วนละ 30 แผ่น ดังนี้

A/20:80,	B/25:75,	C/30:70,	D/35:65,
E/40:60,	F/45:55,	G/50:50,	H/55:45,
I/60:40,	J/65:35,	K/70:30,	L/75:25,
M/80:20,	N/85:15,	O/90:10	และ P/95:05

2. กลุ่มตัวอย่าง

2.1 กลุ่มตัวอย่างจากการคัดเลือกเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิตกระดาษสาชนิดผสมได้แก่ กระดาษที่ผลิตจากเชื้อของ กกขุนนาน ใบสับปรด ผักตบชวา และฟางข้าว ชนิดละ 15 แผ่น

2.2 กลุ่มตัวอย่างจากการผลิตกระดาษสาชนิดผสมได้แก่ กระดาษสาชนิดผสมตามอัตราส่วนผสม จำนวนอัตราส่วนละ 15 แผ่น ดังนี้

A/20:80,	B/25:75,	C/30:70,	D/35:65,
E/40:60,	F/45:55,	G/50:50,	H/55:45,

I/60:40, J/65:35, K/70:30, L/75:25,
M/80:20, N/85:15, O/90:10 และ P/95:05

3. ตัวแปร

3.1 ตัวแปรอิสระ

3.1.1 กระดาษที่ผลิตจากเยื่อของพืชชนิดเส้นใยสั้น 4 ชนิด ได้แก่ กกยูนนาน ไบลับประด ผักตบชวา และฟางข้าว

3.1.2 กระดาษสาชนิดผสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อของพืชชนิดเส้นใยสั้น 16 อัตราส่วน ดังนี้

A/20:80, B/25:75, C/30:70, D/35:65,
E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45,
I/60:40, J/65:35, K/70:30, L/75:25,
M/80:20, N/85:15, O/90:10 และ P/95:05

3.2 ตัวแปรตาม

คุณสมบัติต่าง ๆ ของเยื่อชนิดเส้นใยสั้น ประกอบด้วย

3.2.1 ระยะเวลาการเตรียมวัตถุดิบให้แห้ง และองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเตรียมเยื่อได้แก่ ระยะเวลาที่ใช้ในการต้มเยื่อ ปริมาณของเส้นเยื่อ (ร้อยละ) ที่ใช้ทำกระดาษ และราคาซื้อขายวัตถุดิบในท้องถิ่น

3.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตจากพืชชนิดเส้นใยสั้น ประกอบด้วย การยืดตัว (Stretch) การต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) การต้านทานแรงฉีกขาด (Tear Factor) ความหนาแน่นเสมือน (Apparent Density) และความขาวสว่าง (Brightness)

3.2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ประกอบด้วย การยืดตัว การต้านทานแรงดึง การต้านทานแรงฉีกขาด ความหนาแน่นเสมือน น้ำหนักมาตรฐาน (Grammage) ความขาวสว่าง และการดูดซึม (Absorption)

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. การทำวิจัยครั้งนี้ จะใช้กระต่ายสาที่มีกรรมวิธีผลิตจากการตักช้อนด้วยมือ ไม่มีการย้อมสี และใส่สารชนิดอื่น ๆ ลงไป
2. กระต่ายสาที่ผลิตจากกระบวนการผสมเชื้อนี้ จะต้องสามารถผลิตได้ภายใต้ เครื่องมือ และวิธีการเดิมของการผลิตกระต่ายสาด้วยมือ ทุกประการ
3. เปลือกสาแห้งที่ใช้ทำการวิจัยในครั้งนี้ จะต้องมีความหนาของเปลือกที่ลอกผิว ออกไปแล้ว ให้อยู่ระหว่าง 1 - 1.5 มิลลิเมตร โดยใช้เวอร์เนียร์ในการวัด บนเปลือกสา 1 เปลือก ให้วัด 3 ตำแหน่ง แล้วหาค่าเฉลี่ยความหนาของเปลือกสาชิ้น

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. เชื้อสา หมายถึง เปลือกของต้นสาแห้ง นำมาผ่านกระบวนการเตรียมเชื้อ จนมีความพร้อมที่จะนำไปผลิตเป็นกระต่ายได้
2. เชื้อกกยูนนาน หมายถึง ลำต้นของกกยูนนานแห้ง นำมาผ่านกระบวนการ เตรียมเชื้อ จนมีความพร้อมที่จะนำไปผลิตเป็นกระต่ายได้
3. เชื้อใบสับปะรด หมายถึง ใบสับปะรดแห้ง นำมาผ่านกระบวนการเตรียมเชื้อ จนมีความพร้อมที่จะนำไปผลิตเป็นกระต่ายได้
4. เชื้อผักตบชวา หมายถึง ลำต้นของผักตบชวาแห้ง นำมาผ่านกระบวนการ เตรียมเชื้อ จนมีความพร้อมที่จะนำไปผลิตเป็นกระต่ายได้
5. เชื้อฟางข้าว หมายถึง ลำต้นข้าวเจ้า หรือข้าวเหนียวแห้ง นำมาผ่าน กระบวนการเตรียมเชื้อ จนมีความพร้อมที่จะนำไปผลิตเป็นกระต่ายได้
6. กระต่ายสา หมายถึง กระต่ายที่ผลิตมาจากเชื้อสา ลักษณะเป็นแผ่น มีน้ำหนักมาตรฐานประมาณ 35 - 55 กรัมต่อตารางเมตร สีขาวนวล ลักษณะผิวหยาบ เนื้อของกระต่ายไม่แน่นมีรูพรุน มีความเหนียว นุ่ม และมีการดูดซึมน้ำได้ดี
7. กระต่ายกกยูนนาน หมายถึง กระต่ายที่ผลิตมาจากเชื้อของกกยูนนาน ลักษณะเป็นแผ่น มีน้ำหนักมาตรฐานประมาณ 35 - 55 กรัมต่อตารางเมตร สีขาวนวล ลักษณะผิวละเอียด เนื้อของกระต่ายแน่น มีความเหนียว ไม่นุ่ม และมีการดูดซึมน้ำได้ดี
8. กระต่ายใบสับปะรด หมายถึง กระต่ายที่ผลิตมาจากเชื้อของใบสับปะรด ลักษณะเป็นแผ่น มีน้ำหนักมาตรฐานประมาณ 35 - 55 กรัมต่อตารางเมตร สีขาวนวล ลักษณะผิวหยาบ เนื้อของกระต่ายไม่แน่น มีความเหนียว นุ่ม และมีการดูดซึมน้ำได้ดี

9. กระดาษผักตบชวา หมายถึง กระดาษที่ผลิตมาจากเยื่อของผักตบชวา ลักษณะเป็นแผ่น มีน้ำหนักมาตรฐานประมาณ 35 - 55 กรัมต่อตารางเมตร สีขาวนวล ลักษณะผิวละเอียด เนื้อของกระดาษไม่แน่น มีความเหนียว ไม่นุ่ม และมีการดัดขึ้นน้ำได้ดี

10. กระดาษฟางข้าว หมายถึง กระดาษที่ผลิตมาจากเยื่อของฟางข้าว ลักษณะเป็นแผ่น มีน้ำหนักมาตรฐานประมาณ 35 - 55 กรัมต่อตารางเมตร สีขาวนวล ลักษณะผิวละเอียด เนื้อของกระดาษแน่น มีความเหนียว และมีการดัดขึ้นน้ำได้ดี

11. เกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสา หมายถึง ข้อที่ใช้ในการพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษในด้าน การยึดตัว การต้านทานแรงดึง การต้านทานแรงฉีกขาด ความหนาแน่นเสมือน น้ำหนักมาตรฐาน ความขาวสว่าง และการดูดซึม เพื่อใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาในการเปรียบเทียบ

12. การยึด หมายถึง ความยาวของกระดาษที่ยึดตัวออกจนขาดเนื่องจากแรงดึง คิดเป็นร้อยละของความยาวเดิมของกระดาษ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2523 ค : 3) สามารถตรวจสอบได้ด้วยเครื่องมือตรวจสอบการยึดตัว (Tensile Strength Tester)

13. การต้านทานแรงดึง หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านทานแรงดึง ซึ่งกระทำที่ปลายของชิ้นทดสอบจนขาด (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2523 ค : 3) สามารถตรวจสอบได้ด้วยเครื่องมือตรวจสอบการต้านทานแรงดึง

14. การต้านทานแรงฉีกขาดทุกแนว หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านทานแรงซึ่งทำให้ชิ้นทดสอบชิ้นหนึ่งขาดต่อจากกรอบขาดเดิม (สมชาติ รุ่งอินทร์. 2528 : 43) สามารถตรวจสอบได้ด้วยเครื่องมือตรวจสอบการต้านทานแรงฉีกขาดทุกแนว (Elmendorf)

15. ความหนาแน่นเสมือน หมายถึง การทดสอบความหนาแน่นของแผ่นเยื่อ หรือกระดาษเป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่สุดที่จะบ่งบอกถึงคุณสมบัติด้านอื่น ๆ คำนวณจากค่าน้ำหนักมาตรฐานและความหนาของแผ่นเยื่อ หรือกระดาษ (สมชาติ รุ่งอินทร์. 2528 : 29)

16. น้ำหนักมาตรฐาน หมายถึง การหาน้ำหนักของแผ่นกระดาษ มีหน่วยเป็นกรัมต่อตารางเมตร (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2529 ข : 2) สามารถตรวจสอบได้ด้วยเครื่องมือตรวจสอบน้ำหนักมาตรฐาน (Grammage Scale)

17. ความขาวสว่าง หมายถึง ค่าความสามารถในการสะท้อนแสง ซึ่งวัดจากปริมาณแสงในช่วงคลื่น 457 นาโนเมตร (มิลลิไมครอน) สะท้อนจากแผ่นทดสอบเทียบกับแสงในช่วงคลื่นเดียวกันเมื่อกำหนดให้แมกเนเซียมออกไซด์สะท้อนได้ร้อยละ 100 (สมชาติ รุ่งอินทร์. 2528 : 17) สามารถตรวจสอบได้ด้วยเครื่องมือตรวจสอบความขาวสว่าง (Reflectometer)

18. การดูดซึมน้ำ หมายถึง การทดสอบหาระยะเวลาที่กระดาษดูดซึมน้ำได้หมด ในปริมาตร 0.05 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีหน่วยเป็นวินาที

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2529 ก : 2) สามารถตรวจสอบได้ด้วยเครื่องมือตรวจสอบการดูดซึม (Buret)

19. เชื้อชนิดเส้นใยสั้น หมายถึง เชื้อที่มีความยาวของเส้นใยระหว่าง 1.0 - 3.0 มิลลิเมตร (ลิตท ฮาญจางสิทธิ์ และนัยนา นิยมวัน. 2532 : 26)

20. เชื้อชนิดเส้นใยยาว หมายถึง เชื้อที่มีความยาวของเส้นใยมากกว่า 3.0 มิลลิเมตร ขึ้นไป (ลิตท ฮาญจางสิทธิ์ และนัยนา นิยมวัน. 2532 : 26)

สมมติฐานการวิจัย

1. เชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้น 4 ชนิดได้แก่ กกขนาน ใบสับปะรด ผักตบชวา และฟางข้าว จะมีเชื้ออย่างน้อย 1 ชนิด ที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาผสมกับเชื้อสา

2. กระดาษที่ได้จากการผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม นำมาผลิตเป็นกระดาษที่มีคุณสมบัติได้ตามเกณฑ์ของกระดาษสา

3. อัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม จะใช้เป็นกระดาษสาได้มีอัตราส่วน ดังนี้

A/20:80,	B/25:75,	C/30:70,	D/35:65,
E/40:60,	F/45:55,	G/50:50,	H/55:45,
I/60:40,	J/65:35,	K/70:30,	L/75:25,
M/80:20,	N/85:15,	O/90:10	และ P/95:05

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้งานวิจัยบรรลุผลตามจุดมุ่งหมาย ได้มีการศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการทดลองในเรื่องเชื้อ และกระดาษ มีเอกสารและงานวิจัยซึ่งต้องศึกษา ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. ทฤษฎีพื้นฐานของกระดาษ
2. ลักษณะของพันธุ์พืชเส้นใยชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ ต้นสา ต้นกก ต้นสับปะรด ต้นผักตบชวา และต้นข้าว
3. อุตสาหกรรมเชื้อ และกระดาษ
4. กรรมวิธีผลิตกระดาษสาด้วยมือ
5. เครื่องตีเชื้อสา
6. การวิเคราะห์ทดสอบเชื้อ และกระดาษ
7. งานวิจัยเกี่ยวกับเชื้อ และกระดาษ

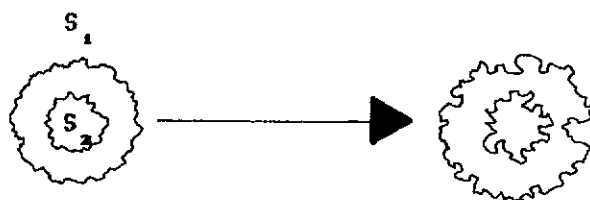
1. ทฤษฎีพื้นฐานของกระดาษ

กระดาษสา หรือกระดาษชนิดอื่น ๆ ทำมาจากวัตถุดิบชนิดใดก็ตามที่สามารถประสานตัวขึ้นมาเป็นรูปแผ่นกระดาษ แล้วมีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการใช้งานแต่ละประเภท มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีของการผลิตกระดาษเดียวกันคือ กระดาษเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากวัสดุเส้นใย (Fiber) ของพืช เส้นใยของพืชเป็นเซลล์ประเภทสร้างความแข็งแรงให้กับลำต้นส่วนใหญ่ทำหน้าที่ส่งน้ำและอาหารของต้นพืช มีลักษณะเป็นเซลล์ขนาดเล็ก ๆ เป็นแท่งยาว (ฉิขิต ชาญจางสิทธิ์ และนิยามา นิยมวัน. 2532 : 1) มีส่วนประกอบทางเคมีหลักอยู่ 4 ชนิดได้แก่ เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ลิกนิน (Lignin) และสารสกัดอื่น ๆ (Extractives) โดยทั่วไปจะพบว่าต้นพืชจะมีเซลลูโลสมากที่สุด ส่วนอื่น ๆ นั้นรองลงมา (ณรงค์ วุทธเสถียร. 2526 : 521) ลักษณะเส้นใยของพืชจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิดได้แก่

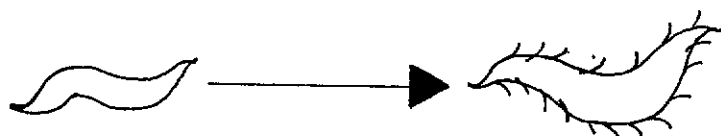
1. เชื้อชนิดเส้นใยสั้นคือ เชื้อที่มีความยาวของเส้นใยอยู่ในช่วงระหว่าง 1.0 - 3.0 มิลลิเมตร ผลิตขึ้นได้จากพืชหลายชนิด เช่น กก อ้อ กากอ้อย ปอแก้ว ฟางข้าว ใบสับปะรด ไม้ยูคาลิปตัส เป็นต้น เชื้อชนิดนี้จะใช้ทำกระดาษที่ไม่ต้องการความเหนียวมากนัก เช่น กระดาษพิมพ์กระดาษขอนามัย เป็นต้น

2. เชื้อชนิดเส้นใยยาวคือ เชื้อที่มีเส้นใยยาวเกิน 3.0 มิลลิเมตร ในประเทศไทยยังไม่มีการผลิตเชื้อชนิดเส้นใยยาวขึ้นในประเทศ แต่ใช้วิธีนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น สวีเดน ฟินแลนด์ แคนาดา และนิวซีแลนด์ เป็นต้น เชื้อสาเป็นเชื้อชนิดเส้นใยยาวมีความยาวของเส้นเชื้อ

ประมาณ 8 มิลลิเมตร (วันทนี สาตราคม, นีโลบล เคชาติวงศ์ และรุ่งอรุณ คิริพันธ์. 2526 : 18) แต่ในเชิงอุตสาหกรรมไม่สามารถนำมาใช้ผลิตเป็นเยื่อชนิดเส้นใยยาวได้ เนื่องจากปริมาณของเปลือกส่ามีไม่มากพอภายในประเทศ เยื่อชนิดเส้นใยยาวจัดเป็นเส้นใยที่มีคุณภาพ เพราะมีคุณสมบัติที่ดีของกระดาษ เช่น การต้านทานแรงดึง การต้านทานแรงฉีกขาด เป็นต้น (ลิขิต หาญจางสิทธิ์ และนัยนา นิยมวัน. 2532 : 26-27) เยื่อทั้งสองชนิดนี้เองเมื่อนำมาผ่านกระบวนการนวดเยื่อโดยการทุบ หรือบดจะทำให้เกิดการแตกร้าวขึ้นภายในลำตัวของเส้นใย (Internal Splitting) ดังภาพประกอบ 1 เส้นใยเยื่อจะประกอบด้วยลำตัวของเส้นใย S_2 ห่อหุ้มไว้ด้วย S_1 ซึ่งเป็นเปลือกบาง ๆ อยู่อย่างไม่แข็งแรงเมื่อผ่านกระบวนการนวดเยื่อแล้วจะเกิดการคลึง หรือยี่ (External Splitting) ซ้ำอีกครั้งหนึ่งทำให้เปลือกของเส้นใย ถลอกแตกออกเป็นเส้น (Fibril) หลุดออกมาจากตัวเส้นใย เรียกว่า คริล (Crill) ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 1 การแตกร้าวภายในลำตัวของเส้นใยจากการทุบ



ภาพประกอบ 2 เส้น และคริล จากการ คลึง หรือยี่

เมื่อนำเส้นใยทั้งสองมาทำให้เกิด พันธะระหว่างกัน (Consolidation) จะเกิดความเหนียวของแผ่นเปียกขึ้นเรียกว่า แรงเสียดทาน (Friction) วิชากระดาษเรียกว่า แรงแคมเบลล์ (Camball's Force) แรงชนิดนี้จะขึ้นกับปริมาณของเส้น และคริล เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิด

ความเหนียวของแผ่นเปลือก (คว่ำม อตล. 2529 ข : 33-34) เมื่อนำเยื่อที่ผ่านการนวด มาผสมกับน้ำให้ความเค็จางของเยื่อมาก ๆ และกวนเยื่อให้มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เป็นแผ่นโดยเอาน้ำออกด้วยการผ่านตะแกรงลวด เยื่อจะจับตัว และตกทับกันเป็นแผ่นขึ้น เมื่อบีบน้ำออกจนแห้ง จะเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยเรียกว่าการ บอนด์ (Bonding) หรือพันธะซึ่งกันและกันประสานเป็นแผ่นแน่นขึ้นเรียกว่า กระดาษ การผลิตกระดาษถึงแม้ว่าจะมี กระดาษหลาย ๆ ชนิดที่ผลิตจากเยื่อชนิดเดียวกันก็จริง แต่การจะทำให้ได้กระดาษที่มีคุณภาพ ดีที่สุดต้องใช้เยื่อหลายชนิดมาผสมกัน (คว่ำม อตล. 2530 ข : 42) กระดาษ ซึ่งผลิตจาก เยื่อชนิดเส้นใยสั้นเพียงชนิดเดียว หรือใช้เยื่อชนิดเส้นใยยาวชนิดเดียว จะทำให้ได้กระดาษที่มี คุณสมบัติไม่ดีพอ จึงต้องมีการนำเอาเยื่อทั้งสองชนิดมาผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสม จึงเป็นการเพิ่ม คุณภาพของกระดาษนอกจากนั้นประสิทธิภาพของกระดาษยังขึ้นอยู่กับชนิดของเยื่อที่ใช้ผสม ซึ่งต้องมี คุณสมบัติที่ดีที่สุด และมีอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด วัตถุดิบที่ใช้ผลิตเยื่อชนิดเส้นใยสั้น ควรเป็น ผลผลิตทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว กากอ้อย ใบสับปะรด เป็นต้น หรือเป็นวัชพืชได้แก่ กก ผักตบชวา อ้อ หญ้าขน เป็นต้น ซึ่งไม่มีปัญหาในการจัดหาวัตถุดิบ การจัดเก็บ การลำเลียง และการรักษา ผลิตผลที่เหลือใช้ทางการเกษตร และวัชพืช นอกจากจะทำให้ได้กระดาษที่มี คุณภาพดีโดยใช้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำแล้วยังต้องสามารถให้กับเครื่องมือเครื่องจักรกลที่มีอยู่เดิม ได้อีกด้วย (ลิขิต หาญจางสิทธิ์ และนิยาม นิยมวัน. 2532 : 27-29)

2. ลักษณะพันธุ์พืชเส้นใยชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

ต้นสา

ต้นสา เป็นไม้เศรษฐกิจชนิดหนึ่งแต่เดิมขึ้นอยู่หนาแน่นในเขตชุ่มชื้นริมห้วยทางภาคเหนือ ตอนบน เป็นไม้ที่มีระบบรากที่สามารถอุ้มน้ำในดินไว้ได้มากช่วยการพังทลายของดิน อนุรักษ์น้ำ และฟื้นฟูสภาพป่า ต้นสาไม่อยู่ในบัญชีไม้หวงห้ามตามพระราชบัญญัติป่าไม้ ดังนั้นหากปลูกต้นสา ในที่ดินกรรมสิทธิ์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ แต่ถ้าต้นสานั้นขึ้นในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติถือเป็นไม้ หวงห้าม การตัดฟันต้องขออนุญาตเจ้าพนักงานป่าไม้ตามระเบียบ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ชื่อพื้นเมือง ปอกะสา ปอส่า (ภาคกลาง ภาคเหนือ) ฉ่ำฉ่า ชำซ่า (นครสวรรค์) ชะตะโค (กระเหรี่ยง กำแพงเพชร) เซาเซ (กระเหรี่ยงกาญจนบุรี) ปอฝ้าย (ภาคใต้) ส่าหล่เจ (มอ้อฮ่องสอน) สายแล (ภาคเหนือ) และหมอมมี หมูมี (ภาคกลาง)

ชื่อวิทยาศาสตร์ Broussonetia Papyrifera Vent

ชื่อวงศ์ Moraceae

ลักษณะของเส้นใย เส้นใยชนิดยาว มีความยาวเฉลี่ย 8 มิลลิเมตร

ลักษณะทั่วไป

ต้นสาเป็นไม้ขนาดกลางให้เส้นใยจากเปลือกของลำต้น จากการทดลองพบว่า ลำต้นของปอสาสามารถให้เส้นใยใช้ทำกระดาษได้ โดยเทียบได้กับใยของไม้ยูคาลิปตัส (วันทนี สาตราคม: นิโบล เดชาติวงศ์ และรุ่งอรุณ ศิริพันธุ์. 2526 : 1/7) อยู่ในตระกูลเดียวกับหม่อนหากอยู่ในพื้นที่เหมาะสมจะเจริญเติบโตเร็วมาก ทรงต้นพุ่มใหญ่ แตกกิ่งจากไหล ส่วนใหญ่มักพบในป่าเบญจพรรณขึ้นตามริมคอกย หนองน้ำชอบความชุ่มชื้นบริเวณต้นน้ำลำธาร มีแหล่งกำเนิดในประเทศจีน คาบสมุทระเกาหลี เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในประเทศไทยจะพบต้นสาขึ้นกระจายทั่วไปในเขตจังหวัดทางภาคเหนือตอนบนได้แก่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดพะเยา จังหวัดลำปาง จังหวัดลำพูน จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดแพร่ และจังหวัดน่าน

ลำต้น ต้นสาเป็นไม้พุ่มขนาดกลาง ลำต้นมีลักษณะกลมสีน้ำตาลคล้ำอายุมากขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เมื่อตัดต้นต้น และกิ่งจะมีน้ำยางข้นสีขาวไหลออกมาระหว่างเปลือกกับแกน

เปลือก มีลักษณะเรียบ สีเทา

ใบ จะมี 2 ชนิด คือใบหยักมี 3 - 5 แฉก และใบมน ขนาดกว้าง 6 - 12 เซนติเมตร ยาว 8 - 18 เซนติเมตร ปลายใบแหลมฐานใบโค้งคล้ายรูปหัวใจรวมกันอยู่ในต้นเดียวคละกัน ใบมีขน ขอบใบหยักคล้ายฟันเลื่อย หลังใบมีสีเขียวแก่ ท้องใบมีสีเขียวอ่อนออกเทา มีขนอ่อน ๆ สีขาว ก้านใบยาว 3 - 10 เซนติเมตร หูใบยาว 1 - 3 เซนติเมตร

ดอก ดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียแยกกันคนละต้น ดอกตัวเมียเป็นแบบ Spike ดอกเป็นกลุ่มค่อนข้างกลม สีขาว มีขนโดยรอบยาวประมาณ 3 - 4 เซนติเมตร ดอกตัวผู้แบบ Dense Spike ยาวประมาณ 2 - 5 เซนติเมตร กลีบดอกมี 4 กลีบ เกสรตัวผู้ 4 อัน อายุเกิน 1 ปีจึงออกดอก ออกดอกปีละครั้งไม่แน่นอนประมาณเดือน มิถุนายน - กุมภาพันธ์

ผล เป็นผลรวมมีเมล็ดเล็ก ๆ รวมเป็นผลกลมเมื่อแก่มีสีแดง ผลจะแก่ในฤดูฝน

เมล็ด เมล็ดเล็ก เบา ลอยตามน้ำได้

พันธุ์ ต้นสาที่พบมีอยู่ 2 พันธุ์ แยกได้ดังนี้

1. สาไทย (Papyrifera Vent) ภาษาญี่ปุ่นเรียกว่า Kazi ปัจจุบันพบมี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ที่มีกิ่งก้าน และใบเป็นสีเขียว กับพันธุ์ที่มีกิ่งก้าน และใบเป็นสีม่วง

2. สาญี่ปุ่น (Kazinoli Steb) เรียกภาษาญี่ปุ่นว่า Kozo กำเนิดในเกาะญี่ปุ่น เป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก คุณภาพเส้นใยดีกว่าสาไทย แบ่งออกเป็น 5 ชนิด

2.1 Aka Kozo ลำต้นสีแดง ใช้ผลิตกระดาษคุณภาพดี

2.2 Kuro Kozo ลำต้นสีดำ

2.3 Shiko Kozo ลำต้นสีขาว

2.4 Yama Kozo เป็นสาขอบันทึกที่สูง มีเปลือกบางกว่าชนิดอื่น

2.5 Tsuru Kozo เป็นสาขาคัดไม้เลื้อย พบในเกาะกิวจิ

(ไซยอค เพชรบรรณิน. 2526 : 2/1-2/5)

ประโยชน์

กระตาสสามารถนำมาใช้งานได้อย่างกว้างขวางในปัจจุบันสามารถแยกเป็นประเภทตามลักษณะการใช้งาน ได้ดังนี้

1. ทางการแพทย์

1.1 มีการนำเอากระตาสไปใช้ เป็นกระตาสห่ออุปกรณ์ทางการแพทย์ เช่น ถุงมือ สายสวน เครื่องมือผ่าตัด ปากคืบ เป็นต้น เครื่องมือเหล่านี้ต้องฆ่าเชื้อโรค จึงห่อด้วยกระตาส นำไปอบไอน้ำที่ความดัน และความร้อนสูงเป็นการฆ่าเชื้อเมื่อใช้ไปแล้วนำมาใช้ซ้ำได้อีกหลายครั้ง เพราะความโปร่งและความเหนียว ซึ่งคุณสมบัตินี้หาได้ยากในกระตาสชนิดอื่น

1.2 ใช้เป็นกระตาสสำหรับเช็ดทำความสะอาดแทนกระดาษชำระ เช่น เลือดหนอง อจจาระ ใช้รองตัวเด็กเวลาชั่งน้ำหนัก ใช้พันข้อกันหลาย ๆ ชั้นใช้แทนผ้าอนามัยผู้ป่วยภายหลังคลอด สามารถเช็ดซับได้ดีมีความเหนียวไม่ติดมือเวลาเปียก การใช้กระตาสทางการแพทย์นั้นเฉพาะที่โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ได้ใช้กระตาสเพื่ออภิกการแพทย์มานานถึง 40 ปีแล้ว มีปริมาณการใช้งานปีละ 1 ล้านแผ่น โดยมีนโยบายเพื่อสนับสนุนกลุ่มผู้ผลิตกระตาสด้วยมือให้มีรายได้เพิ่มขึ้น (เฉลียว ปิยะชน. 2532 : 19-20)

2. ใช้ในงานอุตสาหกรรม

ได้แก่ การนำเอากระตาสไปใช้ห่อผลิตภัณฑ์ที่บอบบาง แตกหักได้ง่าย เช่น เครื่องแก้ว ผลิตภัณฑ์ที่ทำด้วยเซรามิกส์ เป็นต้น นอกจากจะลดความเสียหายของผลิตภัณฑ์แล้วยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่ายิ่งขึ้นนอกจากนั้น นำไปผลิตเป็นกระตาสท่อนไฟเพื่อใช้งานบนเครื่องบินอย่างสายการบินไทยนำเอากระตาสไปอาบน้ำยาทนไฟหากนำไฟไปจ่อจะลุกไหม้เฉพาะแต่ไม่มีการลุกลามไปส่วนอื่น ๆ โดยเด็ดขาด (ชัยวัฒน์ กลั่นนาค. 2532 : 35)

3. ใช้ในการศึกษา

ได้แก่ การนำเอากระตาสไปใช้ในการเขียนหนังสือ ใช้เป็นกระตาสลอกลายใช้ซ่อมปะชุนหนังสือโบราณที่เก็บรักษาไว้ตามหอจดหมายเหตุ เป็นต้น

(นุชทอง ภูเจริญ, ชัยนต์ หิรัญพันธ์ และถาวร รัตน. 2530 : 1-2)

4. งานหัตถศิลป์ต่าง ๆ ได้แก่

4.1 ดอกไม้กระตาส มีการนำกระตาสไปใช้ผลิตดอกไม้กระตาสเลียนแบบดอกไม้จริงได้อย่างสวยงามจนกลายเป็นธุรกิจใหญ่ส่งออกไปหลายประเทศ เช่น ชาวอิตาลีในอเมริกา แคนาดา ออสเตรเลีย สิงคโปร์ เป็นต้น ดอกที่นิยมทำกันได้แก่ ดอกกุหลาบ สันตติส

ซิลเวอร์ทรี เบญจมาศ ลิลลี่ ดอกบัว ดอกยิบโซ นอกจากนั้น ยังทำเป็นต้นไม้ และใบไม้ เป็นต้น ข้อดีที่มีการนำกระดาดมาทำดอกไม้ก็คือ ลักษณะของพื้นผิวที่ดูเป็นธรรมชาติ และยังไม่มีปัญหาในการส่งออก เนื่องจากการกระทบกันจนยับเพราะกระดาดสามัคคีสมบัติที่ดีคือ สามารถคืนตัวตามสภาพเดิมที่ถูกอัดกลับไว้ (ครุฑ เทียนเกษม. 2532 : 33-34) ในปี พ.ศ. 2530 ดอกไม้ที่ทำจากกระดาดสามัคคีมูลค่าการส่งออกต่างประเทศสูงถึง 10 ล้านบาท (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2531 : 42)

4.2 ใช้ในการตัดเย็บเสื้อผ้า มีการนำเอากระดาดสามัคคีแทนผ้าในการตัดเย็บ โดยมีวัตถุดิบประสม 2 ประการ คือ

4.2.1 นำไปฝึกหัดตัดเย็บโดยจะใช้กระดาดสาขนิคดักซ่อนไปฝึกหัดตัดเย็บ เช่น หน่วยพัฒนาการเคลื่อนที่ไปเปิดกลุ่มตัดเย็บเสื้อผ้า จะใช้กระดาดสาเป็นวัสดุในการฝึกหัดตัดเย็บแทนการใช้ผ้าเพราะกระดาดสามัคคีสมบัติที่เหนียว นุ่ม เมื่อนำมาเย็บด้วยจักรได้แล้วยังสามารถสวมใส่ได้โดยไม่ฉีกขาด และสามารถซื้อได้ในราคาถูกกว่าการใช้ผ้า

4.2.2 นำไปตัดเย็บเพื่อการใช้งาน ใช้กระดาดสาขนิคดแทนมาใช้เป็นวัสดุในการตัดเย็บเสื้อผ้าสำหรับการเดินแฟชั่นโชว์เนื่องจากราคาถูกกว่าการใช้ผ้าจริง และยังสามารถย้อมสี เขียนลวดลายลงบนกระดาดได้ตามความต้องการทกลี หรือนิยมใช้ตัดเย็บชุดเจ้าสาวในงานแต่งงานทำให้ได้ชุดเจ้าสาวที่มีราคาถูกสามารถเก็บไว้เป็นของที่ระลึกเนื่องในโอกาสวันแต่งงาน

4.3 ใช้ทำบัตรอวยพร มีการนำเอากระดาดสามัคคีทำเป็นบัตรอวยพร บัตรเชิญ ชองจดหมายใช้ได้หลายโอกาส สามารถส่งขายทั้งตลาดภายใน และต่างประเทศ นอกจากนั้น กระดาดสาที่ทำมาใช้งานส่วนใหญ่ยังเน้นการใช้กระดาดสาที่ทำด้วยมือซึ่งเป็นที่นิยมกันทั้งใน และต่างประเทศมากจนไม่สามารถผลิตส่งขายได้ทัน เพราะส่วนใหญ่การทำบัตรอวยพร ต้องอาศัยฝีมือการเขียน การระบายสีที่ประณีต และระยะเวลาในการผลิตต่อแผ่นนาน (นฤมล เชิดชื่น. 2532 : 37)

4.4 ใช้ทำวาว นานมาแล้วมีการนำเอากระดาดสามัคคีทำวาว แต่ถึงขั้นทำการผลิตเป็นระบบอุตสาหกรรมยังไม่มี จนในปี พ.ศ. 2530 ได้มีการตั้งบริษัท KITE WORLD ขึ้นในประเทศออสเตรเลีย ผู้ก่อตั้งบริษัทเป็นคนไทยได้ทำการบุกเบิกตลาดวาวไทยในต่างประเทศ โดยมีการออกแบบตามรสนิยมของชาวต่างประเทศ แต่ยังแฝงความเป็นวาวไทยอยู่ ได้ส่งออกวาวไปขายปีละประมาณ 5,000 ตัว ราคาขายวาวที่ออสเตรเลียสำหรับวาวชนิดประติมากรรมขนาดยาว 9 เมตร ราคา 19 เหรียญ คิดเป็นเงินไทยประมาณ 380 บาท ราคาทุนแล้วตกประมาณ 100 บาท (ไชยยศ เสมสันต์. 2532 : 39)

4.5 อื่น ๆ เช่น นำมาสกรีนใช้ทำผ้าปูโต๊ะ กระดาดห่อของขวัญ เปเปอร์มาเช่ กระดาดสาบาติก กระดาดปิดผนัง ผนัง ตกักรกระดาดสา เป็นต้น

ที่กล่าวมาแล้วเห็นได้ว่ากระตาสานั้นสามารถนำมาใช้งานได้กว้างขวางมากในปัจจุบัน และกระตาสายังเป็นที่ยอมรับของผู้ใช้ทั้งใน และต่างประเทศซึ่งเป็นผลดีโดยตรง ต่อกลุ่มผู้ผลิต กระตาสาด้วยมือของราษฎรในภาคเหนือ

ต้นกก

ต้นกก ที่จังหวัดชลบุรีมีต้นกกขึ้นอยู่ตามคันนาทั่วไปมานานแล้วเรียกว่า กกจันทบูรณ์ ชาวบ้านตัดมาผ่าทำเป็นเชือกผูกป่ต่อมาแม่ชี และผู้นับถือศาสนาคริสต์ที่อยู่ในบริเวณอาราม ฟาติมา วัดคาทอลิก สะพานวัดจันทร์ ตำบลจันทน์นิมิต อำเภอเมือง ได้เริ่มการทอเสื่อจากกกจันทบูรณ์ เป็นครั้งแรกแม่ชีได้แนะนำให้ชาวบ้านในจังหวัดจันทบุรีปลุกต้นกกจันทบูรณ์ไว้แลกเปลี่ยนกับเสื่อ ทำให้ชาวบ้านนิยมปลุกต้นกก และได้มีการฝึกหัดทอกันมากขึ้น ต่อมาเมื่อสมเด็จพระนางเจ้า รำไพพรรณี พระบรมราชินีในรัชกาลที่ 7 ได้เสด็จพระราชดำเนินไปประทับ ณ สวนบ้านแก้ว ได้ทรงพัฒนาการทอเสื่อจันทบูรณ์ให้เจริญก้าวหน้าขึ้นในทุก ๆ ด้านกระทั่งปัจจุบัน อาชีพปลุกต้นกก และทอเสื่อจันทบูรณ์กลายเป็นหัตถกรรมพื้นบ้านที่มีชื่อเสียงของชาวจันทบุรี

จังหวัดเชียงรายมีการปลุกต้นกกอีกชนิดหนึ่งชาวบ้านเรียกว่า กกขุนนาน ที่ตำบลห้วยไคร้ อำเภอแม่จัน เข้าใจว่ามีการนำเข้ามาพร้อมกับชาวจีนฮ่อที่อพยพมาจากมณฑลยูนนานทางตอนใต้ ของจีนประมาณ 100 ปีมาแล้ว ได้นำมาปลูก และทอตามกรรมวิธีของจีนแล้วจึงค่อย ๆ เผยแพร่สู่ชาวบ้านในตำบลห้วยไคร้ อำเภอแม่จัน เรียกว่า เสื่อเชียงราย

ต้นกกอีกชนิดหนึ่งซึ่งชาวไทยทางภาคใต้เรียกว่า กกกระจุต ชอบขึ้นอยู่ชายหนองบึง บริเวณที่มีน้ำขัง และดินโคลนริมทะเลสมัยก่อนมีการนำเอากกกระจุตมาสานทำกระสอบบรรจุเกลือ ข้าวเปลือก และน้ำตาลทราย ต่อมาสามารถตัดแปลงเป็นเครื่องใช้ และตัดแปลงเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ไม่แพ้กกจันทบูรณ์ ดังนั้นเสื่อกระจุตจึงเป็นที่นิยม และผลิตภัณฑ์จากกกกระจุตในภาคใต้ จึงได้แพร่หลายจนทุกวันนี้

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ชื่อพื้นเมือง กกขุนนาน กกจันทบูรณ์ กระจุต จุต สาด ผือ

ชื่อวิทยาศาสตร์ Scirpus Mucronatus

ชื่อวงศ์ Cyperaceae

ลักษณะของเส้นใย เส้นใยชนิดสั้น ความยาวเฉลี่ย 1 - 3 มิลลิเมตร

ลักษณะทั่วไป

ลำต้น ต้นกก เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีอายุอยู่ได้หลายปี ลำต้นกก มี 3 ชนิด ได้แก่

1. ลำต้นใต้ดินมีลักษณะเป็นแง่งสั้น ๆ หรือเหง้าแข็งคล้ายเหง้าขิง สีนน้ำตาลดำ

เรียกว่า Rhizome

2. ลำต้นที่ทอดยาวบนดินมีลักษณะเป็นท่อนขนาดเล็ก สีนํ้าตาล ความยาวต่างกัน ตามชนิดของต้นกก เรียกว่า Stolon

3. ลำต้นที่เป็นก้านยาวแข็ง สีเขียวชูขึ้นไปในอากาศเรียกว่า Aerialstem ปลายสุดเป็นจุดที่ให้กำเนิดดอก ลักษณะด้านตัดขวางของลำต้นส่วนนี้มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม หรือเกือบกลม

ใบ ต้นกกส่วนมากจะมีใบขนาดเล็ก ๆ มีรูปร่างต่าง ๆ กัน และจำนวนใบมีเล็กน้อย ติดอยู่กับปลายนกหุ้มใบ (Leaf Sheath) ซึ่งห่อหุ้มส่วนของลำต้นสีเขียวอยู่

ดอก มีทั้งดอกสมบูรณ์เพศ และไม่สมบูรณ์เพศแต่ส่วนใหญ่เป็นแบบดอกสมบูรณ์เพศ เกสรตัวผู้มีตั้งแต่ 1 - 6 อัน โดยมากจะมี 3 อัน เกสรตัวเมียมี 1 อัน เกสรตัวเมียแยกเป็น 2 - 3 แฉก ในแต่ละดอกจะมีแผ่นใบประดับรองรับอยู่เรียกว่า Glume ดอกมีขนาดเล็ก รวมกันอยู่เป็นช่อดอกย่อย แต่ละช่อดอกย่อยจะติดอยู่กับแกนกลางของช่อดอก (Rachis) รวมกันเป็นช่อใหญ่ (Inflorescence) ด้านใต้ของช่อดอกนี้จะมีใบประดับมีลักษณะ และความยาวแตกต่างกันไปตามชนิดของต้นกก

ชนิดของต้นกกที่ใช้ทอเสื่อในประเทศไทย แบ่งได้ดังนี้

1. ต้นกกจันทบูรณ์ ชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cyperus Corymbosus* Rottb ลำต้นกลม เฉพาะลำต้นส่วนปลายใกล้ ๆ ดอกเท่านั้นที่เป็นสามเหลี่ยม ลำต้นสีเขียวเข้มเป็นมันสูง 1 - 2 เมตร ดอกมีขนาดเล็กเป็นฝอยอยู่รวมกันเป็นช่อดอก เป็นกกที่ปลูกกันมานานแล้วทางภาคตะวันออก แถบจังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดตราด และจังหวัดระยอง แต่จะปลูกมากที่สุดที่จังหวัดจันทบุรี

2. ต้นกกยูนนาน ชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Scirpus Lacustris* Validis ลำต้นกลมมัน สีเขียวเข้มสูง 1.5 - 2 เมตร ช่อดอกย่อยอยู่รวมกันเป็นกระจุกมีสีนํ้าตาล ดอกเมื่อแก่บริเวณปลายกระจุกช่อดอกจะบานออก ใบประดับของช่อดอกเป็นแผ่นใบเรียวเล็กสั้น ปลูกมากที่ตำบลห้วยไคร้ อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย

3. ต้นกกกระจุยมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Lepironia Articulata* มีปลูกและขึ้นเองแถบดินชายเลนทางภาคใต้แถบจังหวัดนราธิวาส จังหวัดนัทลุง จังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดสุราษฎร์ธานี ต้นกระจุยมี 2 ชนิด คือ กระจุยใหญ่ และกระจุยหนู กระจุยใหญ่ ใช้ประโยชน์ได้มากกว่า ความสูงประมาณ 1 - 3 เมตร ไม่มีใบ

(ทิวรรณ ญญาที. 2529 : 33-34)

การขยายพันธุ์ ขยายพันธุ์จากเหง้า หรือหัวซึ่งเป็นส่วนของลำต้นใต้ดิน

ประโยชน์

เมื่อตัดต้นกกสดมาแล้วก็นำมาแปรปรเป็นเสื่อ และเครื่องใช้ต่าง ๆ ดังนี้

1. กกจันทบูรณ์ นำใบสดมาผ่าเป็นเส้นเล็ก ๆ ขุดเอาไส้ในออกเรียกว่ากวีนี้ว่า จักกก

หลังจากนั้นแล้ว จึงนำไปตากแห้งประมาณ 3 - 5 วัน เส้นกจะม้วนตัวเอาผิวด้านนอกออก ทำให้ดเป็นมันเรียบ แล้วจึงนำไปย้อมสีต่าง ๆ ตามต้องการ นำไปตากจนแห้งจึงนำไปทอเสื้อ จากนั้นนำเสื้อที่ทอได้มาประดิษฐ์ดัดแปลงเป็นเครื่องใช้อื่น ๆ เช่น เสื้อขนาดต่าง ๆ ชนิดพับได้ และไม่ได้ กระเป๋าถือหลายขนาดของสภาพสตรี สภาพบุรุษ ที่รองแก้ว รองจาน ผ้าคลุมโต๊ะ เป็นต้น ที่จังหวัดจันทบุรีมีเนื้อที่ปลูกต้นกกทั้งหมด 1,019 ไร่

2. กกยunnan ที่จังหวัดเชียงรายไม่มีการจักก ใช้กกยunnanทั้งต้นตากแห้งจากนั้นนำไปทอเสื้อไม่มีการย้อมสี และประดิษฐ์ลวดลาย เสื้อที่ได้จะนิยม สีของเสื้อจะออกเป็นสีน้ำตาลอ่อน ราคาไม่แพงมีนละประมาณ 10 - 20 บาท ไม่พบว่ามีกการนำกกยunnanไปแปรป ใช้ทำผลิตภัณฑ์อื่นได้เหมือนกกจันทบุรี การปลูกกกยunnanมีพื้นที่รวม 570 ไร่ ที่ตำบล ห้วยไคร้ อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย

3. กกกระจุค ทางภาคใต้นำกระจุคทั้งต้นมาคลุกดินขาว ตากให้แห้ง ตำ หรือรีดให้แบน นำไปย้อมเป็นสีต่าง ๆ นำไปตากแดดให้แห้ง (ชโลมพร ชื่นฤทัย. 2529 : 57-62) ประโยชน์ที่ได้จากกกกระจุคที่ย้อมสีแล้วนี้ใช้ทอเสื้อเป็นหลัก แต่เป็นเสื้อที่มีการออกแบบลวดลายที่สวยงามเป็นเอกลักษณ์ของเสื้อกระจุคโดยเฉพาะเสื้อกระจุคชนิดทอพิเศษ ผืนหนึ่งมีราคา 200 - 300 บาท นอกนั้นก็จะนำไปดัดแปลงเป็นเครื่องใช้ต่าง ๆ คล้ายกับกกจันทบุรี (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2529 ก : 1-16)

ต้นสับปะรด

ต้นสับปะรด เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจำพวกไม้เนื้ออ่อนมีอายุหลายปี (Herbaceous Perennial Monocotyledonous Plant) สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดีปลูกได้ในดินทุกแห่งในประเทศไทยถือว่าเป็นไม้เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ชื่อพื้นเมือง บักนัด ชะนัด สับปะรด

ชื่อวิทยาศาสตร์ Ananas Comosus (L.) Merr

ชื่อวงศ์ Bromeliaceae

ลักษณะเส้นใย พืชชนิดเส้นใยสั้น 1.0 - 3.0 มิลลิเมตร

ลักษณะทั่วไป

ต้น เมื่อลอกใบและตัดรากออกจะเห็นส่วนลำต้นอย่างชัดเจน มีรูปร่างคล้ายกระของยาวประมาณ 20 - 25 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 - 3.5 เซนติเมตร ลำต้นประกอบด้วยปล้องสั้น ๆ มากมาย ความยาวของปล้องอยู่ระหว่าง 1 - 6 เซนติเมตร

ใบ ลักษณะเป็นร่องคล้ายกระบืองูลูกฟูก ทนทานต่อแรงดึงที่มากกระทำถึง 51 เท่า

ของใบพืชชนิดอื่นที่มีความหนาเท่าเทียมกัน ลักษณะใบนี้ยังช่วยทำให้เป็นทางน้ำไหลลงสู่โคนต้น และราก ผิวของใบสลับประดด้านบนจะเรียบเป็นมันคล้ายขี้ผึ้ง (Cutinize Layer) ถัดลงไปจะเป็นเซลล์ผิว (Eidermis) ซึ่งมีลักษณะพิเศษทำหน้าที่เก็บน้ำ (Water Storage Tissue) จะยวบตัวลงได้เมื่อบาดน้ำในฤดูแล้ง ใต้เซลล์ผิวลงไปเป็น Hypodermis ทำหน้าที่ร่วมกับผนังเซลล์ด้านใน (Inner-Walled Epidermis) ซึ่งมีความหนาพิเศษป้องกันน้ำไม่ให้ระเหยออกไปจากใบ

ผล ผลของสลับประด เกิดจากการเชื่อมติดของผลย่อยเข้ากับแกนกลางของช่อดอก ผลรวมจึงประกอบเข้าด้วยผลย่อยประมาณ 100 - 200 ผล มีรูปร่างเป็นแบบกลมรี

จุก คือส่วนขยายพันธุ์มีลักษณะคล้ายหน่อ เกิดขึ้นบนยอดผล การเกิดจุกต่างไปจากหน่อ เพราะหน่อเกิดขึ้นจากตาข้าง (Axillary Buds) บนลำต้นที่ฐานใบโดยเกิดจาก Meristem ที่อยู่ส่วนล่างของยอดลำต้น แต่จุกเกิดจาก Meristem เดิมของแกนต้นซึ่งจะเริ่มการเจริญใหม่โดยผ่านทางผล

พันธุ์ ต้นสลับประดที่ปลูกในประเทศไทย มี 5 พันธุ์ ดังนี้

1. พันธุ์ปัตตาเวีย (Smooth Cayenne)
2. พันธุ์อินทรชิต (Singapore Spanish)
3. พันธุ์ขาว (Secangor Green)
4. พันธุ์ภูเก็ต พันธุ์สวี (Mauritius Pine)
5. พันธุ์นางแล หรือพันธุ์น้ำผึ้ง เป็นพันธุ์ย่อย (Sub - Varitety) ของพันธุ์ปัตตาเวีย

มีผู้นำสลับประดพันธุ์ดังกล่าวมาจากศรีลังกา มาปลูกบริเวณ ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย รวมพื้นที่ทำการเพาะปลูก 4,618 ไร่ ผลผลิตรวม 13,128 ตัน

(ฝ่ายส่งเสริมการเกษตรจังหวัดเชียงราย. 2533 : 9)

การขยายพันธุ์ ส่วนต่าง ๆ ของสลับประดใช้ขยายพันธุ์มีดังนี้ หน่อดิน หน่อ ตะเกียง และจุก (ม.ล.จารุพันธุ์ ทองแถม. 2526 : 1-51)

ประโยชน์

สลับประดมีส่วนต่าง ๆ ที่ใช้ประโยชน์ได้กว้างขวาง ดังนี้

1. เนื้อ ใช้รับประทานสด หรือแปรรูปเป็นสลับประดแช่เย็น สลับประดกวน สลับประดแห้ง แยมสลับประด หรือบรรจุกระป๋อง และคั้นทำน้ำสลับประด เป็นต้น
2. เศษเหลือ ของสลับประดส่วนใหญ่จากอุตสาหกรรมสลับประดกระป๋อง สามารถนำมาแปรรูปทำอย่างอื่นได้ เช่น
 - 2.1 น้ำเชื่อม แอลกอฮอล์ น้ำส้มสายชู และไวน์
 - 2.2 อาหารสำหรับเลี้ยงวัว

2.3 กรดอินทรีย์ 3 ชนิด คือ กรดซิตริก กรดมาลิก และกรดแอสคอร์บิก

3. ใบ ใช้ทำประโยชน์ได้ ดังนี้

3.1 เส้นใยจากใบสับปะรด นำมาทอเป็นผ้าจากใบสับปะรด ในประเทศฟิลิปปินส์เรียกว่า ผ้าบารองมีราคาแพงนิยมตัดเป็นชุดสากลประจำชาติ ของประเทศฟิลิปปินส์ และได้หวั่น

3.2 ใช้ทำเชื้อกระดาษ จะได้กระดาษที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือมีความบาง ผิวนุ่มเนียน สามารถบิดงอหรือเปลี่ยนรูปร่างได้ง่ายโดยไม่เสียหาย หลายประเทศใช้เป็นกระดาษสำหรับพิมพ์ธนบัตร

4. เปลือก เปลือกสับปะรดใช้เลี้ยงวัว เศษเหลือทิ้งจากโรงงานสับปะรด คือเปลือก และแกนกลาง ซึ่งจะมีน้ำอยู่สูงถึงร้อยละ 90 เมื่อคืดต่อน้ำหนักสด ส่วนเหลือทิ้งนี้มีโปรตีน และโภชนะย่อยได้ทั้งหมด ประมาณร้อยละ 0.7 และ 7 เมื่อคืดต่อน้ำหนักแห้งจะมีค่าโปรตีน และโภชนะย่อยได้สูงร้อยละ 7 และ 70 ตามลำดับ
(กรมส่งเสริมการเกษตร. 2531 ข : 4-19)

ต้นผักตบชวา

ต้นผักตบชวา เป็นพืชพื้นเมืองของทวีปอเมริกาใต้ ปัจจุบันเป็นที่รู้จักแพร่หลายทั่วโลก เป็นวัชพืชทางน้ำที่ก่อปัญหาหนักที่สุด ในปี พ.ศ. 2424 ชาวดัทช์ที่ปกครองประเทศอินโดนีเซียเป็นผู้นำเข้ามาปลูกในอินโดนีเซีย เพื่อเป็นไม้ประดับเนื่องจากมีดอกสวยงามได้ปลูกเลี้ยงไว้อย่างดี ในสวนพฤกษชาติเมืองโบกอร์ ต่อมาก็ได้แพร่กระจายไปตามลำน้ำต่าง ๆ อย่างรวดเร็ว ปี พ.ศ. 2444 มีการนำผักตบชวาจากอินโดนีเซียเข้ามาปลูกในวังสระปทุม ภายหลังเกิดน้ำท่วมผักตบชวาจึงหลุดลอยไปตามแม่น้ำลำคลอง และแพร่กระจายไปทั่วประเทศอย่างรวดเร็ว จนปี พ.ศ. 2456 ได้มีพระราชบัญญัติกำจัดผักตบชวาท่อออกมา มีผลบังคับใช้จนปัจจุบัน

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ชื่อพื้นเมือง ผักตบชวา ผักปอง ผักตบ ผักบ่ง บัวลอย แหน บัวลอย

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Richhornia Crassipes Solme*

ชื่อวงศ์ Pontederiaceae

ลักษณะของเส้นใย เส้นใยชนิดสั้น ความยาวเฉลี่ย 1 - 3 มิลลิเมตร

ลักษณะทั่วไป

ผักตบชวาเป็นพืชลอยน้ำโดยปกติรากจะไม่ยึดถึงพื้น แต่ถ้าน้ำตื้นระบอบรากก็จะสามารถหยั่งลงดินได้ ลักษณะทรงต้นประกอบด้วยกลุ่มของใบเรียงกันเป็นกระจุก แต่ละต้นจะมี

ใบ 2 ใบขึ้นไป โคนก้านใบมีกาบหุ้มลำต้น มีไหลทอดออกไปเจริญเป็นต้นใหม่ได้ ต้นหนึ่งมีไหลแตกออกได้หลายอันจึงมักเห็นผักตบชวาอยู่เป็นกอใหญ่ ๆ ออกดอกเป็นช่อสีม่วง กลีบดอกมี 6 กลีบ ลักษณะบาง เที่ยวยาว กลีบกลางใหญ่ แต้มสีเหลืองขอบสีม่วงเข้ม ทำให้ดอกมีสีสรรสวยงาม เมื่อมีการผสมเกสร และติดเมล็ดได้เมล็ดขนาดเล็ก สีน้ำตาลเข้ม

การแพร่กระจาย เดิมทีผักตบชวาแพร่กระจายอยู่ตามแหล่งน้ำในกรุงเทพฯ ก่อนแล้วกระจายตามน้ำไปยังจังหวัดทางภาคกลาง สิ่งสำคัญที่ทำให้ผักตบชวาแพร่พันธุ์ได้รวดเร็วก็คือ ผักตบชวามีความสามารถในการแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็ว และมีการเจริญเติบโตตลอดเวลา อีกประการหนึ่งก็คือ ความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมสามารถเจริญได้ทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม แม้น้ำแห้งลงก็ยังสามารถอยู่ได้ ดังนั้นหากปล่อยให้เติบโตต่อไปโดยปราศจากการควบคุมจะทำให้เกิดปัญหามาก ดังที่พบอยู่ทั่วโลก

ผลเสีย ก่อให้เกิดปัญหาแก่ส่วนงานที่ใช้น้ำ ดังนี้

1. การชลประทาน ผักตบชวาทำให้การพัฒนาแหล่งน้ำไม่บรรลุผล
2. การไฟฟ้าพลังน้ำ ทำให้อ่างเก็บน้ำตื้นเขินแย่งเนื้อที่การเก็บกักน้ำ
3. การคมนาคมทางน้ำ เป็นอุปสรรคในการสัญจรขนส่งทางน้ำอย่างยิ่ง
4. การกลีกรรรม ผักตบชวาแย่งอาหาร น้ำ และเนื้อที่ในการปลูกพืชต่าง ๆ

นอกจากนี้ ยังเป็นแหล่งเพาะอาศัยของศัตรูพืชที่สำคัญ เช่น นก หนู และแมลง เป็นต้น

5. การประมง ผักตบชวาที่ขึ้นหนาแน่นทำให้ผลผลิตของสัตว์น้ำลดลง

6. ด้านสาธารณสุข ผักตบชวาเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ร้าย เช่น งู และเป็นพาหะแพร่กระจายของสัตว์นำโรค เช่น หอยที่นำพยาธิใบไม้ตับ หอยคันที่ทำให้เกิดผื่นคันผิวหนัง

นอกจากนี้ ยังเป็นที่วางไข่ และพักอาศัยของตัวอ่อนของยุงชนิดเป็นต้นนำโรคเท้าช้างอีกด้วย

(ประวัติผักตบชวา. 2533 : 1-5)

ประโยชน์

ผักตบชวา เป็นวัชพืชที่ก่อปัญหามากมายที่สุดในโลกก็ตาม แต่ยังมีข้อดีอยู่ เช่น ทำให้น้ำสะอาดขึ้นโดยดูดสิ่งโสโครกขึ้นจากน้ำ ช่วยทำให้อากาศบริสุทธิ์ และช่วยลดปัญหาพิษได้น้ำไม่ให้เจริญเติบโต นอกจากนั้นในปัจจุบันผักตบชวาถือเป็นพืชเศรษฐกิจตัวใหม่ เพราะมีมูลค่าการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมากดังนี้

1. นำไปทำอาหารสัตว์ จากการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่าผักตบชวาแห้งมีความชื้นร้อยละ 9.9 โปรตีนร้อยละ 70.5 ไขมันร้อยละ 3.7 คาร์โบร้อล 15.6 เถ้าร้อยละ 16.9 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 33.6 แคลเซียมร้อยละ 1.57 ฟอสฟอรัสร้อยละ 0.78 ดังนั้นจึงสามารถนำเอาผักตบชวาแห้งไปเป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ได้เป็นอย่างดี

(สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดนครราชสีมา. 2533 : 58)

2. นำไปใช้ทำปุ๋ย ผักตบชวาที่มีธาตุโปแตสเซียมเป็นพิเศษ นอกจากนั้นมีธาตุไนโตรเจน - ฟอสฟอรัส โดยการนำมาทำเป็นปุ๋ยหมัก ใช้ระยะเวลาการหมัก 60 - 75 วัน โดยใส่ตัวเร่งปุ๋ยหมักอินทรีย์เทศบาล (ปรัชญา ัญญาดี. 2533 : 64)

3. นำไปเพาะเห็ดฟาง แทนฟางข้าว

4. ทำแกล้งหุงต้ม ผักตบชวาแห้ง 1 กิโลกรัม ผลิตแกล้งได้ 370 ลิตร ซึ่งมีแกล้งมีเทนร้อยละ 69 เรียงขบวนการนี้ว่าการผลิตแกล้งชีวภาพ โดยใช้วิธีเดียวกันกับการผลิตแกล้งชีวภาพตัวผสมสัตว์ มีข้อดีคือไม่มีการเหม็นรบกวนจึงทำบ่อยครั้งไว้ใกล้บ้านได้ (การผลิตแกล้งชีวภาพจากพืช. 2533 : 24)

5. ใช้ทำเชื้อเพลิงเชื้อเพลิง โดยการนำเอาผักตบชวาสดมาเข้าเครื่องอัดเป็นแท่งแล้วนำไปตากแดดให้แห้งสนิท สามารถนำไปใช้แทนถ่านหุงต้มได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการทดสอบพบว่า เชื้อเพลิงเชื้อเพลิงที่ทำจากผักตบชวาให้ค่าความร้อนสูงถึง 4,214 แคลอรีต่อกรัม นอกจากนั้นยังจุดติดง่ายไม่มีความที่ล้าสมัยคือ ราคาถูก และลดการตัดไม้ทำลายป่าลงได้ (เชื้อเพลิงเชื้อเพลิง. 2533 : 21)

6. ใช้ทำกระดาก

7. ใช้ทำผลิตภัณฑ์ใช้สอยได้อย่างมากมาย โดยการนำเอาลำต้นผักตบชวามาผ่าครึ่ง นำไปตากแดดให้แห้ง ใช้สานทำกระเป่า รองเท้า หมวกชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

ต้นข้าว

ต้นข้าว จัดแบ่งออกได้ตามชนิดของแป้งในเมล็ดข้าวได้แก่ ข้าวเจ้า กับข้าวเหนียว มีลักษณะเหมือนกันทุกประการต่างกันที่ เมล็ดข้าวเจ้าประกอบด้วยแป้ง Amylose ร้อยละ 15 - 30 ส่วน เมล็ดข้าวเหนียวประกอบด้วยแป้ง Anylopectin เป็นส่วนใหญ่ และมีแป้ง Amylose เป็นส่วนน้อยเพียงร้อยละ 5 - 7 เท่านั้น

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ชื่อพื้นเมือง ข้าวเหนียว ข้าวเจ้า ข้าวสาลี

ชื่อวิทยาศาสตร์ Oryza Glaberrima

ชื่อวงศ์ Oryza

ลักษณะของเส้นใย เส้นใยชนิดสั้น ความยาวเฉลี่ยประมาณ 0.54 - 0.92 มิลลิเมตร

ลักษณะทั่วไป

ต้นข้าว เป็นพืชชนิดหนึ่งอยู่ในตระกูลหญ้า เพราะต้นข้าวมีลักษณะคล้ายกับต้นหญ้า เช่น ใบ กาบ ลำต้น และราก ประเทศไทยชาวนาในภาคเหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือนิยมปลูกข้าวเหนียว ส่วนภาคกลางและภาคใต้ชาวนานิยมปลูกข้าวเจ้า

ราก อยู่ใต้ผิวดิน ยึดลำต้นกับดินเพื่อไม่ให้ต้นข้าวล้ม ต้นข้าวไม่มีรากแก้วมีแต่รากฝอย
 ลำต้น มีลักษณะเป็นโนตรงกลางแบ่งออกเป็นปล้อง ๆ มีข้อกั้นระหว่างปล้อง
 ต้นข้าวเป็นพืชเส้นใยชนิดสั้น ลำต้นใช้ทำกระดาษได้ (สุนจน ไข่มวงวงศ์. 2528 : 195)
 ใบ ต้นข้าวมีใบโวก้างเคราห้แสงเพื่อเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุ น้ำ อาหาร สำหรับการ
 เจริญเติบโต และสร้างเมล็ดข้าว ใบประกอบด้วยกาบใบ และแผ่นใบ กาบใบคือส่วนที่ติดอยู่กับ
 ข้อของลำต้น และห่อหุ้มต้นข้าวไว้ แต่ละข้อมีเพียงหนึ่งกาบใบ แผ่นใบคือ ส่วนที่อยู่เหนือข้อต่อ
 ของใบ มีลักษณะเป็นแผ่นแบนบาง ๆ พันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์จะมีใบต่างกันไป

รวง เป็นช่อดอกของข้าว (Inflorescence) เกิดขึ้นที่ข้อของปล้องอันสุดท้าย
 ของต้นข้าว

ดอกข้าว เป็นส่วนที่มีเกสรตัวผู้ และเกสรตัวเมียสำหรับการผสมพันธุ์ ดอกข้าว
 ประกอบด้วยเปลือกนอกสองแผ่นประกบกัน ห่อหุ้มส่วนที่อยู่ภายในไว้ดอกข้าวเป็นดอกสมบูรณ์เพศ
 (Perfect Flower) เพราะมีทั้งเกสรตัวเมีย และเกสรตัวผู้อยู่ในดอกเดียวกัน

เมล็ดข้าว เป็นแป้งเรียกว่า Endosperm และส่วนที่เป็นต้นอ่อน (Embryo)
 ถูห่อหุ้มโดยเปลือกนอกเรียกว่า Lemma และ Palea แป้งเป็นส่วนที่เรบริโภค ส่วน
 ต้นอ่อนเป็นส่วนที่มีชีวิต และงอกออกจากเมล็ดมาเป็นต้นข้าวเมื่อนำไปเพาะ และถูกความชื้น

ประโยชน์

ข้าวเป็นพืชที่ปลูกกันทั่วประเทศ มีปริมาณมากมายมหาศาลนอกจากใช้บริโภคภายใน
 ประเทศแล้วยังส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศทำรายได้เข้าประเทศมาเป็นอันดับหนึ่งทางด้าน
 สินค้าส่งออกทางการเกษตร ในเขตจังหวัดเชียงรายจังหวัดเดียวมีพื้นที่การปลูกข้าวทั้งหมด ทั้ง
 ข้าวเจ้า และข้าวเหนียว เป็นปริมาณพื้นที่นาปลูกรวม 1,245,454 ไร่ ผลผลิตรวม 727,538 ตัน
 (ฝ่ายส่งเสริมการเกษตรจังหวัดเชียงราย. 2533 : 2-4) ดังนั้น เห็นได้ว่าในแต่ละปีจะมี
 สิ่งเหลือใช้จากการปลูกข้าว นั่นคือฟางข้าวเป็นจำนวนมหาศาล ได้มีการนำเอาฟางข้าวมาใช้
 ประโยชน์ ซึ่งพอแบ่งได้เป็น 2 ทาง ดังนี้

1. ทางด้านการเกษตร เช่น นำไปใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ในฤดูแล้ง ใช้ทำปุ๋ย
 หมัก นำไปใช้เพาะเห็ด นำไปใช้คลุมหน้าดินที่เพาะปลูกในฤดูแล้ง เป็นต้น
2. ทางด้านอุตสาหกรรม เช่น การนำไปอัดแท่งทำเชื้อเพลิงให้ค่าความร้อน
 ได้ 4,343.2 แคลอรีต่อกรัม จึงสามารถทดแทนถ่านหุงต้มได้ดี ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแกลส
 ชีวภาพ (เชื้อเพลิงชีว. 2533 : 21) สามารถนำมาสานทำเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ต่าง ๆ
 เช่น รองเท้าแตะ กระเป๋าถือ ตะกร้า เป็นต้น มีโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระดาษได้นำฟางข้าว
 ไปใช้เป็นวัตถุดิบชนิดเส้นใยสั้นในการผลิตกระดาษได้แก่ บริษัทกระดาษกาญจนบุรี มีกำลังผลิตปีละ
 70,000 ตัน (กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2527 ข : 3)

3. อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ

อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มาเกี่ยวข้องกับเกือบทุกแขนง เช่น ฟิสิกส์ เคมี พฤกษศาสตร์ จุลชีววิทยา ชีวเคมี เป็นต้น นอกเหนือจากวิชาทางวิศวกรรมที่เป็นหลักอยู่แล้ว อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษของประเทศไทย เพิ่งเจริญเติบโตมาได้ไม่นานนี้เอง ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานผลิตเยื่อเพื่อจำหน่าย 3 โรง และมีโรงงาน ผลิตกระดาษอยู่ 29 โรง โรงงานผลิตเยื่อและกระดาษที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย คือโรงงานในกลุ่มอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ ของเครือซิเมนต์ไทยประกอบด้วยบริษัทในเครือ 5 บริษัท ได้แก่

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

ประเทศไทยมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการมีโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษให้กำลังการผลิตเพียงพอที่จะตอบสนองความต้องการภายในประเทศ

(อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ. 2533 : 1-5)

วัตถุดิบที่ใช้ทำกระดาษ อุตสาหกรรมกระดาษนั้นเริ่มต้นจากวัตถุดิบที่เป็นพืชคือ ไม้ยืนต้น หรือพืชล้มลุกเช่น สน ตันยาลิปตัส ฟางข้าว ปอ กากอ้อย กล้วยจระจบ เป็นต้น หากแบ่งประเภทของต้นไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษก็จัดแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ไม้เนื้ออ่อน (Soft Wood)
2. ไม้เนื้อแข็ง (Hard Wood)

1. ไม้เนื้ออ่อน ส่วนใหญ่เป็นไม้ในเขตนาวได้แก่ สนสองใบ สนสามใบ จัดเป็นพวก Coniferous Wood ไม้เนื้ออ่อนประกอบด้วยเส้นใยในเนื้อไม้มีความยาวเฉลี่ย 3.0 - 4.0 มิลลิเมตร

2. ไม้เนื้อแข็งพื้นได้แก่ ตันยางพารา สัก ประดู่ ตะเคียน เป็นต้น จัดเป็นพวก Deciduous Wood มีเส้นใยที่มีความยาวเฉลี่ยเพียง 1 - 1.5 มิลลิเมตร

เคมีของไม้ ส่วนประกอบของไม้ทุกประเภทประกอบด้วยสารเคมีหลัก 4 ชนิด คือ

- 2.1 เซลลูโลส
- 2.2 เฮมิเซลลูโลส
- 2.3 ลิกนิน
- 2.4 สารสกัดได้

2.1 เซลลูโลส ประกอบด้วยโมเลกุลของ Cellobiose Unit ต่อเรียงกันยาวเป็นสารโพลิเมอร์

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

2.3 ลิกนินเป็นพอลิเมอร์ High Polymer มีโครงสร้างที่ซับซ้อนมากในเนื้อไม้บางประเภทจะมีลิกนินแทรกอยู่ระหว่าง Polymer ทำหน้าที่เป็นสารยึดเส้นใยให้ติดกัน

2.4 สารสกัดได้พบมากในเนื้อไม้บางประเภทประกอบด้วยสารจำพวก Resin Acid Fatty Acid เป็นต้น การวิเคราะห์เคมีของไม้เนื้ออ่อน และเนื้อแข็งมีดังนี้

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

ขั้นตอนการผลิตเยื่อ มีกระบวนการดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ วัตถุดิบหลักได้แก่ เนื้อไม้ไม่ว่าจะมีลักษณะแข็ง หรือเป็นก้านอย่างไร เช่น ไม้สน หรือเป็นเส้น เช่น ฟางข้าว จะต้องทำการตัดให้วัตถุดิบมีขนาดพอสมควรที่จะนำไปใช้ในการผลิตเยื่อ หากเป็นไม้ที่เป็นท่อนหรือซุงต้องลอกเปลือกออกก่อนจึงนำเข้าเครื่องสับให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ชิ้นไม้เล็ก ๆ เรียก Chip (ณรงค์ วุทธเสถียร. 2526 : 520-521)

2. การเตรียมเยื่อ หลังจากการเตรียมวัตถุดิบที่แตกต่างกันตามลักษณะของวัตถุดิบ ผลสุดท้ายของกระบวนการเตรียมวัตถุดิบคือ ทำให่วัตถุดิบมีลักษณะเป็น Chip เพื่อจะนำมาเตรียมเยื่อกระดาษนั่นเอง (ธีรพร วงศ์รัตน์. 2507 : 287) วิธีเตรียมเยื่อมีวิธีการทำอยู่ 3 วิธีคือ

- 2.1 วิธีเมคานิกัล (Mechanical)
- 2.2 วิธีเคมีเกิล (Chemical)
- 2.3 วิธีเคมีเคมีเกิล (Semichemical)

วิธีการเตรียมเชื้อทั้งสามมีกรรมวิธีได้เชื้อ ที่แตกต่างกัน คือ

2.1 วิธีเมคเนกิล เป็นวิธีที่เชื้อถูกบดให้เส้นเชื้อละเอียดด้วยลูกไม้หินหรือเหล็ก มีน้ำจืดอยู่ตลอดเวลาเพื่อป้องกันลูกไม้ติด เชื้อกระดาษชนิดนี้จะมีความละเอียด และสม่ำเสมอ เชื้อชนิดนี้ยังมีสิ่งเจือปนได้แก่ พวกคาร์โบไฮเดรต ลิกนิน เกลลูลอส และยาง เช่นเดียวกับเนื้อไม้ จึงมีคุณสมบัติไม่ติดกัน เพราะไม่ใช่เชื้อเซลลูโลสที่บริสุทธิ์ เหมาะสำหรับการใช้ทำกระดาษที่ไม่ต้องการ ความเหนียว ความสะอาด หรือถาวรมากนัก เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษปิดผนัง กระดาษ เช็ดมือ กระดาษห่อของชนิดเลว เป็นต้น ในส่วนดีคือ ราคาถูก และได้ปริมาณเชื้อสูง

2.2 วิธีเคมีเกิล เป็นวิธีที่ทำให้เชื้อที่ได้มีความสะอาดมาก เพราะถูกต้มด้วยน้ำยา เคมีในหม้อต้ม ภายใต้ความดันจนกระทั่งเส้นใยของไม้แยกจากกัน เชื้อจะมีความนุ่ม และเหนียว ฟอกให้ขาวได้ง่าย จึงใช้ทำกระดาษได้หลาย ๆ ชนิด ที่ใช้กันแพร่หลายสำหรับทำกระดาษพิมพ์ และเขียน เช่น กระดาษสมุด กระดาษอนามัย กระดาษห่อของ กระดาษทำถุงซีเมนต์ กระดาษ ลูกฟูกสำหรับทำรองเท้า เป็นต้น แต่ได้ปริมาณเชื้อที่ใช้ทำกระดาษน้อย

2.3 วิธีเคมีเคมีเกิล วิธีทำเชื้อกึ่ง ๆ ระหว่างเมคเนกิล กับเคมีเกิล โดยการ นำวัตถุดิบไปต้มด้วยน้ำยาเคมีอย่างอ่อน เพื่อให้เนื้อไม้อ่อนตัว แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดทำด้วยเหล็ก คุณสมบัติต่าง ๆ ของเชื้อจะอยู่กึ่งกลางระหว่างชนิด 1 กับชนิด 2 เชื้อชนิดนี้นับว่ามีความสำคัญ มากขึ้น เพราะสามารถนำวัตถุดิบมาใช้ได้หลายชนิด รวมถึงพืชเส้นใยอื่น ๆ เช่น หญ้าต่าง ๆ ชานอ้อย และฟางข้าว เป็นต้น ให้ปริมาณการผลิตสูง ราคาถูก และทำกระดาษได้หลายชนิด ตั้งแต่กระดาษหนังสือพิมพ์ไปถึงกระดาษปอนด์อย่างดี (ชาญชัย ชาญชัยศึก. 2515 : 84-85) กระดาษสำหรับชาวบ้านผลิตด้วยมือในภาคเหนือก็ใช้วิธีเคมีเคมีเกิลในการเตรียมเชื้อ

3. การล้างร่อนเชื้อ หลังจากผ่านการเตรียมเชื้อโดยวิธีใดวิธีหนึ่งเรียบร้อยแล้ว จะส่งเชื้อไปล้างเอาน้ำยาต้มหรือสารเคมี สิ่งสกปรกที่ตกค้างอยู่ออกให้หมดหลังจากนั้น ก็ไปผ่าน ตะแกรงร่อนเชื้อแบบต่าง ๆ เพื่อเอาสิ่งแปลกปลอมออกให้หมด เชื้อในขั้นตอนนี้จะมียาฟอก

4. การฟอกเชื้อ ถ้าหากต้องการเชื้อที่มีสีขาวก็ต้องนำเชื้อไปฟอกให้ขาว ขบวนการ ฟอกเชื้อที่นิยมใช้กันได้แก่ ขบวนการ CEHD มีรายละเอียด ดังนี้

C = Chlorination ฟอกคลอรีน

E = Alkali Extraction ล้างโซดาไฟ

H = Hypochloride ฟอกไฮโป

D = Chlorine Dioxide ฟอกคลอรีนไดออกไซด์

ในข้อแรกเป็นการฟอกด้วยสารคลอรีน หลังจากนั้นนำไปฟอก หรือต้มด้วยโซดาไฟ การฟอกสองขั้นแรกนี้เป็นการดึงเอาลิกนินที่คงเหลือหลังการต้มเชื้อออก หลังจากนั้นก็เป็น การฟอก เส้นใยให้มีสีขาวด้วยน้ำยาฟอกขาวไฮโป แต่เนื่องจากความขาวของเส้นใยยังไม่มากพอ และเนื้อ

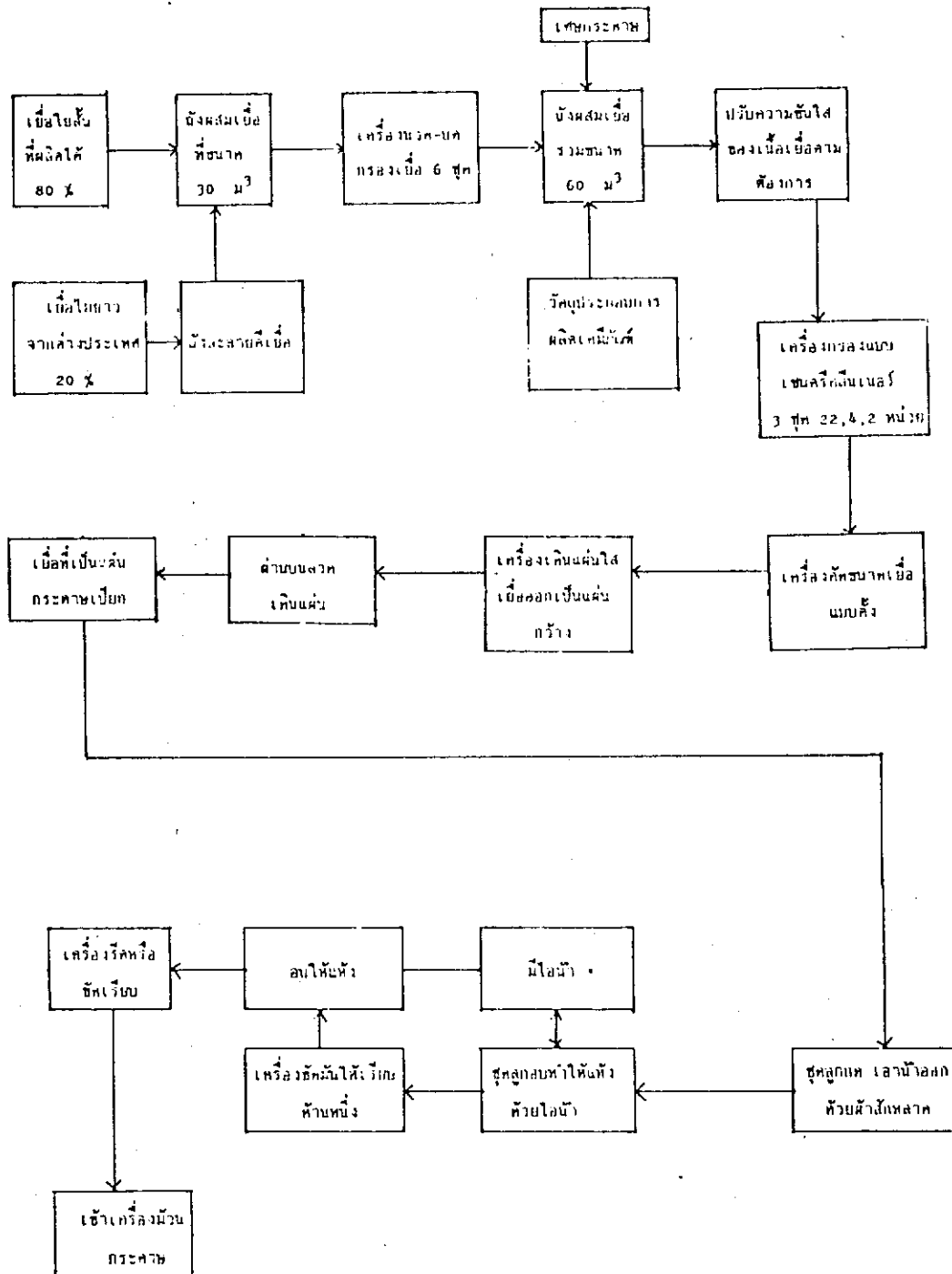
ให้ได้เยื่อซึ่งมีความขาวสูง โดยที่ตัวเส้นใยไม่เกิดปัญหาด้านคุณภาพ (Degradation) จึงต้องใช้ก๊าซคลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) ฟอกก๊าซนี้มีคุณสมบัติดีกว่าน้ำยาไฮโป เพราะไม่ทำให้คุณภาพของเส้นใยด้านความเหนียวลดลง

ขั้นตอนการผลิตกระดาษ เมื่อโรงงานผลิตเยื่อนำเยื่อส่งลูกค้าคือ โรงงานผลิตกระดาษ โรงงานผลิตกระดาษมีวิธีการทำกระดาษโดยแบ่งเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. การเตรียมเยื่อ นำเยื่อมาตีให้กระจายตัวในน้ำ จากนั้นส่งไปบดเยื่อในเครื่องนวดเยื่อ เพื่อให้เยื่อมีความเหนียวเป็นการปรุแต่งเยื่อให้มีสภาพเหมาะสมในการทำแผ่นกระดาษ ในขั้นตอนนี้จะมีการเติมสารเคมีหลายประเภทเพื่อปรุแต่งเยื่อตามชนิดของกระดาษใช้งาน เช่น ชันสน และสารส้มเพื่อป้องกันการคุดซึมของเหลว (Sizing) จะต้องทำให้กระดาษนิ่ม และกระดาษเขียนทุกชนิดมีอัตราการคุดซึมของเหลวพอสมควร นอกจากนี้จะเติมสีเพื่อย้อมกระดาษ ให้มีสี หรือใส่แต่น้อยเพื่อให้ดูสวยงาม เช่น ใส่สีน้ำเงิน และม่วงเพื่อย้อมสีเหลืองในเนื้อกระดาษ ทำให้ดูขาวขึ้น (Grey) ทั้ง ๆ ความจริงจะออกไปทางสีเทา หากต้องการให้กระดาษมีความเหนียวเพิ่มขึ้นก็ต้องเติมสารเพิ่มความเหนียวลงไปเช่น Modified Starch Gum Arabic ถ้าผลิตเป็นกระดาษเพื่องานพิมพ์ หรืองานเขียน ก็นิยมเติมสารจำพวกดินขาว (Kaolin) แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) และ Titanium Dioxide (TiO_2) ใช้เป็น Filler ใส่ลงไปให้กระดาษมีผิวเรียบ คุดซึมหมึกพิมพ์ได้ดี เพิ่มความทึบแสงในการพิมพ์ (Opacity) ของเนื้อกระดาษ

2. การผลิตเป็นแผ่นกระดาษ เมื่อเตรียมเยื่อจนได้ที่ดีแล้ว ก็ส่งเข้าเครื่องผลิตแผ่นกระดาษเพื่อทำให้เป็นแผ่นโดยส่งน้ำเยื่อเข้าหัวฉีด (Headbox) เพื่อโปรยออกเป็นแผ่นบาง ๆ บนตะแกรง (Wire) ซึ่งจะวิ่งวนตลอดเวลา การเกิดเป็นแผ่นกระดาษบนตะแกรงคล้ายกับการทำกระดาษสาด้วยมือ คือใช้ตะแกรงมั่งลวดตาถี่ตักน้ำ และเยื่อให้ติดตะแกรงซึ่งลอกเป็นแผ่นออกมาได้ เมื่อน้ำเยื่ออยู่บนตะแกรงจะดึงน้ำออกจากทางด้านล่าง ซึ่งจะทำให้กระดาษเริ่มแห้ง เมื่อออกจากตะแกรงแล้วจะเข้าสู่ชุดลูกกลิ้ง (Press Section) ลักษณะเป็นลูกกลิ้งขนาดใหญ่ สองลูกกลิ้งกดกันอยู่โดยมีผ้าสักหลาด (Felt) หนา ๆ รองรับอยู่เพื่อไม่ให้กระดาษขาด การกดนี้จะบีบน้ำในกระดาษออกมามาก ตามมาตรฐานแล้วต้องมีชุดลูกกลิ้งอยู่ 3 ชุด กระดาษเมื่อออกจากชุดลูกกลิ้งจะมีความแห้ง (Dry content) ในช่วงร้อยละ 40 - 45 หลังจากนั้นนำไปอบในลูกอบ (Dryer) เป็นลูกทรงกระบอกทรงกลมภายในลูกอบจะมีไอน้ำแรงดันปานกลาง ถึงแรงดันสูงในการอบให้กระดาษแห้งในเครื่องผลิตกระดาษจะมีลูกอบจำนวนมาก หรือน้อย ขึ้นอยู่กับความหนาของกระดาษ กระดาษที่รีดออกมาจากชุดลูกอบจะมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 5 - 10 ขึ้นกับประเภทของกระดาษ

๑. การแปรรูปกระดาษ หลังจากมีการผลิตกระดาษออกเป็นแผ่นใหญ่แล้วนำกระดาษไปแปรรูปหลายอย่าง เช่น การนำไปตัดซอยเป็นม้วนเล็ก ๆ หรือนำไปตัดเป็นขนาดที่ต้องใช้งาน หากต้องใช้เป็นกระดาษอาร์ตใช้ทำหนังสือก็จะมีเคลือบผิวกระดาษ (Coating) ทำให้ผิวเรียบและมัน (ณรงค์ วุทธเสถียร. 2526 : 522-524) กระบวนการผลิตกระดาษ แสดงไว้ในภาพประกอบ ๑



ภาพประกอบ 3 การผลิตเยื่อ และกระดาษของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อและกระดาษ

4. กรรมวิธีผลิตกระดาษสาด้วยมือ

การผลิตกระดาษสาด้วยมือ เป็นวิธีการที่สืบทอดมาตั้งแต่บรรพบุรุษนับพันปี แต่กรรมวิธี การผลิตในอดีตกับปัจจุบันนี้แทบจะไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งในด้านคุณภาพของกระดาษ และวิธี การผลิต สิ่งที่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดจากการทำกระดาษสาในอดีตได้แก่ การใช้สารเคมี เช่น ค่างหรือ โซดาไฟ (KOH) มาแทนขี้เถ้าที่ใช้ในอดีต สิ่งที่แตกต่างกันอีกประการหนึ่งได้แก่ การใช้เครื่องตีเยื่อสา แทนการใช้ก้อนไม้ สำหรับทุบเยื่อสาซึ่งทำกันมาแต่โบราณจึงควรอนุรักษ์ สืบทอดเอาไว้ แบบเดียวกันกับกระดาษสาที่ผลิตจากเมืองมิโนะ (Mino) ทางตะวันออกของ กรุงโตเกียว เป็นศูนย์ผลิตกระดาษสาแห่งแรก และสืบทอดเนื่องกันมานาน 1300 ปี โคโซฟูตะ (Koso Furuta) สืบทอดมา 12ชั่วอายุคน นับแต่วันเริ่มผลิตมาจนปัจจุบันยังคงรักษาวิธีการ ผลิตแบบเดิม สมัยปู่ ย่า ตา ทวด ที่เคยทำกันมาไม่เปลี่ยนแปลง (นฤเบศ สมฤทธิ์. 2533 : 128) การผลิตกระดาษสาด้วยมือของกลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาในภาคเหนือของประเทศไทย มีกระบวนการผลิตแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การเตรียมเยื่อ

เปลือกสาแห้งที่จะนำมาผลิตเป็นกระดาษสา ต้องผ่านขั้นตอนการเตรียมเยื่อ ดังนี้

1.1 การแช่เปลือกสาแห้งลงในน้ำสะอาดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้เปลือกสา อ่อนตัวลง สิ่งสกปรกเช่น เศษผง เศษฝุ่น ที่ติดอยู่จะได้หลุดออกทำให้เปลือกสาสะอาดขึ้น

1.2 การต้มเยื่อ แบ่งออกได้ดังนี้

1.2.1 การต้มด้วยขี้เถ้าเป็นวิธีแบบโบราณ วิธีต้มส่วนใหญ่จะใช้ถังน้ำมัน ขนาด 200 ลิตรมาผ่าครึ่ง หรือใช้ขี้บิบน้ำมันเก่าใส่ น้ำตั้งบนไฟจนน้ำเดือดจึงใส่เปลือกสาลงไป ใส่ขี้เถ้าลงไปตามความเหมาะสม ใช้เวลาต้ม 3 - 6 ชั่วโมง เปลือกสาที่ได้จากการต้มด้วย ขี้เถ้ามักจะมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากอัตราส่วนของขี้เถ้าไม่แน่นอน และยังทำให้เปลือกสา ที่ต้มเสร็จแล้วสกปรก

1.2.2 ต้มโดยใช้โซดาไฟ เป็นวิธีสะดวกประหยัดเวลา และประหยัด เชื้อเพลิง เปลือกสาที่ได้จะสะอาดและมีคุณภาพสม่ำเสมอ การใช้โซดาไฟจะใช้เวลาในการต้ม เพียง 1 - 2 ชั่วโมง

1.3 การล้างสารเคมี หลังจากต้มด้วยขี้เถ้าหรือโซดาไฟแล้ว จะต้องนำไปล้าง เพื่อกำจัดเศษผง เมือก ขี้เถ้า และโซดาไฟออกจนหมดยิ่งล้างมากเท่าไรจะได้เยื่อสาที่มีคุณภาพ ดีมากขึ้น

2. การตีเชื้อ และการฟอกสี มี 2 ลักษณะ ดังนี้

2.1 หากไม่ใช้เครื่องตีเชื้อสา ก็ใช้ค้อนไม้ทุบโดยใช้ค้อนไม้ 2 อันถือ 2 มือ ทุบสลับกันไปจนเชื้อละเอียด นำเชื้อไปล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นจึงนำไปฟอกขาว

2.2 หากใช้เครื่องตีเชื้อสา ซึ่งสามารถบดเชื้อสาได้ครั้งละ 2 - 5 กิโลกรัม แล้วแต่ว่าเป็นเครื่องขนาดใหญ่หรือเล็ก ในขั้นนี้ผู้ผลิตนิยมใช้คลอรีนผงใส่ลงไปในขณะที่เครื่องตีเชื้อสาเป็นการฟอกขาวไปด้วยในตัว โดยใช้คลอรีนผง 1 ชีดต่อเปลือกสา 5 กิโลกรัม หากเป็นวิธีเดิมที่ใช้ค้อนไม้ในการทุบเชื้อ เมื่อเชื้อมีความละเอียดตามต้องการแล้ว นำไปล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นก็นำไปฟอกขาวโดยการแช่ลงไปในน้ำที่มีความเข้มข้นของคลอรีนผง 1 ชีดต่อเปลือกสา 5 กิโลกรัม ต่อมาทางกรมส่งเสริมอุตสาหกรรมได้ไปแนะนำให้ใช้ แคลเซียมไฮโปคลอไรด์ (Calcium Hypochloride) แทนคลอรีนผงที่ชาวบ้านใช้อยู่แต่เดิมเพราะจะทำให้เชื้อสาที่ได้มีความขาวมากขึ้นกว่าคลอรีนผง และไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองภายหลังจากใช้งานไปนาน ๆ แต่วิธีฟอกย้อมต้องต้มเชื้อในน้ำร้อนประมาณ 70 องศาเซลเซียส ขณะฟอกขาวด้วย

(ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ. 2532 ก : 14) มีข้อเสนอแนะจากงานวิจัยของ บุญทอง ภู่เจริญ, ชยันต์ หิรัญพันธ์ และถาวร รัตนา (2530 : 14) กล่าวว่า เพียงแต่นำเชื้อสาไปต้มน้ำเดือดอีกประมาณ 14 นาที ก็สามารถเพิ่มความขาวได้โดยไม่ต้องใช้เคมีฟอกย้อม นอกจากนั้นยังพบอีกว่า เชื้อที่ได้จากการต้มมีการกระจายตัวได้ดี

3. การทำแผ่นกระดาษ เชื้อที่ผ่านกระบวนการเตรียมเชื้อมาแล้วจะถูกทำให้เป็นแผ่นกระดาษด้วยมือ (Hand Sheet) ได้ 2 วิธี ดังนี้

3.1 การตักช้อน นำเชื้อที่ผ่านการเตรียมมาแล้วละลายลงในบ่อช้อนลึก 80 เซนติเมตร ใช้ไม้กวาดเชื้อให้มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ในขั้นตอนนี้เพื่อให้เชื้อได้มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ทางกรมส่งเสริมอุตสาหกรรมได้แนะนำให้ใช้ ยางกระบะเจียบสดมคั่นเอาเมือกเหนียว ๆ ผสมกับน้ำให้ความเข้มข้น 1 : 1 นำน้ำยางกระบะเจียบสดที่ความเข้มข้น 1 : 1 ใส่ลงในบ่อตักเชื้อ ในอัตราส่วน 1 : 30 ของน้ำเชื้อโดยปริมาตร จะทำให้เชื้อกระจายตัวโดยสมบูรณ์ เกิดความสม่ำเสมอกันบนแผ่นกระดาษ (อารยา ดำรงค์ศักดิ์. 2531 : 6) การตักช้อนโดยทั่วไปจะใช้ตะแกรงไนลอน และตะแกรงมุ้งลวดซึ่งอยู่บนเฟรมไม้ทำการตักช้อนเชื้อขึ้นมาการตักต้องอาศัยความชำนาญมากเพราะ ความหนาบางที่ต่างกันอยู่ที่การตักช้อนนั่นเอง

3.2 การแตะ โดยการนำเชื้อที่เตรียมมาแล้วทำเป็นก้อน ๆ ให้เท่า ๆ กัน นำมาใส่ลงในกระบะขอกไม้ไผ่ โดยจะผสมกับน้ำเล็กน้อยจนให้เชื้อแตกตัวฟุ้งมาอย่างสม่ำเสมอ เทลงบนตะแกรงชนิดกรวดด้วยผ้ามุ้ง หรือผ้าใยบัว ซึ่งตั้งกับเฟรมที่ทำด้วยไม้ ปล่อยให้ตัวในน้ำ 1 ชั่วโมงแล้วแตะ ๆ ให้เชื้อได้กระจายตัวออกไปทั่วตะแกรงอย่างสม่ำเสมอ แล้วยกตะแกรงขึ้น วิธีแตะจะได้ความหนามากกว่า และเรียบสม่ำเสมอ หากผู้แตะมีความชำนาญ อีกประการหนึ่ง

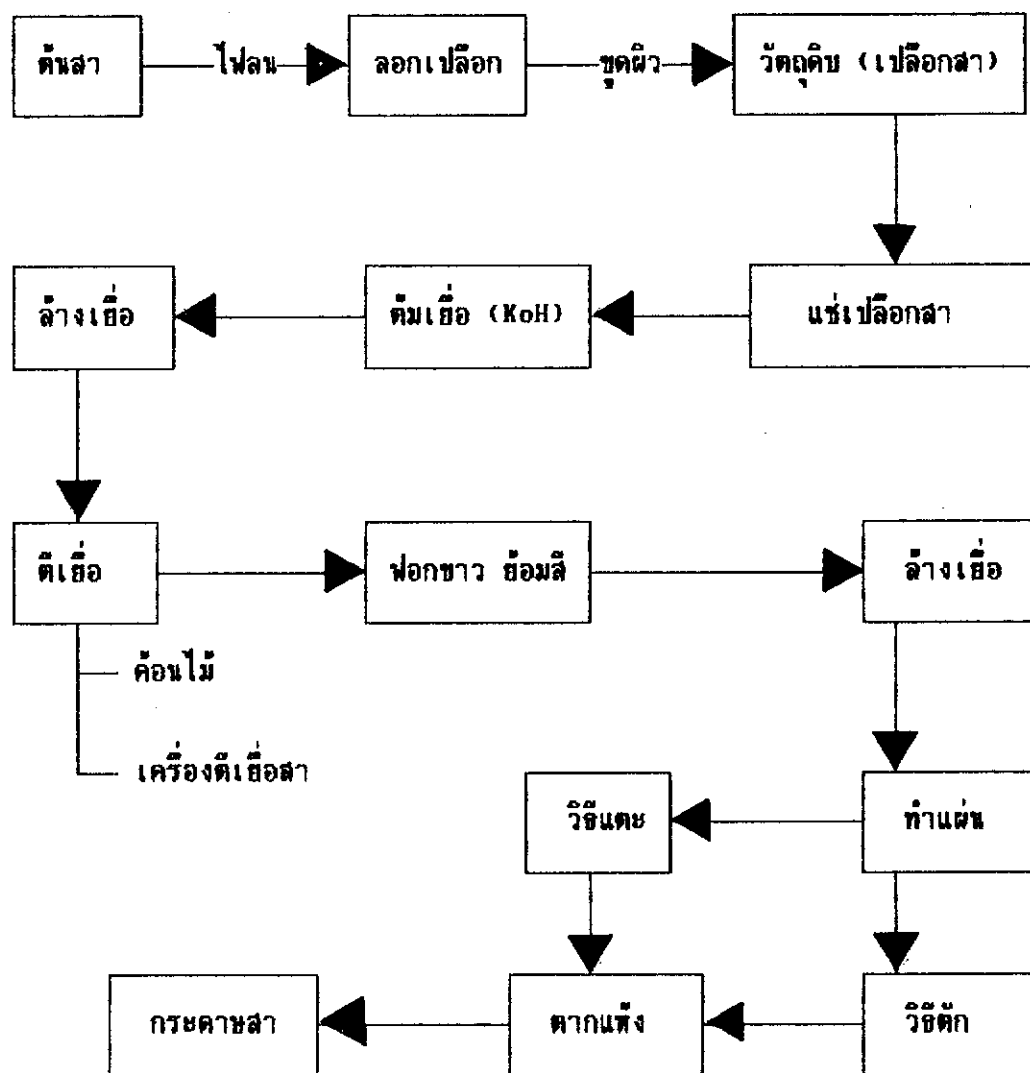
วิธีแตะสามารถนำเชื้อไปซึ่งน้ำหนักก่อนได้ ดังนั้นจึงทำให้ได้ค่าน้ำหนักมาตรฐานของกระดาศ
สม่ำเสมอทุกแผ่น แต่วิธีการแตะจะใช้เวลาในการผลิตมากกว่าการซ้อนตัก
(เขาวนิจ ทองพาสลัจจะ และกฤษณา รวยอาจิณ. 2529 : 9) การเปรียบเทียบวิธีการผลิต
กระดาศสา แสดงไว้ในตาราง 1

ตาราง 1 การเปรียบเทียบกระดาศสาชนิดตักซ้อน และชนิดแตะ

วิธีแตะ	วิธีตักซ้อน
1. ประสิทธิภาพการผลิตช้า	1. ผลิตได้เร็วกว่า 5 - 10 เท่า
2. บ่อน้ำสำหรับซ้อน กว้าง 10.00 เมตร ยาว 1.00 เมตร ลึก 0.20 เมตร	2. บ่อสำหรับซ้อน กว้าง 0.80 เมตร ยาว 1.10 เมตร ลึก 1.00 เมตร
3. ลื่นเปลืองน้ำน้อย	3. ลื่นเปลืองน้ำมาก เพราะเปลี่ยน ถ่ายน้ำตลอดเวลา
4. ระหว่างแตะเชื้อ สามารถคัด เอาเชื้อสกปรก ออกได้	4. ไม่สามารถทำได้
5. ไม่ซับซ้อนต้องการกระดาศหนา เท่าไรก็ขึงเชื้อเอา	5. ต้องมีความชำนาญจึงจะได้กระดาศ ที่มีความหนาบางเท่ากัน มีการใช้ น้ำยางกระเจี๊ยบสด เพื่อการกระ จ่ายตัวของเชื้อที่สมบูรณ์

ในการทำวิจัยนี้ จะใช้วิธีการผลิตกระดาศสาด้วยวิธีการตักซ้อนเพราะวิธีการตักซ้อนเป็น
วิธีที่ทุก ๆ กลุ่มผู้ผลิตกระดาศสาในภาคเหนือนิยมทำกัน นอกจากนั้นกระดาศสาที่ได้จากการตักซ้อน
ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางมากกว่า กระดาศสาที่ได้จากวิธีการแตะ

4. การทำให้แห้ง โดยการนำตะแกรงไปตากแดด หรืออบแห้งซึ่งชาวบ้านไม่นิยม จึงยังนิยมใช้วิธีดั้งเดิมคือ ใช้ความร้อนจากแสงแดดเมื่อแห้งดีแล้วจึงแกะกระดาศออก ปัญหาที่พบ ชาวบ้านมักนิยมนำตะแกรงไปตากแดดตามริมถนนหน้าบ้าน ทำให้ฝนจากการสัญจรปลิวไปเกาะติดกับกระดาศซึ่งยังไม่แห้งดี เป็นสาเหตุหนึ่งของความสกปรกที่มักพบบนกระดาศที่ใช้วิธีตากแดดให้แห้ง กระบวนการผลิตกระดาศด้วยมือแสดงไว้ในภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 กระบวนการผลิตกระดาศด้วยมือ

ตะแกรงที่ใช้ผลิตกระดาษสา แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. ตะแกรงผ้ามุ้ง กรอบทำด้วยไม้ไผ่ซึ่งติดอายุการใช้งานสั้น ใช้ในการผลิตกระดาษสาโดยวิธีดักตะกอน
2. ตะแกรงไผ่ล่อน กรอบทำด้วยไม้ไผ่ซึ่งติดอายุการใช้งานนานกว่าผ้ามุ้ง ใช้ในการผลิตกระดาษสาโดยวิธีดักตะกอน นอกจากนั้นไผ่ล่อนมีความมันในตัวทำให้ลอกกระดาษออกได้ง่าย
3. ตะแกรงอลูมิเนียม มีโครงและตะแกรงทำด้วยอลูมิเนียม มีความคงทนแข็งแรง แต่เนื่องจากความคมของซี่ลวดอลูมิเนียม ทำให้เยื่อสาคติดกับตะแกรงลอกกระดาษออกได้ยาก มักไม่ค่อยนิยมใช้ (เขาวนิต ทองพาสักจจะ และกฤษณา รวยอาจิณ. 2532 : 11-12)

ตลาด และการจำหน่าย ผู้ผลิตส่วนใหญ่เมื่อผลิตเสร็จแล้ว จะมีเจ้าประจำมารับซื้อโดยตรง ซึ่งเป็นพ่อค้าคนกลางนำส่งขายต่างจังหวัดอีกทีหนึ่งราคาจำหน่ายทั่วไปในท้องถิ่น กระดาษสาชนิดดักตะกอนขนาด 50 x 60 เซนติเมตร ประมาณแผ่นละ 25 - 75 สตางค์ ส่วนกระดาษสาชนิดตะกอน ราคาประมาณ 5 - 7 บาท ขึ้นอยู่กับความหนาหากต้องการย้อมสีก็เพิ่มราคาย้อมอีกเล็กน้อย

5. เครื่องตีเยื่อสา

เครื่องตี หรือบดเยื่อสาเป็นเครื่องมือที่เข้ามาแทนค้อนไม้เนื่องจากถ้าทบบด้วยค้อนจะเสียเวลาในการผลิตมาก และความละเอียดของเยื่อที่ได้ก็จะไม่สม่ำเสมอ ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ โดยฝ่ายโรงงานปฏิบัติการได้ออกแบบ และทดลองสร้างเป็นเครื่องแรกเมื่อปี พ.ศ. 2530 ได้ทดลองใช้งาน และเห็นว่าได้ผลดีต่อมาคณะทำงานได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องตีเยื่อสาแบบที่ 2 ขึ้นมาใช้จนปัจจุบัน

วิธีการใช้เครื่อง

1. การปรับตัวลูกกลิ้งบดสา
 - 1.1 ปรับน็อต และสกรูที่ใช้ตั้งเรือนลูกป็นให้สูง หรือต่ำ
 - 1.2 หมุน Pulley ดูว่าลูกกลิ้งหมุนได้หรือไม่ ถ้าหมุนไม่ได้แสดงว่าลูกกลิ้งไปสัมผัสกับแผ่นบด
 - 1.3 ปรับสกรูให้ดันเรือนลูกป็นให้สูงขึ้นจนลูกกลิ้งหมุนได้ไม่สัมผัสกับแผ่นบด ระยะห่างจะประมาณ 0.2 - 0.5 มิลลิเมตร สามารถปรับได้สูงสุดเป็นระยะ 5 เซนติเมตร
 - 1.4 ในทางกลับกันถ้าลูกกลิ้งบดหมุนได้คล่อง ไม่สัมผัสกับแผ่นบดให้คลายน็อตให้เรือนลูกป็นต่ำลง จนสัมผัสกับแผ่นบด
 - 1.5 จากนั้นให้ปรับสกรูดันเรือนลูกป็นสูงขึ้นจนหายจากเสียงดังที่สัมผัสกับแผ่นบด
 - 1.6 ล็อคน็อตไว้ให้แน่น ทดลองเดินเครื่องเปล่าๆ ถ้าเดินได้เรียบไม่มีเสียงดังแสดงว่าใช้ได้
2. นำเอาเยื่อสาประมาณ 5 - 8 กิโลกรัม ฉีกลงในถัง
3. การเติมน้ำมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณสาที่ใช้ ปริมาณน้ำ 1 ลิตรต่อ น้ำหนักสา 1 กิโลกรัม ลงในถังบดเยื่อ
4. เปิดสวิตช์เดินเครื่องส่งกำลัง
5. ค่อย ๆ ป้อนเยื่อสาเข้าเครื่องถ้าปล่อยให้เข้ามาก ๆ ที่เดียวเครื่องจะหยุดทำงานเนื่องจากมอเตอร์แรงไม่พอ ทางที่ดีควรใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 แรงม้า
6. บดไปประมาณ 15 - 20 นาที ก็หยุดเครื่อง นำสาที่บดไปใช้งานได้ระยะเวลาบดจะใช้เวลาอย่างน้อยขึ้นอยู่กับกระดาษที่จะนำไปใช้งาน

การซ่อมบำรุงรักษา

1. เรือลากป็นเมื่อเครื่องทำงานจะเดินยั้บขึ้นลงอยู่เสมอจึงจำเป็นต้องมีการหล่อลื่น โดยให้จาระบี หรือน้ำมัน ควรจะใส่จาระบีเดือนละ 2 ครั้ง ถ้าเป็นน้ำมันจะต้องหยอดทุกวัน ประมาณ 1 ปี ควรจะถอยเรือลากป็นออกมาล้างให้สะอาด และทำความสะอาดเหล็กกับ เรือลากป็นไปพร้อม ๆ กัน เพื่อไม่ให้เศษฝุ่นเข้าไปเกาะมาก จะทำให้ร่องลึ้มลึก
3. บัชมอเตอร์ ควรจะหยอดน้ำมันเบอร์ 20 - 40 หรือทาจาระบี เป็นประจำเพราะ แก่นมอเตอร์จะยั้บขึ้นลงอยู่เสมอเวลาเดินเครื่อง ควรอัดจาระบีอาทิตย์ละ 1 ครั้ง น้ำมันหยอด อาทิตย์ละ 2 ครั้ง
4. น็อต พลุ่ลย์ ลูกกลิ้ง และมอเตอร์ต้องขันให้แน่น ควรหมั่นตรวจให้แน่นอยู่เสมอ ๆ
5. ประแจที่ใช้ประจำในการซ่อมบำรุง เบอร์ 11, 12, 13, 14, 15 และประแจเลื่อน (ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ. 2531 ข : 1-5)

6. การวิเคราะห์ทดสอบเยื่อ และกระดาษ

การวิเคราะห์ทดสอบเยื่อกระดาษ กระดาษ และวัสดุอื่นที่เกี่ยวข้องมีวัตถุประสงค์สำคัญ 3 ประการ คือ

1. นำข้อมูลมาใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต และคุณภาพผลิตภัณฑ์ซึ่งจะช่วยให้การผลิตเป็นไปอย่างประหยัด มีประสิทธิภาพ และสามารถรักษาค่ามาตรฐานได้ตามเป้าหมาย
2. เพื่อประโยชน์ในการตกลงซื้อขาย การจัดเก็บภาษีอากร และการกำหนดควบคุมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
3. เพื่อประโยชน์ในการศึกษาวิจัย จะมีผลตอบแทนต่อข้อ 1. และ 2.

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ทดสอบ

การวิเคราะห์ทดสอบทุกอย่างสิ่งที่มีผลถึงก่อนอื่นคือ วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ เพราะวัตถุประสงค์คือ หลักในการกำหนดรายละเอียดในปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ทดสอบ เราจึงควรเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่จะกล่าวถึงต่อไปกับวัตถุประสงค์ปัจจัยเหล่านี้ ได้แก่

1. แผนการชักตัวอย่างเพื่อนำมาทดสอบ แผนที่เหมาะสมกำหนดโดยวัตถุประสงค์ เช่น เพื่อการตรวจรับรับ หรือเพื่อการศึกษาวิจัย สถานที่ และเวลา ผลการทดสอบจะอำนวยความสะดวกให้คุ้มค่าใช้จ่ายเมื่อได้ขึ้นอยู่กับการชักตัวอย่าง เป็นประการแรก
2. วิธีวิเคราะห์ทดสอบ ต้องเป็นวิธีที่ถูกต้อง และเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป วิธีวิเคราะห์ทดสอบกระดาษที่รู้จักกันดี ได้แก่

2.1 TAPPI Standards

2.2 SCAN Test

2.3 ISO Standards

2.4 ASTM

ตามปกติเราควรปฏิบัติตามวิธีทดสอบมาตรฐานโดยเคร่งครัด เพื่อความถูกต้องของผลการทดสอบสามารถเปรียบเทียบกันได้ดีกับแหล่งทดสอบอื่น แต่ทั้งนี้อาจพิจารณาจากวัตถุประสงค์ เช่น งานทดสอบเป็นประจำในโรงงานซึ่งต้องการความเร่งด่วนอาจดัดแปลงวิธีมาตรฐานให้สั้นย่อได้ แต่ถ้าเป็นการทดสอบเพื่อประโยชน์ทางการค้า ก็จำเป็นต้องปฏิบัติตามมาตรฐานโดยเคร่งครัด และควรเลือกมาตรฐานการทดสอบที่เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป หรือตกลงกันไว้ก่อน

3. อุปกรณ์หรือเครื่องมือทดสอบ มาตรฐานวิธีทดสอบจะกล่าวถึงเครื่องมือ หรืออุปกรณ์ทดสอบ และการปรับตั้งโดยละเอียด การดูแลรักษาเครื่องมือ และปรับตั้งให้ถูกต้องตามมาตรฐาน

จะช่วยให้ผลการทดสอบที่ได้มีความถูกต้อง และใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ ความผิดพลาดของอุปกรณ์หรือเครื่องมือวิเคราะห์ทดสอบอาจก่อให้เกิดความสูญเสียค่าที่มีมูลค่ามากอย่างคาดไม่ถึง

4. การวิเคราะห์ห้อย่างมีหลักเกณฑ์ และรายงานผลอย่างมีความหมาย ข้อมูลที่ได้รับจากการวิเคราะห์ทดสอบจำเป็นต้องได้รับการตรวจสอบพิจารณา เช่น การตัดทอนค่าที่ผิดปกติ การตรวจสอบการกระจายของผลการทดสอบ การลากเส้นผ่านจุด (Curve Fitting) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และอื่น ๆ การวิเคราะห์ และรายงานเป็นขั้นตอนสุดท้ายซึ่งสำคัญอย่างยิ่งในการนำข้อมูลที่ได้มาใช้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยอาศัยหลักเกณฑ์ทางสถิติ

การจำแนกคุณสมบัติที่วิเคราะห์ทดสอบในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ

เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องในขั้นตอน เราควรพิจารณาแยกคุณสมบัติที่ทดสอบกันทั่วไปตามลักษณะปรากฏการณ์ สำหรับเป็นแนวทางการทำความเข้าใจกับเรื่องอื่นที่เกี่ยวข้องกัน ต่อไป

1. **คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)** แบ่งออกได้เป็นคุณสมบัติทางกายภาพแบบต่าง ๆ เช่น

1.1 **คุณสมบัติเชิงกล (Mechanical)** หมายถึงคุณสมบัติของกระดาษที่เกี่ยวข้องกับ การรับแรงกระทำ หรือความแข็งแรง เช่น การต้านทาน แรงดึง แรงฉีกขาด สัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น ความทรงรูป การต้านทานแรงกด เป็นต้น

1.2 **คุณสมบัติเกี่ยวกับแสง (Optical)** เช่น ความขาวสว่าง ความทึบแสง ความมันวาว การดูดซับและกระจายแสง เป็นต้น

1.3 **คุณสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ** เช่น ความหนาแน่น ความต้านทานอากาศ และความเรียบของผิวกระดาษ เป็นต้น

2. **คุณสมบัติทางเคมี (Chemical Properties)** มีการวิเคราะห์กันเสมอได้แก่

2.1 **องค์ประกอบทางเคมี** เช่น ปริมาณเซลลูโลส เพนโตซาน ลิกนิน Kappa Number สารสกัด และการหาความเข้มข้นของน้ำยาเคมี เป็นต้น

2.2 **คุณสมบัติที่วัดโดยวิธีทางไฟฟ้าเคมี** เช่น ความเป็นกรดด่าง (pH) Oxidative Reduction Potential (mV) และการนำไฟฟ้าของสารละลาย เป็นต้น

3. **คุณสมบัติทางกายภาพเคมี (Physico - Chemical Properties)** ตัวอย่างปรากฏการณ์ทางกายภาพเคมีที่สำคัญในการผลิตเยื่อและกระดาษ ได้แก่

3.1 **การเกิดฟอง (Foaming)** ในขั้นตอนการผลิต และความทนทานของฟอง

3.2 **การคุด หรือค่าความขึ้นของเยื่อ และกระดาษ**

3.3 **การพองตัวของเส้นใย (Fiber Swelling)** หลังการบด

3.4 **การตกค้างของเยื่อละลาย และ Filler** ในกระดาษ

- 3.5 ปรากฏการณ์ทาง Electroknetic อื่น ๆ ใน Wet End
- 3.6 การเปือก และซึมของน้ำเข้าในกระดาษ
- 3.7 การแห้งของหมึกพิมพ์บนกระดาษในการพิมพ์ออฟเซต

การจำแนกวิธีวิเคราะห์และทดสอบ

เราแบ่งแยกวิธีการวิเคราะห์ทดสอบได้หลายลักษณะ เช่น

1. ลักษณะของข้อมูล แบ่งได้เป็น

1.1 Fundamental Measurement การวัดคุณสมบัติขั้นมูลฐาน

เช่น ความยาว เวลา แรง การสะท้อนแสง เป็นต้น การวัดแบบนี้จะให้ผลถูกต้องตรงกันเสมอไม่ว่าจะทดสอบโดยวิธีการแตกต่างกันหรือใช้เครื่องมือต่างกันอย่างไรก็ตาม และเราสามารถปรับตั้งให้ถูกต้องได้โดยใช้มาตรฐานปรับตั้ง (Calibration Standards)

1.2 Empirical Test การวัด หรือทดสอบที่ให้ผลซึ่งแตกต่างกันตามลักษณะ

การออกแบบเครื่องมือ และวิธีการผลที่ได้จากเครื่องมือต่างแบบกันไม่อาจเปรียบเทียบกันโดยตรง เครื่องมือวัด หรือทดสอบอย่างนี้จึงไม่มีการปรับตั้งโดยใช้มาตรฐานปรับตั้ง แต่อาจตรวจสอบด้วยวัสดุอ้างอิงที่ทราบค่าจากการทดสอบด้วยเครื่องมือหลัก (Master Instrument) การทดสอบเยื่อ และกระดาษส่วนใหญ่เป็นการทดสอบชนิดนี้ เช่น แรงดันทะลุ แรงฉีกขาด การดูดซับน้ำ ความเรียบ และความพรุนตัวของกระดาษ เป็นต้น

1.3 Subjective Test การวัด หรือทดสอบที่อาศัยประสบการณ์ของผู้ทดสอบ

เป็นการทดสอบคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับการรู้สึก และประสบการณ์ของคน เช่น ความนุ่ม (Softness) ความกระด้าง (Rattle) กลิ่น ความชัดเจนของตัวพิมพ์ เป็นต้น เราอาจเรียกการทดสอบแบบนี้ว่าเป็นการทดสอบแบบอัตวิสัย โดยทั่วไปถ้าเป็นการตัดสินคุณภาพมักทดสอบโดยใช้กลุ่มคนหลายคนที่เรียกว่า Panel ปัจจุบันการทดสอบเยื่อ และกระดาษ ตามวิธีมาตรฐานของ TAPPI ไม่มีรายการใดที่เป็นแบบอัตวิสัย

1.4 Use Test การทดสอบโดยเลียนแบบการใช้งาน ซึ่งเข้าใจได้ง่าย

แต่มีการใช้งานไม่ก่อย่างในผลิตภัณฑ์เยื่อ และกระดาษที่เราสามารถลอกเลียนลักษณะ และสภาวะแล้วนำมาใช้ได้อย่างมีความหมาย เช่น การทดสอบ Drop Test ของถุงบรรจุหลายชั้น การทดสอบคุณสมบัติในการพิมพ์ การทดสอบการใช้ได้หลายครั้ง และการทำสำเนาหลายชั้นของกระดาษคาร์บอน เป็นต้น

2. สภาพของตัวอย่างที่ทดสอบ ซึ่งประกอบด้วย

2.1 การทดสอบแบบทำลาย (Destructive Test) ส่วนมากเป็นแบบทำลาย

กระดาษตัวอย่าง ซึ่งไม่เหมาะที่จะใช้สำหรับการทดสอบในสายการผลิต (On - Line)

2.2 การทดสอบแบบไม่ทำลายตัวอย่าง (Non - Destructive Test)

การทดสอบแบบนี้มีประโยชน์มากต่อการควบคุมคุณภาพ เพราะสามารถทำในสายการผลิตได้ ปัจจุบันการทดสอบกระดาษแบบไม่ทำลายตัวอย่างมีใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษหลายอย่าง ตัวอย่าง เช่น น้ำหนักมาตรฐาน ความหนา ความขาวสว่าง ความทึบแสง และความชื้น เป็นต้น สำหรับคุณสมบัติเชิงกล เช่น แรงดึง แรงฉีกขาด ได้มีผู้ศึกษาวิจัยการวัดแบบไม่ทำลายตัวอย่าง และได้นำมาใช้บ้างแล้ว

3. วิธีทดสอบทางตรง (Direct Measurement) หรือทางอ้อม

(Indirect Measurement) การทดสอบคุณสมบัติหลายอย่างไม่สะดวกที่จะวัดได้โดยตรง เราจึงอาจอาศัยการวัดคุณสมบัติอย่างอื่นที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณสมบัตินั้น ๆ ตัวอย่าง เช่น เราวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของกระดาษเพื่อบ่งบอกปริมาณความชื้นในกระดาษ หรือวัดปริมาณรังสีเบต้าที่กระดาษตกกลืนไว้เพื่อบ่งบอกมวลของกระดาษ เป็นต้น การวัดดังกล่าวทั้งสองอย่างเป็นการวัดในสายการผลิต สำหรับในห้องปฏิบัติการมีการวัดทางอ้อมหลายอย่าง เช่น การหาความเรียบของผิวกระดาษจากอัตราที่อากาศไหลผ่านผิวกระดาษ (Gurley Smoothness) การหาขนาดเม็ดฟิลเลอร์จากอัตราการจมตัวโดยอาศัยกฎของ Stoke และการหา Zeta Potential จาก Electrophoretic Mobility เป็นต้น

การใช้มาตรฐานวิธีวิเคราะห์และทดสอบ

ผู้ปฏิบัติงานวิเคราะห์ทดสอบ และผู้ที่เกี่ยวข้องกับการนำผลการวิเคราะห์ทดสอบไปใช้ ได้รับประโยชน์จากผลการวิเคราะห์ทดสอบที่ได้ไม่เต็มที่ หรืออาจไม่ได้รับประโยชน์เลยหากมิได้ศึกษาหัวข้อต่าง ๆ ที่มีในมาตรฐานให้ชัดเจน ในมาตรฐาน ISO, TAPPI, SCAN - Test และ STAM จะกำหนดหัวข้อต่าง ๆ ไว้คล้ายคลึงกัน ผู้ใช้บางคนอ่านเฉพาะวิธีการทดสอบเท่านั้น จึงเป็นที่น่าเสียดายที่รายละเอียดหลายอย่างได้ถูกมองข้ามไป ในที่นี้จึงขอนำบางหัวข้อที่ผู้ใช้มักจะละเลยไม่สนใจเท่าที่ควรมากล่าวถึงพอเป็นสังเขป ดังนี้

1. ความสำคัญและขอบเขต (Significance and Scope)

หัวข้อนี้บอกให้เราทราบว่า คุณสมบัติที่ทดสอบนั้นมีความสำคัญอย่างไรในด้านการนำไปประยุกต์ใช้ หรือเราจะนำไปใช้ประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใด วิธีทดสอบตามมาตรฐานเหมาะสมสำหรับวัสดุที่มีคุณสมบัติอย่างไร การละเลยรายละเอียดในหัวข้อนี้อาจทำให้เราต้องเสียเวลากับการทดสอบคุณสมบัติ ซึ่งมีได้เกี่ยวข้องกับความต้องการใช้งานจริง

2. การชักตัวอย่าง (Sampling)

การชักตัวอย่างเป็นจุดเริ่มของการหาข้อมูลการทดสอบ หากเริ่มต้นผิดพลาด หรือไม่เหมาะสม ย่อมทำให้การวิเคราะห์ต่อไปเป็นการสุญเปล่า หรือได้ผลไม่คุ้มค่า

3. การรายงาน (Report หรือ Expression of Results)

สาระสำคัญในหัวข้อนี้ได้แก่ การรายงานผลให้ถูกต้อง และได้ประโยชน์ที่สุด เช่น การรายงานค่าเฉลี่ย และความเบี่ยงเบนมาตรฐานตามจำนวนตัวเลขนัยสำคัญ (Significant Figure) การระบุสภาวะการทดสอบ หรือวิธีทดสอบที่ต่างไปจากมาตรฐาน

4. ความแม่นยำ (Precision)

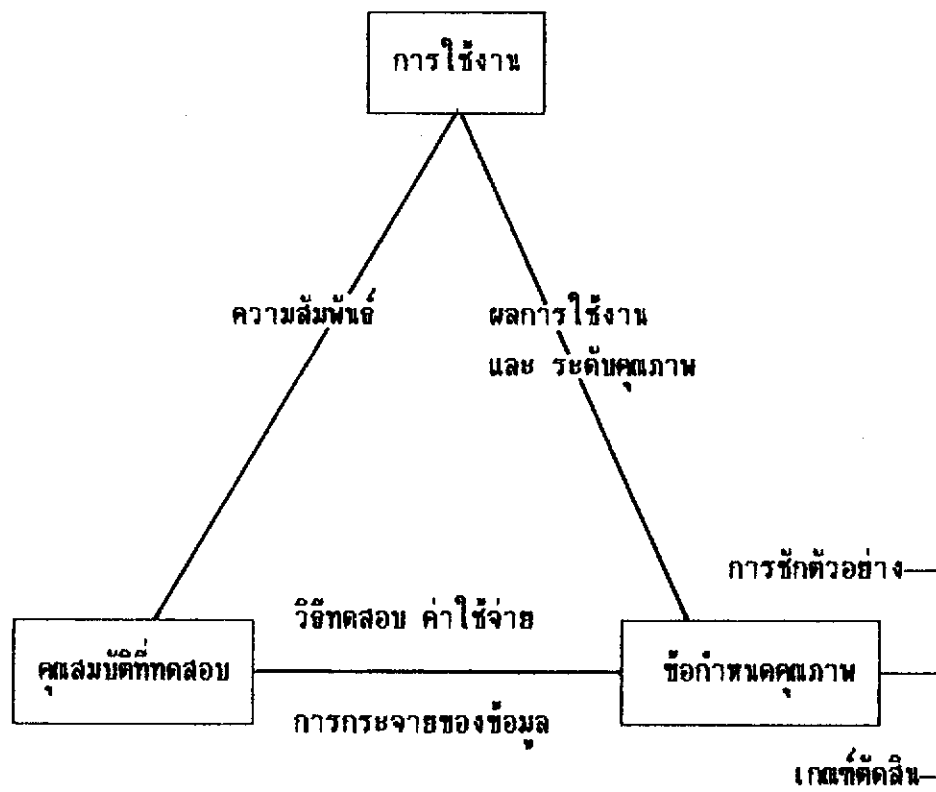
ส่วนใหญ่มาตรฐานจะบอกความแม่นยำไว้ทั้ง Repeatability และ Reproducibility ซึ่งเราใช้เป็นแนวทางตรวจสอบความแม่นยำของการทดสอบได้เป็นอย่างดี จึงควรทำความเข้าใจกับเรื่องนี้ให้ดี ซึ่งอาศัยพื้นฐานวิชาสถิติเพียงเล็กน้อย

5. การปรับตั้ง และดูแลรักษาเครื่อง ตามมาตรฐานการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ จะกล่าวถึง วิธีการตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือการปรับตั้ง และดูแลรักษาหัวข้อนี้ จึงควรได้รับความสนใจเป็นพิเศษ เพราะความผิดพลาดที่พบจากการทดสอบมักมีสาเหตุมาจากความไม่เข้าใจในเรื่องการปรับตั้ง และดูแลรักษาเครื่องมือ

6. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติที่ทดสอบ การใช้งาน และข้อกำหนดคุณภาพ ความสำเร็จในการควบคุมคุณภาพมิได้มาจากความสามารถในการผลิตแต่อย่างเดียว หากยังต้องอาศัยการวางแผนควบคุมคุณภาพที่ดีอีกด้วย เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่าแม้ความสามารถในการผลิตซึ่งได้แก่ เครื่องจักร เทคโนโลยี และบุคลากรฝ่ายผลิตจะถือเป็นความสำคัญอันดับแรก แต่ไม่อาจบรรลุเป้าหมายคุณภาพได้อย่างประหยัดทั้งค่าใช้จ่าย และเวลา หากปราศจากการวางแผนการควบคุมคุณภาพที่เหมาะสม สิ่งที่เป็นก้าวแรกในการวางแผนการควบคุมคุณภาพคือ การทำความเข้าใจกับปัจจัยพื้นฐานในการบ่งชี้คุณภาพความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ แสดงในภาพประกอบ 5 ซึ่งเราอาจสรุปขั้นตอนวางข้อกำหนดคุณภาพได้ ดังนี้

1. กำหนดคุณสมบัติที่จะทดสอบ โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการใช้งานกับคุณสมบัติที่ทดสอบ ปัญหาที่เกิดจากความเข้าใจผิดในความสัมพันธ์นี้ตัวอย่าง เช่น กระดาษพิมพ์ออฟเซตชนิดป้อนเป็นแผ่น ควรทดสอบความทรงรูป และคุณสมบัติที่จำเป็นต่อการพิมพ์มากกว่าแรงฉีกขาด เพื่อความประหยัด และสะดวกควรกำหนดเฉพาะที่จำเป็นเท่านั้น

2. เลือกระดับคุณภาพให้เหมาะสมกับการใช้งาน ข้อนี้มีความสำคัญมากในด้านความประหยัดทั้งผู้ผลิต และผู้ใช้ในทางปฏิบัติเป็นการยากที่จะกำหนดระดับที่เหมาะสมได้โดยปราศจากข้อมูลโดยละเอียดเกี่ยวกับผลการใช้งาน ดังนั้น การประสานงานระหว่างผู้ใช้และผู้ผลิตจึงเป็นสิ่งจำเป็นแม้ว่าจะเป็นไปได้ยากก็ตาม



ภาพประกอบ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทดสอบ การใช้งาน และข้อกำหนดคุณภาพ

3. วางข้อกำหนดคุณภาพ เมื่อเลือกคุณสมบัติที่จะทดสอบ และทราบระดับของ คุณสมบัติที่จำเป็นต่องานวางข้อกำหนดคุณภาพได้โดย เลือกแบบการชักตัวอย่าง และเกณฑ์ตัดสิน ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เชื้อและกระดาษ อาจเลือกใช้แผนการชักตัวอย่างแบบหนึ่งแบบใด ตามที่เหมาะสม เช่น

3.1 Engineered Sampling Plan (ISO 186) แบบนี้ใช้ค่าเฉลี่ย เป็นเกณฑ์ตัดสิน เหมาะสำหรับงานที่ไม่มีการตรวจรับ เพราะการชักตัวอย่างมีวัตถุประสงค์เพียง เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของรุ่นเท่านั้น

3.2 Variables Sampling Plan (BS 6002 : 1979) ใช้ได้กับ ผลการทดสอบเชิงปริมาณ และมีการกระจายแบบปกติ ข้อมูลที่ได้สามารถเชื่อมโยงกับการผลิต

3.3 Attributes Sampling Plan (T 400) เป็นแผนการชักตัวอย่าง ที่รู้จักกันกว้างขวางที่สุด เข้าใจได้ง่าย แต่ให้ข้อมูลน้อยกว่า สองแบบแรก

การเลือกใช้แผนการชักตัวอย่างแบบใดขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลการทดสอบ ความต้องการใช้ประโยชน์ และค่าใช้จ่าย แต่ก่อนที่จะวางข้อกำหนดคุณภาพเราควรมีความเข้าใจที่ถูกต้อง ก่อนเพื่อช่วยให้สามารถวางเป้าหมายด้านคุณภาพได้ตรงตามที่ใช้ต้องการ และสามารถตรวจสอบ ควบคุมได้ตามกฎเกณฑ์ซึ่งจะเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ต่อไป

(สมชาติ รุ่งอินทร์. 2528 : 1-17)

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

งานวิจัยครั้งนี้ จะใช้คุณสมบัติทางกายภาพรวม 3 ด้าน (ISO. 1991: 529-533)

ได้แก่

1. คุณสมบัติเชิงกล ของกระดาษ ดังนี้
 - 1.1 การยึดตัว
 - 1.2 การต้านทานแรงดึง
 - 1.4 การต้านทานแรงฉีกขาด
 - 1.5 ความหนาแน่นเสมือน
 - 1.6 น้ำหนักมาตรฐาน
2. คุณสมบัติเกี่ยวกับแสง
 - 2.1 ความขาวสว่าง
3. คุณสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ
 - การดูดซึม

คุณสมบัติเชิงกล

1. การยึดตัว

ความหมาย ความยาวของกระดาษที่ยึดตัวออกจนขาดเนื่องจากแรงดึง

เครื่องมือ เครื่องมือตรวจสอบการยึดตัวของกระดาษ

ตัวอย่าง ใช้กระดาษตัวอย่างขนาด กว้าง 15, 25 หรือ 50 มิลลิเมตร ยาว 180 มิลลิเมตร แต่โดยทั่วไปจะใช้ 15 X 180 มิลลิเมตร

สูตรที่ใช้คำนวณ การยึดตัว = $\frac{L - l}{l} \times 100$

1

ตัวแปร L = Final Test Length Between the Clamp
(Millimeters)

l = Initial Test Length Between the Clamp
(Millimeters)

ดัชนีการวัด การยึดตัวร้อยละ =

หน่วยการวัด ร้อยละ (%)

มาตรฐาน ISO. 1942/1. Paper and Board Determination of Tensile Properties Part 1: Constant Rate of Loading Method.

2. การต้านทานแรงดึง

ความหมาย ความสามารถของกระดาษที่จะต้านทานแรงดึง ซึ่งกระทำที่ปลายของชิ้นทดสอบจนชิ้นทดสอบขาดจากกัน

เครื่องมือ เครื่องมือตรวจสอบการต้านทานแรงดึงของกระดาษ

ตัวอย่าง ใช้ตัวอย่างเดียวกับการทดสอบหาการยืดตัว

สูตรที่ใช้คำนวณ การต้านทานแรงดึง = $\frac{S}{B} \times 10^3$

ตัวแปร S = Tensile Strength (Kilonewton Per Metres)

B = Basis Weight (Grams Per Square Metres)

ดัชนีการวัด การต้านทานแรงดึง = กิโลนิวตันต่อเมตร

หน่วยการวัด กิโลนิวตันต่อเมตร ($N.m^2/m.g$ หรือ $KN.m/kg$)

หมายถึง การต้านทานแรงดึงสูงสุดเป็นกิโลนิวตันของกระดาษหน้ากว้าง 1 เมตร หนัก 1 กรัม ต่อตารางเมตร

มาตรฐาน ISO. 1942/1. Paper and Board Determination of Tensile Properties Part 1: Constant Rate of Loading Method.

3. การต้านทานแรงฉีกขาด

ความหมาย การต้านทานแรงฉีกขาดสูงสุดของกระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐาน 100 กรัมต่อตารางเมตร

เครื่องมือ เครื่องมือตรวจสอบการต้านทานแรงฉีกขาดของกระดาษ

ตัวอย่าง ใช้กระดาษตัวอย่างขนาด กว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 63 มิลลิเมตร จำนวน 4 ชิ้นซ้อนกัน

สูตรที่ใช้คำนวณ การต้านทานแรงฉีกขาด = $\frac{F}{B} \times 100$

ตัวแปร F = Tear Force (Millinewtons)

B = Basis Weight (Grams Per Square Metres)

ดัชนีการวัด การต้านทานแรงฉีกขาด = มิลลินิวตัน

หน่วยการวัด มิลลินิวตัน ($mN/g/m^2$ หรือ $N.m^2/Kg$) หมายถึง การต้านทานแรงฉีกขาดเป็นมิลลินิวตันของกระดาษหนัก 1 กรัมต่อตารางเมตร

มาตรฐาน ISO. 1974. Paper - Determination of Tearing Resistance.

4. ความหนาแน่นเสมือน

ความหมาย ความหนาแน่นของแผ่นเยื่อ หรือกระดาษที่แตกต่างกันเป็นคุณลักษณะที่สำคัญอย่างยิ่งของกระดาษ เพราะเป็นสิ่งที่บ่งชี้ไปถึงคุณสมบัติอื่น ๆ

เครื่องมือ ไมโครมิเตอร์ (Micrometer)
เครื่องชั่งน้ำหนักสามารถอ่านค่าได้เป็นหน่วยของกรัม

ตัวอย่าง กระดาษขนาด 1 ตารางเซนติเมตร หรือ 1 ตารางเมตร

สูตรคำนวณ ความหนาแน่นเสมือน = $\frac{g}{g_1}$

ตัวแปร g = Grammage of the Paper
(Grams Per Square metres)

g_1 = Thickness of the Paper (Micrometres)

ดัชนีการวัด ความหนาแน่นเสมือน = กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
หน่วยการวัด กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3)

มาตรฐาน ISO. 534. Paper and Bord - Determination of Thickness and Apparent Bulk Density or Apparent Sheet Density.

5. น้ำหนักมาตรฐาน

ความหมาย น้ำหนักที่แท้จริงของแผ่นกระดาษ

เครื่องมือ เครื่องมือตรวจสอบน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษ

ตัวอย่าง ใช้กระดาษขนาด กว้าง 200 มิลลิเมตร ยาว 250 มิลลิเมตร

สูตรที่ใช้คำนวณ น้ำหนักมาตรฐาน = $\frac{M}{A} \times 10000$

ตัวแปร M = Mass of The Test Piece (Grams)

A = Area of The Test Piece (Square Centimetres)

ดัชนีการวัด น้ำหนักมาตรฐาน = กรัมต่อตารางเมตร

หน่วยการวัด กรัมต่อตารางเมตร (g/m^2)

มาตรฐาน ISO. 536 Paper and Bord Determination of Grammage.

คุณสมบัติเกี่ยวกับแสงความขาวสว่าง

ความหมาย	ความสามารถในการสะท้อนแสงวัดจากปริมาณแสงในช่วงคลื่น 457 นาโนเมตร (มิลลิไมครอน) สะท้อนจากแผ่นทดสอบเทียบกับแสงในช่วงคลื่นเดียวกัน เมื่อกำหนดให้ แมกนีเซียมออกไซด์ สะท้อนแสงได้ร้อยละ 100
เครื่องมือ	เครื่องมือตรวจสอบความขาวสว่างของกระดาษ
ตัวอย่าง	กระดาษทดสอบกว้าง 75 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร
ดัชนีการวัด	ความขาวสว่างร้อยละ =
หน่วยการวัด	ร้อยละ (%)
มาตรฐาน	ISO. 2470. Paper and Board - Measurement of Diffuse Blue Reflectance Factor (ISO. Brightness)

คุณสมบัติทางกายภาพด้านอื่น ๆการดูดซึมน้ำ

ความหมาย	การทดสอบหาระยะเวลาที่กระดาษดูดซึมน้ำ ปริมาตร 0.05 ลูกบาศก์ เซนติเมตร ได้หมด
เครื่องมือ	1. ขูรีต ขนาด 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีขีดแบ่งละเอียดไม่น้อยกว่า 0.01 ลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถปรับหยดน้ำให้มีขนาด 0.05 ลูกบาศก์เซนติเมตร 2. นาฬิกาจับเวลาสามารถอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.1 วินาที
ตัวอย่าง	กระดาษทดสอบอย่างน้อยสามชิ้น
ดัชนีการวัด	การดูดซึม =วินาที
หน่วยการวัด	วินาทีต่อน้ำ 0.05 ลูกบาศก์เซนติเมตร ($\text{sec}/0.05\text{cm}^3$)
มาตรฐาน	มอก. 321 - 2522 กระดาษทำลูกฟูก

ลักษณะการบันทึกข้อมูล

การบันทึกข้อมูลผลของการทดสอบเยื่อ และกระดาษของห้องทดสอบเยื่อและกระดาษ
กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ มีดังนี้

การบันทึกข้อมูล ของ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

Department of Science Service

ห้องปฏิบัติการเยื่อและกระดาษ

Pulp Evaluation Data

Wood Species:.....Cooking No:.....Beater.....

Beating Time:.....min./.....revs. Freeness.....ml.CSF

Tester.....Date.....

(ตัวอย่าง)

Stretch %

$\bar{X}$ =

SD. =

Stretch =(%)

Breaking Load kgf/15 mm.

$\bar{X}$ =

SD. =

Breaking Length, Kn.m/kg. =

Tear Factor, div.

$\bar{X}$ =

SD. =

Tear Index, N.m²/kg =

Apparent Density, kg/m^3

Basis Weight g/m^2 (Conditioned).....

$\bar{X}$ =

SD. =

Wt. of cond. Paper =g, Weight of od. Paper =g.

Basis Weight, g/m^2 (od) =

Brightness, Elrepho

$\bar{X}$ =

SD. =

Brightness = (%)

Water Absorption (Sec.)

$\bar{X}$ =

SD. =

Water Absorption =sec/ 0.05cm^2

7. งานวิจัยเกี่ยวกับเชื้อ และกระดาศ

งานวิจัยที่กล่าวถึงเชื้อและกระดาศ หรือกระดาศสามีพอสมควรแต่ที่เกี่ยวข้องกับการผสมเชื้อสา กับเชื้อชนิดเส้นใยสั้นอื่น ๆ เพื่อลดปริมาณการใช้เชื้อสา และพัฒนาคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาศสา ยังไม่เคยมีงานวิจัยใด ๆ ได้ศึกษาไว้ งานวิจัยเกี่ยวกับเชื้อสา กระดาศสา และกระดาศชนิดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้พอสรุปได้ ดังนี้

วันทนี สาตราคม, นิโบล เตชาติวงศ์ และรุ่งอรุณ ศิริพันธ์ (2526 : 1/1-1/17) ได้ศึกษาวิธีผลิตกระดาศจากเชื้อสาที่มีอายุ 1, 2 และ 3 ปี เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเชื้อกระดาศที่ผลิตด้วยวิธีเคมีเควิตัล โดยใช้ส่วนที่เป็นเปลือกสาส่วน ๆ ส่วนที่เป็นเนื้อไม้สาส่วน ๆ และใช้ทั้งต้นกับเปลือกของสาปนกัน ผลการทดลองพบว่า สาที่มีอายุ 3 ปี ให้ปริมาณของเชื้อสูงสุด เชื้อสาที่มีอายุได้ 2 ปี มีคุณภาพดีที่สุด ปริมาณ และคุณภาพของเชื้อที่ผลิตจากสาทั้งต้น และส่วนที่เป็นเนื้อไม้ส่วน ๆ แตกต่างกันเล็กน้อย เชื้อที่ผลิตจากเปลือกสามีความเหนียวมากโดยเฉพาะการต้านทานแรงฉีกขาดสูงมาก อาจเหมาะสมสำหรับการทำกระดาศบางชนิดพิเศษได้ และจากการทดลองยังพบว่าเชื้อสาที่มีอายุน้อยเมื่อฟอกเชื้อแล้ว จะมีความขาวสูงกว่าเชื้อสาที่มีอายุมาก

ไชยยศ เพชรขรรณ (2526 : 2/1-2/6) ได้ทดลองปลูกต้นสาเพื่อการเจริญเติบโต และปริมาณการเก็บเกี่ยวในสภาพฝนแล้งที่สถานีทดลองพืชไร่ อู่ทอง พ.ศ. 2525 ได้ผลการทดลองดังนี้ ต้นสาอายุ 1 ปี จะมีความสูง 2.67 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่ม 4.17 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น 5.60 เซนติเมตร มีกิ่งใหญ่ 2.27 กิ่ง เส้นผ่าศูนย์กลางกิ่ง 3.74 เซนติเมตร ผลผลิตจากการเก็บเกี่ยว ต้นสาอายุ 1 ปี จำนวนกิ่ง 3 กิ่ง เส้นผ่าศูนย์กลาง 5.94 เซนติเมตร ได้น้ำหนักของเปลือกแห้ง 246.65 กรัม ได้น้ำหนักของแกนแห้ง 1570 กรัม คีตร้อยละของเปลือกแห้งต่อน้ำหนักเปลือกสาสดเท่ากับ 6.76 จากการวิจัยยังพบอีกว่า หากปล่อยให้ต้นสามีอายุได้ 3 ปีขึ้นไปแนวโน้มว่าอัตราส่วนระหว่างเปลือกต่อแกนลดลง

อนุชาติ มาณะสารวณิ (2532 : 22-24) การศึกษาคุณภาพของชุดผ้าตัดที่ทำด้วยกระดาศที่คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยมีจุดประสงค์ที่จะสร้างชุดผ้าตัดชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง (Disposable) มีประโยชน์มากเพราะไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซักหรือทำความสะอาด และที่สำคัญไม่มีการเสี่ยงในการติดเชื้อในกลุ่มเจ้าหน้าที่ทำความสะอาดซักรีด ทำให้ควบคุมโรคติดเชื้อได้ง่าย สะดวก และปลอดภัย ผลการวิจัยพบว่า มีความเหมาะสมสำหรับการผ้าตัดเล็ก ๆ ได้ดีมาก เพราะใส่สบายไม่ร้อน เหนียว ป้องกันการติดเชื้อได้เด็ดขาด แต่ไม่ควรใช้ทำการผ้าตัดใหญ่ เช่น การผ่าช่องท้องเพราะจะเปื่อยเมื่อถูกน้ำเล็ดนาน ๆ ควรปรับปรุงการตัดเย็บตามตะเข็บให้แข็งแรงมากกว่านี้ ใช้ทำที่ควดจุ่มก (Mash) ยังไม่ได้เพราะมีกลิ่น และควรยอมเสียสละสำหรับใช้กับห้องผ้าตัดด้วย

สพจน์ ไข่เทียมวงศ์ (2528 : 195-200) ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับการผลิตเชื้อกระดาศ โดยกรรมวิธีหมักจากฟางข้าว พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ในขบวนการหมักให้เกิดแกสชีวภาพภายใต้สภาวะที่ปราศจากแกสออกซิเจน และอยู่ในสภาพหนึ่งทำให้เกิดการย่อยสลายส่วนต่าง ๆ ที่ไม่ใช่เส้นใย เซลลูโลสของฟางข้าว และสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาศได้ถึงร้อยละ 90.5 ด้วยระยะเวลาการหมัก 20 วัน งานวิจัยนี้เป็นประโยชน์มากต่อโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระดาศ ด้วยมือในครอบครัวที่ใช้หญ้า ฟาง ชานอ้อย และผักตบชวา หากใช้กระบวนการเตรียมเชื้อโดยวิธี เคมีเกล และเคมีเคมิกเกลจะทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการต้มเยื่อนานมาก เพราะพืชต่าง ๆ เหล่านี้กว่าจะสลายตัวเป็นเชื้อกระดาศจะใช้เวลาต้มประมาณ 6 - 8 ชั่วโมง ดังนั้นหากนำไปหมักโดยวิธีการหมักให้เกิดแกสชีวภาพก่อนภายในเวลา 20 วัน แล้วนำออกมาเตรียมทำเชื้อ กระดาศจะใช้เวลาต้มเพียง 30 นาที เป็นการประหยัดเชื้อเพลิง และสารละลายต่างในการต้ม เป็นอย่างมากผลพลอยได้อีกประการหนึ่งก็คือ สามารถนำเอาแกสชีวภาพที่ได้จากการหมักเชื้อ มาใช้ต้มเชื้อ หรือใช้ในการหุงต้มในบ้านก็ยิ่งจะทำให้เกิดประโยชน์อย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า เชื้อกระดาศหมัก (Fermented Pulp) เพื่อให้แตกต่างจากการผลิตเชื้อโดยวิธีทางเคมีชนิดอื่น

ฉลอง เอี่ยมอาทร (2528 ก : 46-48) วิจัยทดลองโดยนำกกระจุคมาทำกระดาศ โดยใช้กรรมวิธี และเครื่องมือเดียวกับการผลิตกระดาศสาด้วยมือทุกประการ ผลการทดลอง ทำกระดาศจากกกระจุคได้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่เชื้อกระดาศจากกกระจุคค่อนข้างยุ่งยาก ควรนำมาพัฒนาโดยการนำเส้นใยของเชื้อที่มีความเหนียวผสมเข้าไปจะช่วยทำให้เชื้อกระดาศ มีความเหนียวมากขึ้นนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์หัตถกรรม ใช้ประโยชน์ในการห่อของ ทำบัตรอามวยพร นามบัตร ต่าง ๆ นิยมผลสลายทำกระดาศห่อของขวัญ เป็นต้น มีข้อเสนอแนะอีกว่าควรทำวิจัย เปรียบทดลองลักษณะเดียวกันกับกชนิดอื่น เช่น กกจันทบูรณ์ และกกยูนนาน เพื่อจะได้เกิดผลิตภัณฑ์ กระดาศชนิดใหม่ ๆ เป็นทางเลือกของนักออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจะได้เลือกไปใช้ และส่งเสริมต่อไป

ฉลอง เอี่ยมอาทร (2533 ข : 56-60) ได้วิจัยการทำกระดาศจากผักตบชวาโดยใช้ วิธีการ และเครื่องมือชนิดเดียวกันที่ใช้ทำกระดาศสาด้วยมือทุกประการ พบว่าเชื้อของผักตบชวา เป็นเชื้อชนิดเส้นใยสั้นเล็ก และละเอียด กระดาศที่ได้มีลักษณะเนื้อแน่นกว่ากระดาศสาเล็กน้อย มีความเหนียวน้อยกว่ากระดาศสา สามารถนำไปใช้งานได้กว้างขวางพอ ๆ กับกระดาศสา แต่ปริมาณของเชื้อที่ได้จากผักตบชวาต่ำมากเพียงร้อยละ 10 - 20 เท่านั้น และได้เสนอแนวคิด ว่าควรนำเอาเชื้อของผักตบชวาไปผสมกับเชื้อของสา โดยใช้อัตราส่วนเชื้อสา ต่อเชื้อผักตบชวา คิดเป็น 80 ต่อ 20 จะได้กระดาศชนิดบางพิเศษเพราะเชื้อของผักตบชวาจะเข้าไปทำหน้าที่อุดรูพรุนต่าง ๆ ของเชื้อเส้นใยยาวเช่น เชื้อสาจึงทำให้กระดาศมีเนื้อแน่น คุณภาพดีขายได้ราคาแพง

และเป็นการลดการใช้เชื้อสาละง หรือเป็นทางเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ของกระดาษจากเส้นใยธรรมชาติ ชนิดใหม่แก่นักออกแบบทั้งหลาย เพื่อนำไปประดิษฐ์เป็นสินค้าต่าง ๆ ได้อย่างน่าสนใจ

บุญทอง ภู่เจริญ, ชยันต์ หิรัญพันธ์ และถาวร รัตนา (2530 : 1-34) ได้ศึกษาวิจัย ด้านความขาว และการกระจายตัวของเยื่อ โดยกำหนดความต้องการว่าต้องใช้สารเคมีในการต้ม เยื่อให้น้อยที่สุด และไม่ใช่สารเคมีการฟอกขาวเพื่อป้องกันการเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และเปื่อยยุ่ย เมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน ๆ ทั้งนี้จุดประสงค์ของการวิจัยนี้ก็เพื่อนำกระดาษสาที่ใช้สารเคมี น้อยที่สุดไปใช้ในการปะชุน ซ่อมแซมสมุดหนังสือ และเอกสารโบราณในสำนักจดหมายเหตุต่าง ๆ ให้คงสภาพดั้งเดิมเนื่องจากกระดาษสามัคคีสมบัติที่ดีในด้านความคงทนต่อมอดแมลงรบกวน ทนทานนานหลายร้อยปีโดยไม่เปื่อยยุ่ย จากการวิจัยพบว่า ด้านความขาวใช้ความเข้มข้นของด่าง ที่ต่างกัน เริ่มจาก 75, 84, 100, 112 และ 150 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร มาทำการต้มเยื่อ ในเวลา 6 ชั่วโมงเท่ากัน ไม่ทำให้สีของกระดาษสาที่ได้แตกต่างกันมากนัก จากการเปรียบเทียบ ความขาวจะมีคะแนนอยู่ในระดับ 3.5 ถึง 4 โดยส่วนใหญ่จะมีระดับ 4 ส่วนด้านการกระจายตัว ของเยื่อกระดาษพบว่า ความเข้มข้นของด่างที่ใช้อยู่ระหว่าง 84 - 100 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร เวลาต้ม 6 ชั่วโมง จะได้เยื่อที่มีการกระจายตัวได้ดีที่สุด ยังพบอีกว่าวิธีการทำให้กระดาษสาขาว ขึ้นโดยไม่ต้องใช้สารเคมีฟอกขาวเพียงแต่นำเยื่อที่ผ่านการบดให้เชื้อละเอียด นำมาต้มในน้ำเดือด โดยใช้เวลา 14 นาที ทำให้เยื่อสาขาวขึ้นโดยไม่ต้องใช้คลอรีนผงในการฟอกขาว

วิทย์ สัตยารักษ์วิทย์ และณัฐพล นันธไชย (2530 : 1-123) ได้ศึกษาวิจัยถึงการ กระจายเทคโนโลยีอุตสาหกรรมในครอบครัว กรณีการใช้เครื่องตีเยื่อกระดาษสา และเครื่อง จักตอกไม้ไผ่ ในพื้นที่ได้สรุปรายงานเฉพาะด้านการใช้เครื่องตีเยื่อกระดาษสาข้อมูลการทำวิจัย มาจากการสัมภาษณ์ผู้ผลิตกระดาษสาจำนวน 70 ราย ในพื้นที่ 3 จังหวัดทางภาคเหนือ ของประเทศไทย ถึงเรื่องความจำเป็น และคุ้ม หรือไม่คุ้มค่ากับการใช้งานของเครื่องตีเยื่อสา ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. เมื่อพิจารณาด้านเศรษฐกิจภายใต้สภาพการตลาด และการผลิตที่เป็นอยู่ เทคโนโลยีใหม่ได้แก่ เครื่องตีเยื่อสา ยังไม่ดีกว่าเทคโนโลยีเดิมของชาวบ้านได้แก่การใช้ค้อนไม้ทุบ
2. ชาวบ้านยอมรับเทคโนโลยีใหม่ได้แก่ เครื่องตีเยื่อสาก็เพราะค่านิยมที่มีอยู่ และทำให้สบายขึ้น แต่ไม่สอดคล้องกับความจำเป็น เพราะเวลาว่างมากขึ้นก็ไม่ได้ทำให้เศรษฐกิจ ของชาวบ้านดีขึ้น
3. ในแง่ความซับซ้อนของเทคโนโลยีได้แก่ เครื่องตีเยื่อสาในสายตาของชาวบ้าน ผู้ผลิตกระดาษสาที่เป็นสตรี และผู้สูงอายุเกิดปัญหาความยุ่งยากในแง่การใช้เทคโนโลยี แต่สามารถ ดำเนินงานไปได้โดยอาศัยกลุ่มที่มีภูมิความรู้จัดดำเนินการให้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้งานวิจัยได้ดำเนินไปตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยได้ดำเนินงานวิจัยออกเป็น
2 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1. การคัดเลือกเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิต
กระดาษสาชนิดผสม

- 1.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง
- 1.2 ตัวแปร
- 1.3 เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ในการทดลอง
- 1.4 การผลิตกระดาษจากพืชชนิดเส้นใยสั้น
- 1.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตจากเชื้อของพืชชนิด
เส้นใยสั้น
- 1.6 ผลการคัดเลือกเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิต
กระดาษสาชนิดผสม

- ตอนที่ 2. การผลิตกระดาษสาชนิดผสม
- 2.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง
 - 2.2 ตัวแปร
 - 2.3 เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ในการทดลอง
 - 2.4 การคัดเลือกเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ในการผลิต
กระดาษสาชนิดผสม
 - 2.5 อัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อสา กับ เชื้อชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสม
 - 2.6 การผลิตกระดาษสาชนิดผสม
 - 2.7 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสม
 - 2.8 เปรียบเทียบมาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ
 - 2.9 ผลการผลิตกระดาษสาชนิดผสม

วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้งานวิจัยได้ดำเนินไปตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยออกเป็น
2 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1. การคัดเลือกเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิต
กระดาษสาชนิดผสม

- 1.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง
- 1.2 ตัวแปร
- 1.3 เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ในการทดลอง
- 1.4 การผลิตกระดาษจากพืชชนิดเส้นใยสั้น
- 1.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตจากเชื้อของพืชชนิด
เส้นใยสั้น
- 1.6 ผลการคัดเลือกเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิต
กระดาษสาชนิดผสม

ตอนที่ 2. การผลิตกระดาษสาชนิดผสม

- 2.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง
- 2.2 ตัวแปร
- 2.3 เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ในการทดลอง
- 2.4 การคัดเลือกเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ในการผลิต
กระดาษสาชนิดผสม

- 2.5 อัตราส่วนผสมระหว่างเยื่อสา กับเชื้อชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสม
- 2.6 การผลิตกระดาษสาชนิดผสม
- 2.7 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสม
- 2.8 เหนียวมาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ
- 2.9 ผลการผลิตกระดาษสาชนิดผสม

ตอนที่ 1. การคัดเลือกเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิตกระดาษสาชนิดผสม

1. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร จากการคัดเลือกเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิตกระดาษสาชนิดผสมได้แก่ กระดาษที่ผลิตจากเชื้อของ กกขุนนาน ใบสับปรด ผักตบชวา และฟางข้าว ชนิดละ 30 แผ่น

กลุ่มตัวอย่าง การคัดเลือกเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิตกระดาษสาชนิดผสมได้แก่ กระดาษที่ผลิตจากเชื้อของ กกขุนนาน ใบสับปรด ผักตบชวา และฟางข้าว ชนิดละ 15 แผ่น โดยใช้วิธีเลือกตัวอย่างสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling)

2. ตัวแปร

2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

กระดาษที่ผลิตจากเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้น 4 ชนิดได้แก่ กกขุนนาน ใบสับปรด ผักตบชวา และฟางข้าว

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

คุณสมบัติต่าง ๆ ของเชื้อชนิดเส้นใยสั้น ประกอบด้วย

2.2.1 ระยะเวลาการเตรียมวัตถุดิบให้แห้ง และองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเตรียมเชื้อได้แก่ ระยะเวลาที่ใช้ในการต้มเชื้อ ปริมาณของเส้นเชื้อ (ร้อยละ) ที่ใช้ทำกระดาษ และราคาซื้อขายวัตถุดิบในท้องถิ่น

2.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตจากพืชชนิดเส้นใยสั้น ประกอบด้วย การยึดตัว การต้านทานแรงดึง การต้านทานแรงฉีกขาด ความหนาแน่นเสมือน และความขาวสว่าง

3. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ในการทดลอง

แบ่งออกเป็นหมวด ๆ ตามกรรมวิธีของการผลิตกระดาษด้วยมือดังต่อไปนี้

3.1 การเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์การเตรียมวัตถุดิบ

3.2 การเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์ในการทำเชื้อกระดาษ

3.3 การเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์ในการฟอกขาวเชื้อกระดาษ

3.4 การเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์ในการทำแผ่นกระดาษ

3.1 การเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์การเตรียมวัตถุดิบ

วัสดุ ที่ใช้ในการเตรียมวัตถุดิบอย่างละเอียดประมาณ 2 กิโลกรัม มีดังนี้

1. กกขนาน นำมาตัดส่วนราก และดอก นำไปตากแดดจนแห้ง
2. ใบสับปรด นำมาตัดส่วนปลายที่แหลม และหนามแหลมด้านข้างออก

นำไปตากแดดจนแห้ง

3. ผักตบชวา คัดเอาเฉพาะลำต้น นำมาตัดส่วนราก และใบออกผ่าครึ่งตามความยาวของลำต้น นำไปตากแดดจนแห้ง

4. ฟางข้าว จะแห้งดีอยู่แล้วนำมาตัดส่วนราก ใบ และรวงข้าวออก โดยใช้เฉพาะส่วนที่เป็นลำต้น

อุปกรณ์ ที่ใช้ในการเตรียมวัตถุดิบ

1. สังกะสีชนิดแผ่นเรียบ
2. พลั่วเหล็ก
3. ถังเก็บวัตถุดิบชนิดมีฝาปิด

3.2 การเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์ในการทำเชื้อกระดาก

วัสดุ ที่ใช้ในการทำเชื้อกระดาก

1. กกขนาน ใบสับปรด ผักตบชวา และฟางข้าว ที่ได้รับการตากแห้งมาอย่างดีแล้วพร้อมสำหรับการทำเชื้อกระดาก

2. น้ำสะอาด
3. สารละลายต่าง โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์
4. แกลสทุ้ม

อุปกรณ์ ที่ใช้ในการทำเชื้อกระดาก

1. ถังต้มเชื้อ และแช่เชื้อถึงน้ำมันขนาด 200 ลิตรผ่าครึ่ง
2. เตาแกส ใช้ในการต้มเชื้อ
3. ตะแกรงมุ้งลวดใช้กรองเชื้อกระดาก
4. เครื่องชั่งสารเคมี ชนิดอ่านค่าได้เป็นกรัม
5. ไม้พายสำหรับพลิกเชื้อขณะต้ม
6. เครื่องตีเชื้อชนิดตีเชื้อสาได้ครั้งละ 5 กิโลกรัม สามารถปรับระยะของลูกบิดได้ 0 - 5 เซนติเมตร ใช้กับไฟฟ้า 220 โวลท์

7. ถังพลาสติกมีฝาปิดใช้เก็บเชื้อ
8. เครื่องชั่งเชื้อ ชนิดอ่านค่าได้เป็นกิโลกรัม
9. นาฬิกาจับเวลา ชนิดจับเวลาได้เป็นวินาที
10. เครื่องมือควบคุมความข้นเหลว ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer)
11. เตาอบ (Oven) สามารถปรับอุณหภูมิจาก 0 - 110 องศาเซลเซียส
12. กระดาษทดสอบหาค่าความเป็นกรด - ด่าง

3.3 การเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์ในการฟอกขาวเชื้อกระดาษ วัสดุ ที่ใช้ในการฟอกขาวเชื้อกระดาษ

1. น้ำสะอาด
2. คลอรีนผงชนิดเข้มข้นร้อยละ 60
3. แกสหงต้ม

อุปกรณ์ ที่ใช้ในการฟอกขาวเชื้อกระดาษ

1. หม้ออลูมิเนียมอย่างหนาใช้ฟอกเชื้อ ขนาดความจุประมาณ 5 ลิตร
2. เตาแกส
3. เครื่องมือวัดอุณหภูมิชนิดอ่านค่าได้เป็น องศาเซลเซียส
4. ถังผ้าที่ทำด้วยผ้ามุ้ง ใช้ล้างเชื้อ
5. กระดาษทดสอบหาค่าความเป็นกรด - ด่าง
6. เครื่องชั่งสารเคมี ชนิดอ่านค่าได้เป็นกรัม
7. กระบอกตวง (Messzyylinder) ความจุ 500 มิลลิลิตร

3.4 การเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์ในการทำแผ่นกระดาษ วัสดุ ที่ใช้ในการทำแผ่นกระดาษ

1. น้ำสะอาด
2. กาวจากพืช CMC (Carboxy Methyl Cellulose)

อุปกรณ์ ที่ใช้ในการทำแผ่นกระดาษ

1. เครื่องตีไข่ชนิดมือถือ
2. ตะแกรงร่อนเชื้อ เส้นผ่าศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร
3. อ่างร่อนเชื้อ เส้นผ่าศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร ลึก 40 เซนติเมตร

4. กระบอกตวงที่ความจุ 100 มิลลิลิตร
5. เครื่องชั่ง ชนิดอ่านค่าได้เป็นกรัม
6. ตะแกรงร่อนแป้ง

4. การผลิตกระดาษจากพืชชนิดเส้นใยสั้น แบ่งการทดลองออกเป็นลำดับขั้น ดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ
2. การเตรียมเยื่อกระดาษ
3. การคำนวณหาปริมาณของเส้นเยื่อที่ใช้ทำกระดาษ
4. การฟอกขาวเส้นเยื่อกระดาษ
5. การทำแผ่นกระดาษ

การเตรียมวัตถุดิบ

1. นำวัตถุดิบที่จะใช้ในการผลิตกระดาษได้แก่ กกยูนนาน ใบสับปะรด ผักตบชวา และฟางข้าว อย่างละประมาณ 2 กิโลกรัม มาตากแดดให้แห้งบนแผ่นสังกะสี ยกเว้นฟางข้าว ซึ่งแห้งอย่างเหมาะสมอยู่แล้วภายหลังการเก็บเกี่ยว
2. เมื่อวัตถุดิบชนิดใดแห้งแล้วให้ทำการจดบันทึกระยะเวลาการตากแห้งไว้ จากนั้นนำไปเก็บไว้ในถังเก็บวัตถุดิบที่มีฝาปิดอย่างมิดชิดเพื่อเตรียมไว้ใช้ในขั้นตอนการเตรียมเยื่อกระดาษต่อไป

การเตรียมเยื่อกระดาษ

1. วัตถุดิบที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบไปซึ่งให้น้ำหนัก 600 กรัม เท่ากัน
2. หั่นวัตถุดิบที่ซึ่งน้ำหนักแล้วในน้ำสะอาดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. ครบ 24 ชั่วโมง นำวัตถุดิบมาต้มในสารละลายต่างความเข้มข้น 100 กรัม ต่อน้ำ 10 ลิตร หรือใช้การควบคุมความเป็นกรด - ด่าง ให้อยู่ระหว่าง 12 - 14 จนเปื่อยยุ่ยกลายเป็นเยื่อกระดาษใช้ระยะเวลาในการต้มเยื่อแต่ละชนิดจะไม่เท่ากัน อยู่ระหว่าง 1 - 8 ชั่วโมง ให้นับที่ระยะเวลาการต้มเยื่อแต่ละชนิดไว้โดยจับเวลาเมื่อน้ำเริ่มเดือดจนวัตถุดิบกลายเป็นเยื่อกระดาษ
4. นำเยื่อกระดาษจากการต้มมาล้างสารเคมีที่ตกค้างออกให้หมด
5. เมื่อเยื่อสะอาดดีแล้ว นำเยื่อเข้าเครื่องตีเยื่อ เพื่อให้ได้เยื่อที่มีขนาดเหมาะสมในการผลิตกระดาษ เติมน้ำสะอาดลงไป 45 - 60 ลิตรสำหรับเครื่องตีเยื่อขนาด 5 กิโลกรัม

จากนั้นปรับลูกบิดให้มีระยะห่าง 0.5 - 1.5 เซนติเมตร ใช้เวลาการบดเยื่อประมาณ 30 นาที

6. นำเยื่อออกจากเครื่องตีเยื่อมาล้างให้สะอาด นำไปร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด 0.5 มิลลิเมตร นำส่วนที่ตกค้างอยู่บนตะแกรงไปอบแห้งด้วยเตาอบ

การคำนวณหาปริมาณของเส้นเยื่อที่ใช้ทำกระดาษ

1. เมื่อเยื่อที่อบแห้งสนิทแล้วทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำไปชั่งหาน้ำหนัก
2. คำนวณหาปริมาณของเยื่อ ที่ค้างอยู่บนตะแกรงจากสูตร

$$\text{ปริมาณของเยื่อจากพิกษณิตเส้นใยสั้น} = \frac{W}{600} \times 100 (\%)$$

W = น้ำหนักของเยื่อที่ตกค้างบนตะแกรงภายหลังการอบแห้ง

การฟอกขาวเส้นเยื่อกระดาษ

1. เยื่อที่ผ่านการอบแห้งแล้ว ไม่สามารถนำกลับมาใช้ทำกระดาษได้อีกเพราะขาดคุณสมบัติที่ดีของเยื่อกระดาษไป ดังนั้นภายหลังการอบแห้งเพื่อหาน้ำหนักของเยื่อแล้วจึงไม่นำเยื่อกลับมาใช้ผลิตกระดาษอีก

2. ทำตามกรรมวิธีเดิมจากข้อ 1 - 5 ของกระบวนการเตรียมเยื่อแต่ให้เพิ่มปริมาณวัตถุดิบขึ้นตามความเหมาะสม จนได้เยื่อกระดาษที่มีขนาดเหมาะสม

3. นำเยื่อมาล้างน้ำให้สะอาดใส่ลงในหม้ออลูมิเนียมที่ใช้ในการฟอกขาวใช้ไฟอ่อน ๆ ต้มน้ำให้มีอุณหภูมิคงที่ประมาณ 70 องศาเซลเซียส ใส่คลอรีนผงโดยใช้ความเข้มข้น 5 กรัมต่อน้ำสะอาด 5 ลิตร หรือด้วยการควบคุมความเป็นกรด - ด่าง ให้อยู่ระหว่าง 7 - 8 ปิดฝาหม้อต้ม ใช้ระยะเวลาการฟอกขาว 30 นาที เมื่อครบ 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้น้ำเย็นประมาณ 3 ชั่วโมง

การทำแผ่นกระดาษ

1. เตรียมตะแกรงตักซ้อนเยื่อกระดาษ โดยการนำไปล้างให้สะอาด
2. นำเยื่อที่ผ่านการฟอกขาวมาแล้ว ใส่ลงในอ่างซ้อนเยื่อ
3. ผสมกาวจากพืช 10 กรัมต่อน้ำสะอาด 500 มิลลิลิตร ใช้เครื่องตีไข่ตีให้เข้ากัน

จนมีความเหนียว

4. เติมน้ำสะอาด และกาวจากพืชลงไป ในอ่างตักซ้อนเยื่อโดยใช้กาวจากพืช 1 ส่วนต่อน้ำสะอาด 40 ส่วน เติมเยื่อลงไป ในปริมาณที่เหมาะสมหมายถึงถ้าต้องการได้กระดาษหนาให้ใส่เยื่อลงไปมาก ต้องการกระดาษบางก็ใส่เยื่อให้น้อย

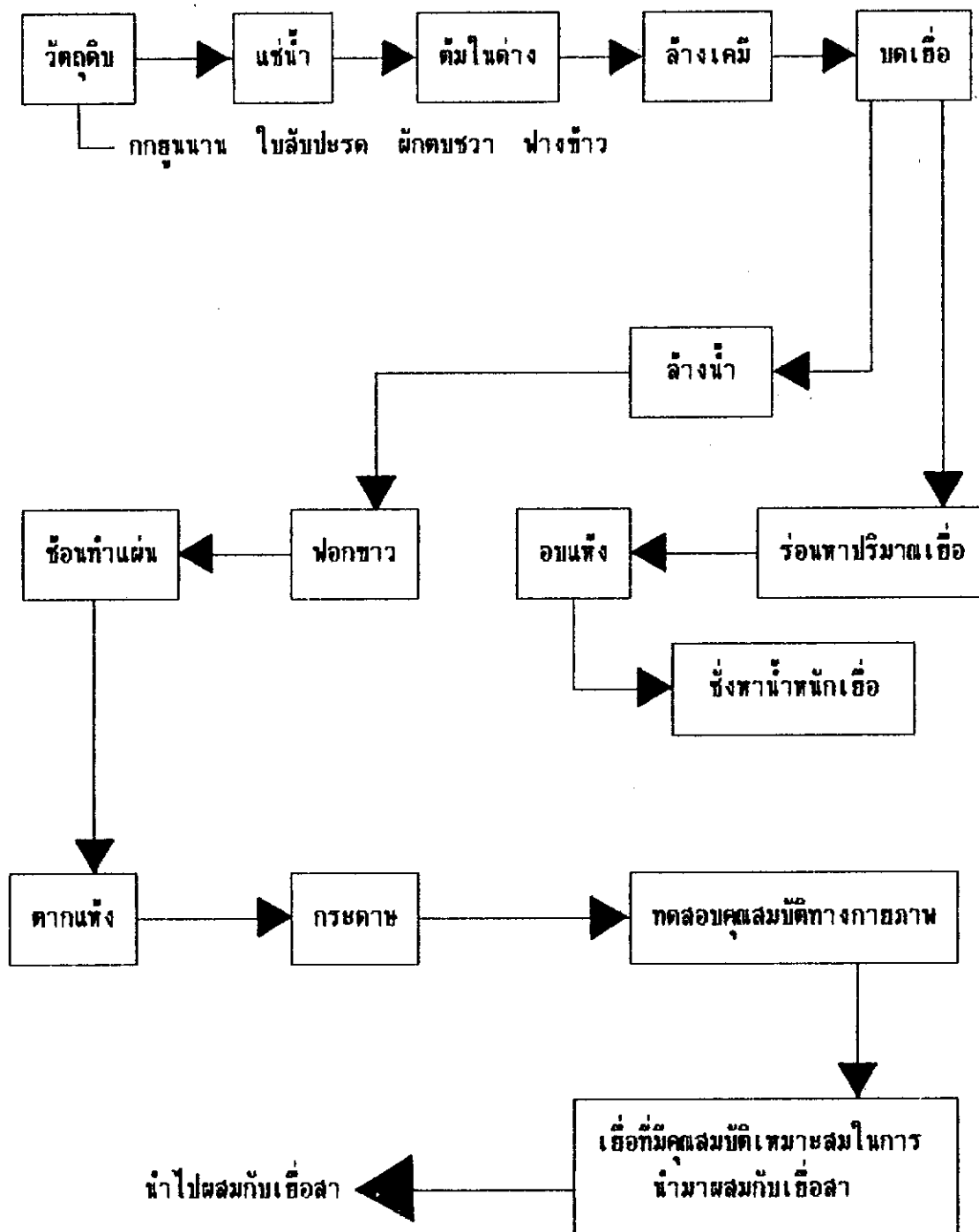
5. ใช้มือจุ่มลงในอ่างช้อนเยื่อ แล้วตีเพื่อให้กากจากพืชทำปฏิกิริยากับเยื่อกระดาษ ออกเป็นชั้น ๆ ลอยตัวบนอยู่ในน้ำอย่างสม่ำเสมอ

6. ใช้ตะแกรงที่เตรียมไว้ตักช้อนเยื่อโดยการช้อนเยื่อเข้าหาตัว ยกตะแกรงให้สูง พ่นน้ำพร้อมทั้งเขย่าเบา ๆ ให้เยื่อกระดาษตัวอย่างทั่วถึงทั้งแผ่น ประมาณความหนาของกระดาษ ที่ช้อนได้อยู่ระหว่าง 35 - 55 กรัมต่อตารางเมตร

7. นำไปตากแดดให้แห้ง โดยวิธีการวางตากกับไม้ให้ตะแกรงมีความลาดเอียง หากวันใดที่แสงแดดดี ๆ จะใช้เวลาประมาณ 30 - 45 นาที เยื่อกระดาษที่เกรอบบนตะแกรง จะแห้งเป็นแผ่น

8. เมื่อกระดาษแห้งดีแล้วใช้นิ้วมือกรีดไปรอบ ๆ ขอบตะแกรงจะทำให้กระดาษหลุด ออกจากตะแกรงได้ง่ายขึ้น จากนั้นจึงค่อย ๆ ดึงออกจนหมดทั้งแผ่น

ที่กล่าวมาข้างต้นเป็น 5 ขั้นตอนของการทำการทดลองผลิตกระดาษจากพืชชนิดเส้นใยสั้น การทดลองผลิตกระดาษจากพืชชนิดเส้นใยสั้นใช้สถานที่แผนกวิชาปฐนินเฒ่า ภาควิชาอุตสาหกรรมศิลป์ วิทยาลัยครูเชียงใหม่ เป็นสถานที่ทำการทดลองผลิต ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตประมาณ 1 เดือน ขั้นตอนการผลิตกระดาษจากพืชชนิดเส้นใยสั้นแสดงไว้ในภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 ขั้นตอนของการผลิต และคัดเลือกเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้น

5. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตจากจากพืชชนิดเส้นใยสั้น

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อของพืชชนิดเส้นใยสั้น เพื่อเปรียบเทียบว่า เยื่อของพืชชนิดเส้นใยสั้นชนิดใดจะมีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดในการนำมาผสมกับเยื่อของสา โดยทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพจำนวน 5 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. การยึดตัว
2. การต้านทานแรงดึง
3. การต้านทานแรงฉีกขาด
4. ความหนาแน่นเสมือน
5. ความขาวสว่าง

รายละเอียดของการทดสอบ คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตจากพืชชนิดเส้นใยสั้น มีดังต่อไปนี้

1. การยึดตัว

เครื่องมือ เครื่องมือตรวจสอบการยึดตัวของกระดาษ

$$\text{สูตรที่ใช้คำนวณ การยึดตัว} = \frac{L - l}{l} \times 100$$

ตัวแปร L = Final Test Length Between the Clamp
(Millimeters)

l = Initial Test Length Between the Clamp
(Millimeters)

ดัชนีการวัด การยึดตัวร้อยละ =

2. การต้านทานแรงดึง

เครื่องมือ เครื่องมือตรวจสอบการต้านทานแรงดึงของกระดาษ

$$\text{สูตรที่ใช้คำนวณ การต้านทานแรงดึง} = \frac{S}{B} \times 10^3$$

ตัวแปร S = Tensile Strength (Kilonewton Per Metres)

B = Basis Weight (Grams Per Square Metres)

ดัชนีการวัด การต้านทานแรงดึง =กิโลนิวตันต่อเมตร

3. การต้านทานแรงฉีกขาด

เครื่องมือ เครื่องมือตรวจสอบการต้านทานแรงฉีกขาดของกระดาษ

$$\text{สูตรที่ใช้คำนวณ การต้านทานแรงฉีกขาด} = \frac{F}{B} \times 100$$

ตัวแปร F = Tear Force (Millinewtons)

B = Basis Weight (Grams Per Square Metres)

ดัชนีการวัด การต้านทานแรงฉีกขาด = มิลลินิวตัน

4. ความหนาแน่นเสมือน

เครื่องมือ ไมโครมิเตอร์

เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดอ่านค่าได้เป็นหน่วยของกรัม

$$\text{สูตรคำนวณ ความหนาแน่นเสมือน} = \frac{g}{g_1}$$

ตัวแปร g = Grammage of the Paper

(Grams Per Square Metres)

g_1 = Thickness of the Paper (Micrometres)

ดัชนีการวัด ความหนาแน่นเสมือน = กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

5. ความขาวสว่าง

เครื่องมือ เครื่องมือตรวจสอบความขาวสว่างของกระดาษ

ดัชนีการวัด ความขาวสว่างร้อยละ =

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อของพืชชนิดเส้นใยสั้น ทั้ง 5 ด้าน ที่กล่าวมาจะใช้สถานที่ห้องปฏิบัติการเยื่อและกระดาษ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ เป็นสถานที่ทำการทดสอบโดยใช้ระยะเวลาในการทดสอบประมาณ 1 เดือน

6. ผลการคัดเลือกเยื่อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม

ในการผลิตกระดาษสาชนิดผสม

ผลการคัดเลือกเยื่อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิตกระดาษสาชนิดผสม ได้มาจากการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบผลการทดสอบคุณสมบัติในด้านต่าง ๆ ของเยื่อและกระดาษจากพืชชนิดเส้นใยสั้น โดยผู้เชี่ยวชาญสาขาเยื่อและกระดาษจำนวน 4 คน

ประกอบด้วย นักวิทยาศาสตร์สาขาเชื้อและกระดาศจำนวน 1 คน และนักวิชาการเชื้อและกระดาศจำนวน 3 คน จากห้องปฏิบัติการเชื้อและกระดาศ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ ข้อมูลที่ได้ จากห้องปฏิบัติการเชื้อและกระดาศ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ และจากการทดลองสังเคราะห์เชื้อที่แผนกวิชานี้ดินเผา วิทยาลัยครู เชียงราย นำมาบันทึกเพื่อการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบตามเกณฑ์ในตาราง 2 และ 3

ตาราง 2 รูปแบบของการตรวจสอบผลการเตรียมวัตถุดิบ และองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเตรียมเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม

องค์ประกอบต่าง ๆ	ค่าของเกณฑ์ที่ต้องการ	เชื้อชนิดเส้นใยสั้น			
		กกลูกนาน	ใบลำบะรด	ผักตบชวา	ฟางข้าว
1. ระยะเวลาการเตรียมวัตถุดิบให้แห้ง (2 กิโลกรัมต่อวัน)	ต่ำ				
2. ระยะเวลาในการต้ม (600 กรัมต่อชั่วโมง)	ต่ำ				
3. ปริมาณของเส้นเชื้อ (ร้อยละ)	สูง				
4. ราคาซื้อขายในท้องถิ่น (บาทต่อกิโลกรัม)	ต่ำ				

ตาราง 3 รูปแบบของการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อชนิด
เส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม

คุณสมบัติทางกายภาพ	ค่าของเกณฑ์ที่ต้องการ	กฏเกณฑ์	เยื่อชนิดเส้นใยสั้น		
			ใบล้นปรด	ผักตบชวา	ฟางข้าว
1. การยึดตัว (ร้อยละ)	สูง				
2. การต้านทานแรงดึง (กิโลนิวตันต่อเมตร)	สูง				
3. การต้านทานแรงฉีกขาด (มิลลินิวตัน)	สูง				
4. ความหนาแน่นเสมือน (กิโลกรัมลูกบาศก์เมตร)	สูง				
5. ความขาวสว่าง (ร้อยละ)	สูง				

ตอนที่ 2. การผลิตกระดาษสาชนิดผสม

1. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรจากการผลิตกระดาษสาชนิดผสมได้แก่ กระดาษสาชนิดผสมตาม
อัตราส่วนผสม จำนวนอัตราส่วนละ 30 แผ่น ดังนี้

A/20:80,	B/25:75,	C/30:70,	D/35:65,
E/40:60,	F/45:55,	G/50:50,	H/55:45,
I/60:40,	J/65:35,	K/70:30,	L/75:25,
M/80:20,	N/85:15,	O/90:10	และ P/95:05

กลุ่มตัวอย่างจากการผลิตกระดาษสาชนิดผสมได้แก่ กระดาษสาชนิดผสมตาม
อัตราส่วนผสม จำนวนอัตราส่วนละ 30 แผ่น ดังนี้

A/20:80,	B/25:75,	C/30:70,	D/35:65,
E/40:60,	F/45:55,	G/50:50,	H/55:45,
I/60:40,	J/65:35,	K/70:30,	L/75:25,
M/80:20,	N/85:15,	O/90:10	และ P/95:05

2. ตัวแปร

2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

กระดาษสาชนิดผสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อของพืชชนิดเส้นใยสั้น
16 อัตราส่วน ดังนี้

A/20:80,	B/25:75,	C/30:70,	D/35:65,
E/40:60,	F/45:55,	G/50:50,	H/55:45,
I/60:40,	J/65:35,	K/70:30,	L/75:25,
M/80:20,	N/85:15,	O/90:10	และ P/95:05

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อของพืช
ชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมประกอบด้วย การยึดตัว การต้านทานแรงดึง การต้านทานแรง
ฉีกขาด ความหนาแน่นเสมือน น้ำหนักมาตรฐาน ความขาวสว่าง และการดูดซึม

3. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ในการทดลอง

แบ่งออกเป็นหมวด ๆ ตามลักษณะของการผลิตกระดาษด้วยมือ ดังต่อไปนี้

- 3.1 การเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์ในการทำเยื่อกระดาษ
- 3.2 การเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์ในการฟอกขาวเยื่อกระดาษ
- 3.3 การเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์ในการทำแผ่นกระดาษ

3.1 การเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์ในการทำเยื่อกระดาษ

วัสดุ ที่ใช้ในการทำเยื่อกระดาษ

1. เปลือกสาแห้ง
2. พืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม และได้รับการคัดเลือกเพื่อทดลองใช้ผสมกับเยื่อสาในการผลิตกระดาษชนิดผสม
3. น้ำสะอาด
4. สารละลายต่าง โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์
5. แกลสทรงต้ม

อุปกรณ์ ที่ใช้ในการทำเยื่อกระดาษ

1. ถังต้มเยื่อ และแช่เยื่อใช้ถึงน้ำมันขนาด 200 ลิตรผ่าครึ่ง
2. เตาแกส
3. ตะแกรงมั่งลวดใช้กรองเยื่อกระดาษ
4. เครื่องชั่งสารเคมี ชนิดอ่านค่าได้เป็นกรัม
5. ไม้พายสำหรับพลิกเยื่อขณะต้ม
6. เครื่องตีเยื่อชนิดตีเยื่อสาได้ครั้งละ 5 กิโลกรัม สามารถปรับระยะของลูกบิดได้ 0 - 5 เซนติเมตร ใช้กับไฟฟ้า 220 โวลท์
7. ถังพลาสติกมีฝาปิดใช้เก็บเยื่อ
8. เครื่องชั่งเยื่อ ชนิดอ่านค่าได้เป็นกิโลกรัม
9. นาฬิกาจับเวลา ชนิดอ่านค่าได้เป็นวินาที
10. เครื่องมือควบคุมความชื้นเหลว ไฮโดรมิเตอร์
11. กระดาษทดสอบหาค่าความเป็นกรด - ด่าง

3.2 การเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์ในการฟอกขาวเยื่อกระดาษ วัสดุ ที่ใช้ในการฟอกขาวเยื่อกระดาษ

1. น้ำสะอาด
2. คลอรีนผงชนิดเข้มข้นร้อยละ 60
3. แกลสหุ้ม

อุปกรณ์ ที่ใช้ในการฟอกขาวเยื่อกระดาษ

1. หม้ออลูมิเนียมอย่างหนาใช้ฟอกเยื่อ ขนาดความจุประมาณ 5 ลิตร
2. เตาแกส
3. เครื่องมือวัดอุณหภูมิชนิดอ่านค่าได้เป็นองศาเซลเซียส
4. ถังผ้าที่ทำด้วยผ้าฝ้าย ใช้ล้างเยื่อ
5. ถังพลาสติกมีฝาปิด ใช้เก็บเยื่อ
6. เครื่องชั่งสารเคมี ชนิดอ่านค่าได้เป็นกรัม
7. กระบอกตวง ความจุ 500 มิลลิลิตร
8. กระดาษทดสอบหาค่าความเป็นกรด - ด่าง

3.3 การเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์ในการทำแผ่นกระดาษ วัสดุ ที่ใช้ในการทำแผ่นกระดาษ

1. น้ำสะอาด
2. กาวจากพืช

อุปกรณ์ ที่ใช้ในการทำแผ่นกระดาษ

1. เครื่องตีไข่ชนิดมือถือ
2. ตยแรงร่อนเยื่อ เส้นผ่าศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร
3. อ่างร่อนเยื่อ เส้นผ่าศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร ลึก 40 เซนติเมตร
4. กระบอกตวงที่ความจุ 100 มิลลิลิตร ใช้ในการตวงเยื่อ
5. เครื่องชั่ง ชนิดอ่านค่าได้เป็นกรัม
6. ตยแรงร่อนแป้ง
7. เครื่องมือควบคุมความชื้นเหลว ไฮโดรมิเตอร์

4. การคัดเลือกพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมจะนำมาผสมกับเชื้อสา
เพื่อผลิตกระดาษสาชนิดผสม

เกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ในการผลิตกระดาษสาชนิดผสม ได้แก่ คุณสมบัติต่าง ๆ ของเชื้อชนิดเส้นใยสั้น ประกอบด้วย

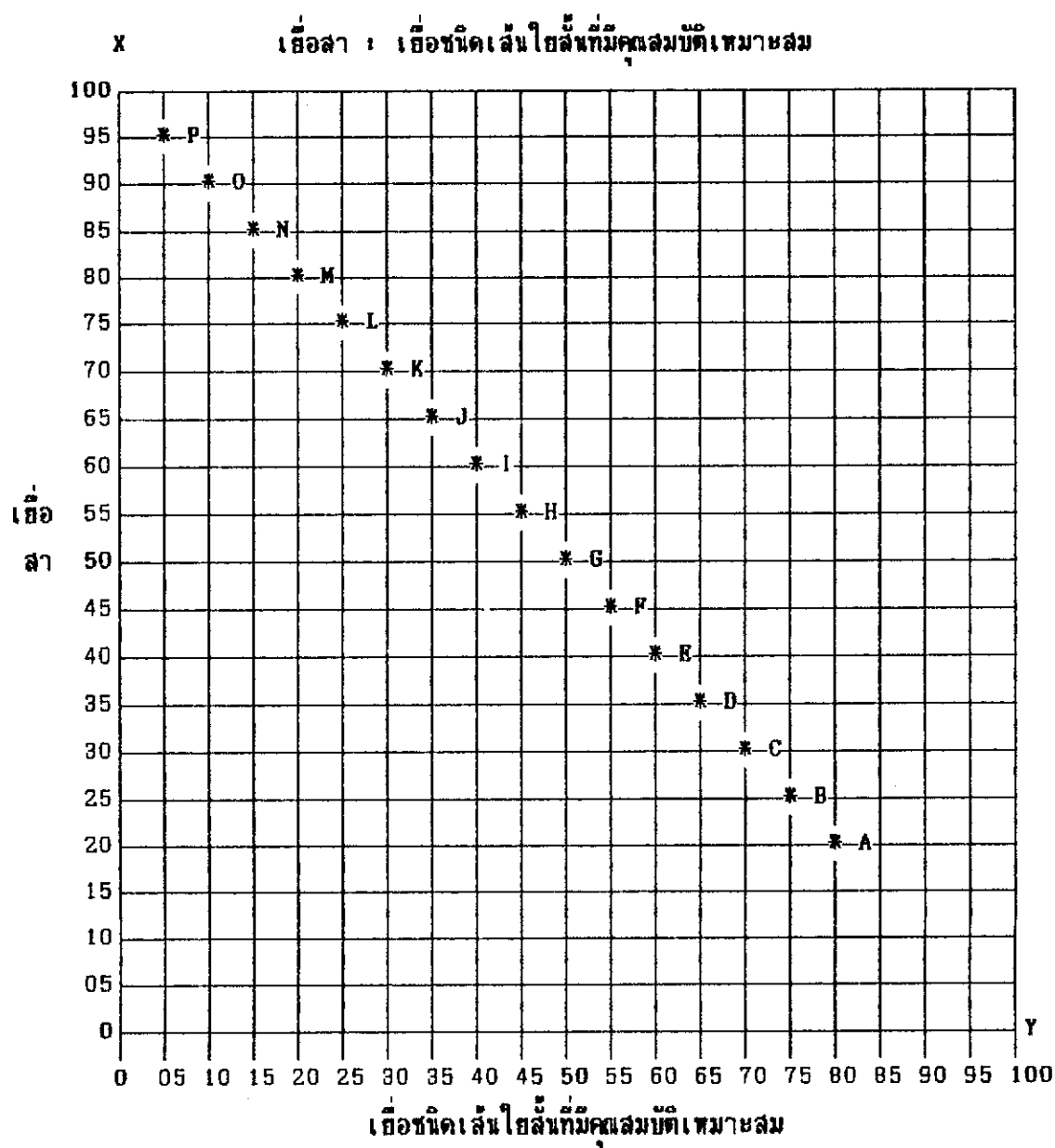
1. ระยะเวลาการเตรียมวัตถุดิบให้แห้ง และองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเตรียมเชื้อได้แก่ ระยะเวลาที่ใช้ในการต้มเชื้อ ปริมาณของเส้นใยที่ใช้ทำกระดาษ และราคาซื้อขายวัตถุดิบในท้องถิ่น

2. คุณสมบัติทางกายภาพของพืชชนิดเส้นใยสั้น ได้แก่ การยึดตัว การต้านทานแรงดึง การต้านทานแรงฉีกขาด ความหนาแน่นเสมือน และความขาวสว่าง

โดยนำเอาคุณสมบัติต่าง ๆ ของเชื้อชนิดเส้นใยสั้นมาทำการวิเคราะห์โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญในสาขาเชื้อและกระดาษได้แก่ นักวิทยาศาสตร์สาขาเชื้อและกระดาษจำนวน 1 คน และนักวิชาการสาขาเชื้อและกระดาษจำนวน 3 คน จากห้องปฏิบัติการเชื้อและกระดาษ กองการวิจัยกรมวิทยาศาสตร์บริการ ทำการวิเคราะห์ และคัดเลือกเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดมา 1 ชนิด เพื่อใช้ในการทดลองผสมกับเชื้อสาในการผลิตกระดาษสาชนิดผสมต่อไป

5. อัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม

อัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ในการผลิตกระดาษสาชนิดผสม นำเชื้อทั้งสองชนิดนั้นมาผสมกันตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ 16 อัตราส่วนผสม ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ 7 และตาราง 4



ภาพประกอบ 7 อัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม

จากภาพประกอบ 7 จะได้อัตราส่วนผลรวม 16 อัตราส่วนคือ อัตราส่วนที่ A ถึง P
ดังแสดงไว้ในตาราง 4 ดังนี้

ตาราง 4 อัตราส่วนผลระหว่างเชื้อสา กับเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม

No.	รหัส	Ratio	
		เชื้อสา	เชื้อชนิดเส้นใยสั้น
1.	A	20	80
2.	B	25	75
3.	C	30	70
4.	D	35	65
5.	E	40	60
6.	F	45	55
7.	G	50	50
8.	H	55	45
9.	I	60	40
10.	J	65	35
11.	K	70	30
12.	L	75	25
13.	M	80	20
14.	N	85	15
15.	O	90	10
16.	P	95	05

5. การผลิตกระดาษสาชนิดผสม

แบ่งกระบวนการทดลองเป็นลำดับขั้น ดังนี้

1. การเตรียมเยื่อกระดาษ
2. การผสมเยื่อสา กับเยื่อชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม
3. การนวดเยื่อเพื่อใช้ทำกระดาษ
4. การฟอกขาวเยื่อกระดาษ
5. การทำแผ่นกระดาษ

การเตรียมเยื่อกระดาษ

การผลิตกระดาษสาชนิดผสม ต้องเตรียมเยื่อทั้งสองชนิดคือ เยื่อสา กับเยื่อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่ได้รับการคัดเลือกให้นำมาใช้ผลิตกระดาษสาชนิดผสม เยื่อทั้งสองชนิดก็นำมาผสมกันตามอัตราส่วนที่กำหนด จะต้องผ่านขั้นตอนการเตรียมเยื่อ ดังนี้

1. นำวัตถุดิบที่ใช้ในการทำกระดาษสาชนิดผสมได้แก่ เปลือกสา และพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม มาหมักลงในน้ำสะอาดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้วัตถุดิบที่ได้สะอาดขึ้น และลดระยะเวลาในการต้มเยื่อ

2. เมื่อครบ 24 ชั่วโมง นำวัตถุดิบมาต้มในสารละลายต่างโดยใช้ความเข้มข้น 100 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร หรือใช้การควบคุมความเป็นกรด - ด่าง ให้อยู่ระหว่าง 12 - 14 ใช้ระยะเวลาต้ม 3 ชั่วโมงสำหรับเยื่อสา พืชชนิดเส้นใยสั้นใช้ระยะเวลาการต้มประมาณ 1 - 8 ชั่วโมง แล้วแต่นิคมของวัตถุดิบจนเปื่อยยุ่ย และแปรสภาพเป็นเยื่อกระดาษอย่างเหมาะสม

3. นำเยื่อที่ผ่านการต้มด้วยสารเคมีมาล้างให้สะอาด

4. เมื่อล้างเยื่อสะอาดดีแล้ว ใส่เยื่อลงในเครื่องตีเยื่อเติมน้ำลงไปประมาณ 45 - 60 ลิตร สำหรับเครื่องตีขนาด 5 กิโลกรัม โดยปรับสปีดให้มีระยะ 0.5 - 1.5 เซนติเมตร ใช้ระยะเวลาในการบดเยื่อ 30 นาที

5. ครบ 30 นาที นำเยื่อออกจากเครื่องตีเยื่อล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นนำไปเก็บไว้ในถังพลาสติกมีฝาปิด

การผสมเยื่อสา กับเยื่อชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม

1. นำเยื่อสา กับเยื่อเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม มาปรับความชื้นเหลวให้เท่ากันอยู่ระหว่าง 1.45 - 1.50 โดยใช้ เครื่องมือควบคุมความชื้นเหลว

2. เมื่อเยื่อกระดาษทั้งสองชนิดมีความชื้นเหลวเท่ากันตามกำหนดแล้ว นำมาตวงโดยใช้กระบอกลงตามอัตราส่วนผสมที่กำหนด

การนวดเอือเพื่อรักษา

1. นำเอือที่ผสม กับเอือชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ตามอัตราส่วนใส่ลงในเครื่องตีเอือ
2. ปรับลวดของเครื่องตีเอือให้มีระยะสูงสุด คือประมาณ 5 เซนติเมตร ในขั้นนี้จุดประสงค์ต้องการให้เอือทั้งสองชนิดประสานเข้าจนเป็นเนื้อเดียวกัน และให้เกิดความเหนียว ไม่ใช้บดให้เอือละเอียด จึงต้องปรับลวดให้มีระยะห่างสูงสุด ใช้เวลาการนวดเอือ 20 นาที
3. เมื่อครบ 20 นาที นำเอือออกมาจากเครื่องตีเอือ กรองเอือน้ำออกจากเอือด้วยผ้าใยบัว หรือผ้าขาวบางห่อเอือแล้วบีบน้ำออก
4. เก็บเอือที่ได้จากการนวดเอือลงในถังพลาสติกมีฝาปิด เติมน้ำสะอาดลงไปให้เอือได้ลอยแขวนตัวในน้ำ

การฟอกขาวเอือกระดาษ

1. นำเอือที่ได้จากการขบวนการนวดเอือ ใส่ลงในหม้อสุมนิยมที่ใช้ในการฟอกขาว ใช้ไฟอ่อน ๆ เพื่อต้มน้ำให้มีอุณหภูมิคงที่ประมาณ 70 องศาเซลเซียสตลอดเวลา เติมคลอรีนผง โดยใช้ความเข้มข้น 5 กรัมต่อน้ำสะอาด 5 ลิตร หรือใช้การควบคุมความเป็นกรด - ด่างให้อยู่ระหว่าง 7 - 8 ปิดฝาหม้อต้มขณะที่ฟอกขาว
2. ระยะเวลาฟอกขาว 30 นาที เมื่อครบ 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น 3 ชั่วโมง

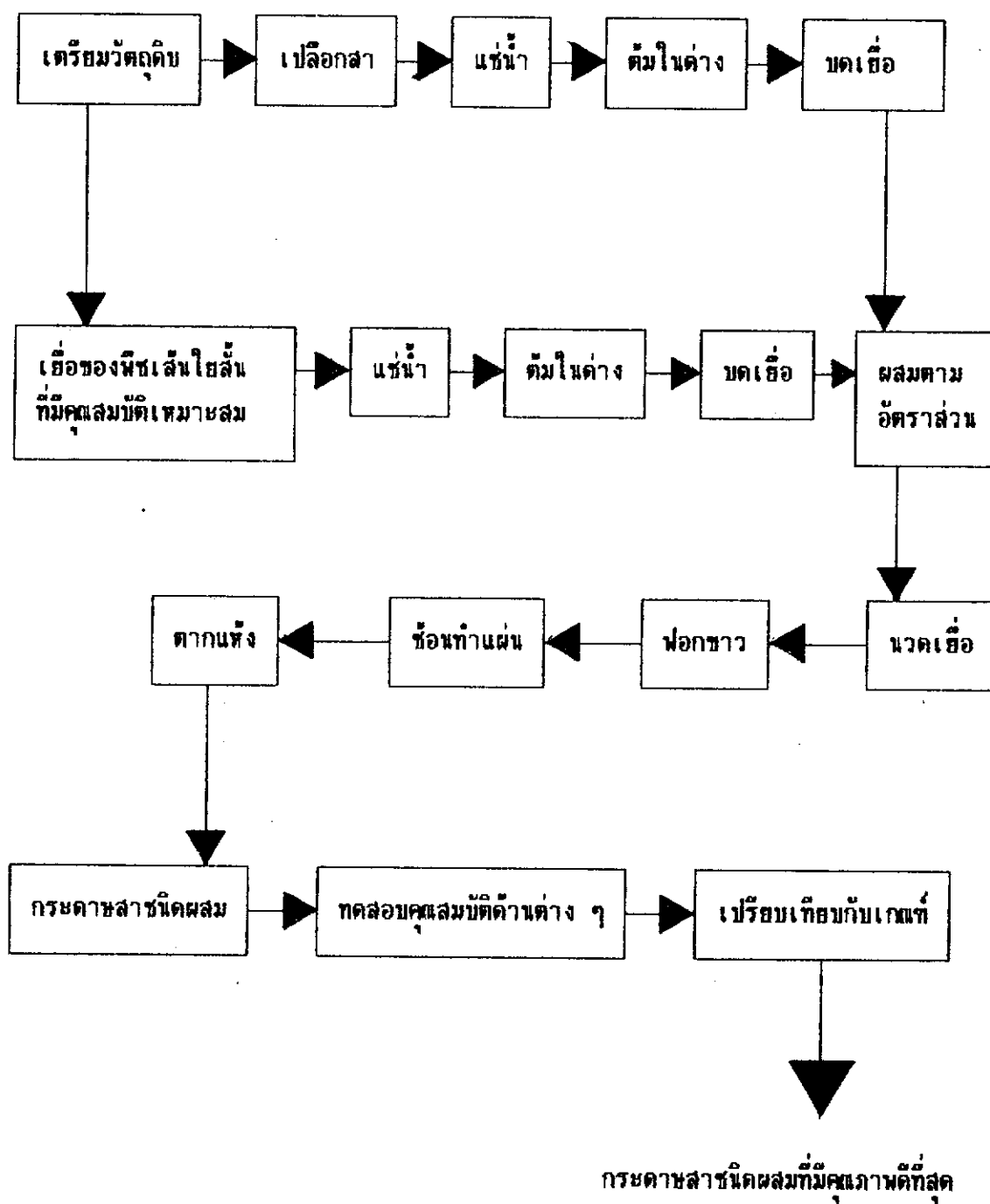
การทำแผ่นกระดาษ

1. เตรียมตะแกรงซ้อนเอือกระดาษ โดยนำไปล้างให้สะอาด
2. นำเอือที่ผ่านการฟอกขาวมาแล้ว ใส่ลงในอ่างซ้อนเอือ
3. ผสมกาวจากพืช 10 กรัมต่อน้ำสะอาด 500 มิลลิลิตร ใช้เครื่องตีไข่ตีจนเหนียว
4. เติมน้ำสะอาด และกาวจากพืชลงในอ่างซ้อนเอือ โดยใช้กาวจากพืช 1 ส่วนต่อน้ำสะอาด 40 ส่วน เติมน้ำลงในปริมาณที่เหมาะสมหมายถึงถ้าต้องการให้ได้กระดาษหนาให้ใส่เอือลงไปมาก ต้องการกระดาษบางให้ใส่เอือลงไปน้อย
5. ใช้มือจุ่มลงในอ่างซ้อนเอือ แล้วตีเพื่อให้กาวจากพืชทำปฏิกิริยากับเอือกระดาษตัวออกเป็นชั้น ๆ ลอยตัวแขวนอยู่ในน้ำอย่างสม่ำเสมอ
6. ใช้ตะแกรงที่เตรียมไว้ ทำการตักซ้อนเอือโดยซ้อนเอือเข้าหาตัว ยกตะแกรงให้สูงพ่นน้ำ พร้อมทั้งเขย่าเบา ๆ ให้เอือกระจายตัวอย่างทั่วถึงทั้งแผ่นโดยประมาณความหนาของกระดาษที่ตักซ้อนอยู่ระหว่าง 35 - 55 กรัมต่อตารางเมตร

7. นำตะแกรงซ้อนเชื้อไปตากแดดโดยวิธีวางผาดกับไม้ ให้ตะแกรงมีความลาดเอียงวันใดที่แสงแดดดี ๆ จะใช้เวลาประมาณ 30 - 45 นาที จนเชื้อกระดาษที่เกรอบบนตะแกรงแห้ง

8. เมื่อกระดาษแห้งดีแล้ว ใช้นิ้วมือกรีดไปรอบ ๆ ขอบตะแกรงจะทำให้กระดาษหลุดออกจากตะแกรงได้ง่ายขึ้นจากนั้นจึงค่อย ๆ ตีออกจนหมดทั้งแผ่น

ที่กล่าวมาข้างต้นเป็น 5 ขั้นตอนของการทดลองผลิตกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ขั้นตอนการผลิตกระดาษสาชนิดผสมแสดงไว้ในภาพประกอบ 8 ทุก ๆ ขั้นตอนการทำการทดลองจะใช้สถานที่แผนกวิชาปฐนินเผาภาควิชาอุตสาหกรรมศิลป์ วิทยาลัยครูเชียงรายเป็นสถานที่ทำการผลิต ใช้ระยะเวลาประมาณ 2 เดือน



ภาพประกอบ 8 ขั้นตอนการผลิต ทดสอบ และเปรียบเทียบกระดาสาชนิดผสม

7. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสม

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษ ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมมีอยู่หลาย การทดสอบ ในงานวิจัยครั้งนี้จะทำการทดสอบเพียง 7 ด้าน ที่สำคัญสำหรับปัจจัยถึงประสิทธิภาพ และคุณลักษณะที่ดีของกระดาษสาชนิดผสม เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสา ที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ เหล่านี้จะส่งไปทดสอบยัง ห้องปฏิบัติการเยื่อและกระดาษ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ ตัวอย่างที่จัดส่งไปทดสอบ 16 อัตราส่วนรวมเป็นกระดาษ 480 แผ่น การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษทั้ง 7 ด้านมีดังต่อไปนี้

1. การยืดตัว
2. การต้านทานแรงดึง
3. การต้านทานแรงฉีกขาด
4. ความหนาแน่นเสมือน
5. น้ำหนักมาตรฐาน
6. ความขาวสว่าง
7. การดูดซึม

1. การยืดตัว

เครื่องมือ เครื่องมือตรวจสอบการยืดตัวของกระดาษ

$$\text{สูตรที่ใช้คำนวณ การยืดตัว} = \frac{L - l}{l} \times 100$$

ตัวแปร L = Final Test Length Between the Clamp
(Millimeters)

l = Initial Test Length Between the Clamp
(Millimeters)

ดัชนีการวัด การยืดตัวร้อยละ =

2. การต้านทานแรงดึง

เครื่องมือ เครื่องมือตรวจสอบการต้านทานแรงดึงของกระดาษ

$$\text{สูตรที่ใช้คำนวณ การต้านทานแรงดึง} = \frac{S}{B} \times 10^3$$

ตัวแปร S = Tensile Strength (Kilonewton Per Metres)
 B = Basis Weight (Grams Per Square Metres)
 ดัชนีการวัด การต้านทานแรงดึง =กิโลนิวตันต่อเมตร

3. การต้านทานแรงฉีกขาด

เครื่องมือ เครื่องมือตรวจสอบการต้านทานแรงฉีกขาดของกระดาษ

สูตรที่ใช้คำนวณ การต้านทานแรงฉีกขาด = $\frac{F}{B} \times 100$

ตัวแปร F = Tear Force (Millinewtons)
 B = Basis Weight (Grams Per Square Metres)
 ดัชนีการวัด การต้านทานแรงฉีกขาด =มิลลินิวตัน

4. ความหนาแน่นเสมือน

เครื่องมือ ไมโครมิเตอร์
 เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดอ่านค่าได้เป็นหน่วยของกรัม

สูตรคำนวณ ความหนาแน่นเสมือน = $\frac{g}{g_t}$

ตัวแปร g = Grammage of the Paper (Grams Per Square Metres)
 g_t = Thickness of the Paper (Micrometres)

ดัชนีการวัด ความหนาแน่นเสมือน =กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

5. น้ำหนักมาตรฐาน

เครื่องมือ เครื่องมือตรวจสอบน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษ

สูตรที่ใช้คำนวณ น้ำหนักมาตรฐาน = $\frac{M}{A} \times 10000$

ตัวแปร M = Mass of The Test Piece (Grams)
 A = Area of The Test Piece (Square Centimetres)

ดัชนีการวัด น้ำหนักมาตรฐาน =กรัมต่อตารางเมตร
 (การทดสอบครั้งนี้กำหนดให้ค่าน้ำหนักมาตรฐานจะต้องอยู่ระหว่าง
 35 - 55 กรัมต่อตารางเมตร)

6. ความขาวสว่าง

เครื่องมือ เครื่องมือตรวจสอบความขาวสว่างของกระดาษ
 ดัชนีการวัด ความขาวสว่างร้อยละ =

7. การดูดซึมน้ำ

- เครื่องมือ 1. บuret ขนาด 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีขีดแบ่งละเอียดไม่น้อยกว่า 0.01 ลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถปรับหยดน้ำให้มีขนาด 0.05 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. นาฬิกาจับเวลาสามารถอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.1 วินาที
- ดัชนีการวัด การดูดซึม =วินาที

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมรวม 7 ด้านดังกล่าว จะใช้สถานที่ ห้องปฏิบัติการเยื่อและกระดาษ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นสถานที่ ทดสอบ ใช้ระยะเวลาการทดสอบประมาณ 2 เดือน เมื่อได้ผลการทดสอบแล้วนำมาบันทึก เพื่อการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบในตาราง 5 และตาราง 6

ตาราง 5 รูปแบบของการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมระหว่าง
เยื่อสา กับเยื่อจากฟางข้าวในด้าน การยืดตัว การต้านทานแรงดึง การต้านทานแรงฉีกขาด
และความหนาแน่นเสมือน

Ratio.	การยืดตัว	การต้านทาน แรงดึง	การต้านทาน แรงฉีกขาด	ความหนา แน่นเสมือน
หน่วยการวัด	(ร้อยละ)	(กิโลนิวตันต่อเมตร)	(มิลลินิวตัน)	(กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
เกณฑ์ที่ต้องการ	สูง	สูง	สูง	สูง
A/20:80				
B/25:75				
C/30:70				
D/35:65				
E/40:60				
F/45:55				
G/50:50				
H/55:45				
I/60:40				
J/65:35				
K/70:30				
L/75:25				
M/80:20				
N/85:15				
O/90:10				
P/95:05				

ตาราง 6 รูปแบบของการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมระหว่าง
เชื้อสา กับเชื้อจากฟางข้าวในด้าน น้ำหนักมาตรฐาน ความขาวสว่าง และการดูดซึม

Ratio. หน่วยการวัด	น้ำหนักมาตรฐาน (กรัมต่อตารางเมตร)	ความขาวสว่าง (ร้อยละ)	การดูดซึม (วินาที)
เกณฑ์ต้องการ	35 - 55	สูง	สูง
A/20:80			
B/25:75			
C/30:70			
D/35:65			
E/40:60			
F/45:55			
G/50:50			
H/55:45			
I/60:40			
J/65:35			
K/70:30			
L/75:25			
M/80:20			
N/85:15			
O/90:10			
P/95:05			

8. เกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือทางภาคเหนือ
การสร้างเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการ
เปรียบเทียบกับกระดาษสาชนิดผสม มีขั้นตอนดังนี้
1. ประชากร กลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาด้วยมือ ในจังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่
จังหวัดลำปาง และจังหวัดน่าน รวม 4 จังหวัด ดังแสดงไว้ในตาราง 7

ตาราง 7 แหล่งผลิตกระดาษสาแยกตามจังหวัด หมู่บ้าน และจำนวนผู้ผลิต

จังหวัด	แหล่งผลิต	จำนวนผู้ผลิต (หลังคาเรือน)
เชียงราย	กลุ่มผลิตกระดาษสาบ้านสันตาลเหลือง ตำบลริมกก อำเภอเมือง	4
	กลุ่มผลิตกระดาษสาบ้านห้วยจัม ตำบลห้วยจัม อำเภอพาน	4
	กลุ่มผลิตกระดาษสาบ้านดอยจำปี ตำบลดอยจำปี อำเภอเชียงแสน	6
	กลุ่มผลิตกระดาษสาบ้านโป่งเทวี ตำบลบ้านโป่ง อำเภอเวียงป่าเป้า	1
เชียงใหม่	กลุ่มผลิตกระดาษสาบ้านสันตันเป่า ตำบลตันเป่า อำเภอสันกำแพง	2
	กลุ่มผลิตกระดาษสาบ้านสันป่าคำ ตำบลตันเป่า อำเภอสันกำแพง	3
	กลุ่มผลิตกระดาษสาบ้านใหม่หมอกจ๋าม ตำบลท่าตอน อำเภอแม่อาว	8
ลำปาง	กลุ่มผลิตกระดาษสาบ้านท่าล้อ ตำบลบ่อแฮ้ว อำเภอเมือง	50
พะเยา	กลุ่มผลิตกระดาษสาบ้านแม่อิง ตำบลดงเจน อำเภอเมือง	1

2. กลุ่มตัวอย่าง ใช้การสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) จากผู้ผลิตกระดาษสาด้วยมือ ในจังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำปาง และจังหวัดพะเยารวม 4 จังหวัด จำนวน 1 ตัวอย่าง 30 แผ่น ดังแสดงไว้ในตาราง 8

ตาราง 8 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเพื่อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ

จังหวัด	แหล่งผลิต	กลุ่มตัวอย่าง ครั้งแรก (แผ่น)	รวม (แผ่น)	กลุ่มตัวอย่าง ครั้งที่สอง (แผ่น)
เชียงราย	กลุ่มผลิตกระดาษสาบ้าน สันतालเหลือง	8		
	กลุ่มผลิตกระดาษสาบ้าน ห้วยงึม	8	30	
	กลุ่มผลิตกระดาษสาบ้านคอย จำปี	12		
	กลุ่มผลิตกระดาษสาบ้านโป่งเทวี	2		
				30
เชียงใหม่	กลุ่มผลิตกระดาษสาบ้านสัน ตันเป่า	5		
	กลุ่มผลิตกระดาษสาบ้านสันป่าคำ	7	30	
	กลุ่มผลิตกระดาษสาบ้านใหม่	18		
	หมอกจำ่ม			
ลำปาง	กลุ่มผลิตกระดาษสาบ้านท่าล้อ	30	30	
พะเยา	กลุ่มผลิตกระดาษสาบ้านแม่อิง	30	30	
รวมทั้งหมด		120	120	30

๑. นำกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดส่งไปทดสอบที่ ห้องปฏิบัติการเยื่อและกระดาษ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ เพื่อทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพในด้านต่าง ๆ รวม 7 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. การยืดตัว
2. การต้านทานแรงดึง
3. การต้านทานแรงฉีกขาด
4. ความหนาแน่นเสมือน
5. น้ำหนักมาตรฐาน
6. ความขาวสว่าง
7. การดูดซึม

นำเอาผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพทั้งหมดบันทึก ลงในตาราง 9

ตาราง 9 รูปแบบของการตรวจสอบเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ

ลำดับ	คุณสมบัติทางกายภาพ	ผลการทดสอบ	หน่วยของการวัด
1.	การยืดตัว		ร้อยละ
2.	การต้านทานแรงดึง		กิโลนิวตันต่อเมตร
3.	การต้านทานแรงฉีกขาด		มิลลินิวตัน
4.	ความหนาแน่นเสมือน		กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
5.	น้ำหนักมาตรฐาน		กรัมต่อตารางเมตร
6.	ความขาวสว่าง		ร้อยละ
7.	การดูดซึม		วินาที

9. ผลการผลิตกระดาษสาชนิดผสม

นำผลการผลิตกระดาษสาชนิดผสมมาวิเคราะห์ และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน กระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ โดยผู้เชี่ยวชาญสาขาเยื่อและกระดาษจำนวน 4 คน ซึ่งประกอบด้วย นักวิทยาศาสตร์สาขาเยื่อและกระดาษจำนวน 1 คน และนักวิชาการเยื่อและกระดาษจำนวน 3 คน จากห้องปฏิบัติการเยื่อและกระดาษ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ เกณฑ์การวิเคราะห์ และเปรียบเทียบเพื่อการตัดสินประกอบด้วย

1. คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสม ได้แก่ การยืดตัว การต้านทานแรงดึง การต้านทานแรงฉีกขาด ความหนาแน่นเสมือน น้ำหนักมาตรฐาน ความขาวสว่าง และการดูดซึม
2. คุณลักษณะที่คล้ายคลึงกับกระดาษสามากที่สุด ซึ่งเป็นสิ่งที่ตลาดต้องการ และยอมรับ

3. ความคุ้มค่ากับการลงทุนในแง่เศรษฐกิจ ของการผลิตกระดาษสาชนิดผสม เกณฑ์การตัดสินทั้งสามข้อจะถือเป็นประเด็นสำคัญที่สุดในการตัดสินว่ากระดาษสาชนิดผสม อัตราส่วนใดเหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตเป็นกระดาษสาชนิดผสม ส่วนผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพที่ห้องปฏิบัติการเยื่อและกระดาษ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ ผู้วิจัยได้นำเสนอโดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ ในลักษณะแผนภูมิแท่งเขียนตามมาตรฐาน (Bar Charts) ดังตัวอย่างแสดงไว้ในตาราง 10 เป็นตัวอย่างของตารางประมาณค่า ที่แสดงผลการทดสอบ และเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านความขาวสว่าง และในตาราง 11 เป็นตารางสรุปผลคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสม โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ

ตาราง 10 รูปแบบของการเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านความขาวสว่าง

ตัวอย่างที่ ใช้ทดสอบ	ความขาวสว่าง (ร้อยละ)											
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
เกณฑ์		▼		▼		▼		▼		▼		▼
A/20:80												
B/25:75												
C/30:70												
D/35:65												
E/40:60												
F/45:55												
G/50:50												
H/55:45												
I/60:40												
J/65:35												
K/70:30												
L/75:25												
M/80:20												
N/85:15												
O/90:10												
P/95:05												



เกณฑ์มาตรฐานกระดาษ
ที่ผลิตด้วยมือ



กระดาษสีพิเศษ

ตาราง 11 รูปแบบการสรุปผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมกับ
เกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ

คุณสมบัติ	อัตราส่วนผสม															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
ทางกายภาพ																
การยึดตัว																
การต้านทานแรงดึง																
การต้านทานแรงฉีกขาด																
ความหนาแน่นเสมือน																
น้ำหนักมาตรฐาน																
ความขาวสว่าง																
การดูดซึม																

สัญลักษณ์ที่แสดงไว้ในตาราง 11 มีความหมาย ดังนี้

สัญลักษณ์ √ หมายถึง สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ

สัญลักษณ์ # หมายถึง เทียบเท่าหรืออยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ

สัญลักษณ์ - หมายถึง ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ

(น้ำหนักมาตรฐานใช้ค่า 35 - 55 กรัมต่อตารางเมตร เป็นเกณฑ์มาตรฐาน)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลของการวิเคราะห์การผลิตรอบตาข่ายชนิดผสม นำเสนอเป็นสองขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์เยื่อและกระดาษจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม
ในการผลิตรอบตาข่ายชนิดผสม

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์การผลิตรอบตาข่ายชนิดผสม

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์เยื่อและกระดาษจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม
ในการผลิตรอบตาข่ายชนิดผสม

การสังเคราะห์เยื่อกระดาษจากพืชชนิดเส้นใยสั้น 4 ชนิดได้แก่ กยอนนาน ใบลัมปรด
ผักตบชวา และฟางข้าว เพื่อคัดเลือกพืชที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่สุดของเยื่อชนิดเส้นใยสั้น
มีผลการวิเคราะห์ ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์การเตรียมวัตถุดิบ และองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเตรียม
เยื่อจากจากพืชชนิดเส้นใยสั้น
2. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตจากพืชชนิดเส้นใยสั้น
ที่มีคุณสมบัติเหมาะสม
3. ตัวอย่างของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อของพืชชนิดเส้นใยสั้น

1. ผลการวิเคราะห์การเตรียมวัตถุดิบ และองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเตรียมเยื่อ
จากพืชชนิดเส้นใยสั้น

การวิเคราะห์การเตรียมวัตถุดิบ และองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเตรียมเยื่อ
จากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม มีผลการวิเคราะห์สามารถแสดงรายละเอียดได้ตาม
ตาราง 12

ตาราง 12 การเตรียมวัตถุดิบ และองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเตรียมเชื้อ จากพืชชนิด
เส้นใยสั้นเพื่อหาคุณสมบัติที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษสาชนิดผสม

องค์ประกอบต่าง ๆ	ค่าของ เกณฑ์ ต้องการ	เงื่อนไขเส้นใยสั้น			
		กกลู่นาน	ใบสับปรด	ผักตบชวา	ฟางข้าว
1. ระยะเวลาการ เตรียมวัตถุดิบให้แห้ง (2 กิโลกรัมต่อวัน)	ต่ำ	10-15	70-90	8-10	-
2. ระยะเวลาในการต้ม (500 กรัมต่อชั่วโมง)	ต่ำ	4.20	5.50	2.30	3.45
3. ปริมาณของเส้นเยื่อ (ร้อยละ)	สูง	75.0	22.0	36.0	63.0
4. ราคาซื้อขายในท้องถิ่น (บาทต่อกิโลกรัม)	ต่ำ	6.0	-	50.0	0.50

จากตาราง 12 ฟางข้าวใช้ระยะเวลาการเตรียมวัตถุดิบน้อยที่สุดคือ ไม่ต้องใช้เวลา
ในการเตรียมวัตถุดิบเพราะฟางข้าวมีสภาพที่แห้งอยู่แล้ว ใบสับปรดใช้ระยะเวลาในการเตรียม
วัตถุดิบให้แห้งนานที่สุด 2 - 3 เดือน

ผักตบชวาใช้ระยะเวลาการต้มต่ำที่สุด 2.30 ชั่วโมง ใบสับปรดใช้ระยะเวลาการต้ม
สูงที่สุด 5.50 ชั่วโมง

ใบสับปรดให้ปริมาณของเส้นเยื่อต่ำที่สุดร้อยละ 22.0 กกลู่นานให้ปริมาณของเส้นเยื่อ
สูงที่สุดร้อยละ 75.0

ใบสับปรดมีราคาซื้อขายในท้องถิ่นต่ำสุดคือ ไม่มีราคาซื้อขาย ผักตบชวามีราคาซื้อขาย
ในท้องถิ่นสูงสุด 50 บาทต่อกิโลกรัม

จากผลการวิเคราะห์ด้านการเตรียมวัตถุดิบพบว่า กกขุนนาน ใบสับปรด และผักตบชวา พืชทั้งสามชนิดล้วนแต่มีความยุ่งยากในการเตรียมวัตถุดิบ และใช้ระยะเวลาในการเตรียมวัตถุดิบให้แห้งโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ใบสับปรด จะต้องใช้ระยะเวลาในการเตรียมวัตถุดิบให้แห้งนานที่สุด ส่วนฟางข้าวเป็นพืชเพียงชนิดเดียวที่แทบจะไม่ต้องมีความยุ่งยาก และไม่ใช้ระยะเวลาสำหรับการเตรียมวัตถุดิบให้แห้ง เนื่องจากฟางข้าวมีลักษณะที่แห้งอย่างเหมาะสมอยู่แล้วภายหลังการเก็บเกี่ยว ผู้ผลิตกระดาษสามารถนำเอาฟางข้าวมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นเยื่อกระดาษได้ทันที จากผลการวิเคราะห์ด้านองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเตรียมเยื่อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นพบว่า ใบสับปรด และผักตบชวา ให้ปริมาณของเส้นเยื่อที่ใช้ทำกระดาษที่ต่ำมากไม่คุ้มค่ากับการลงทุนโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ใบสับปรดนอกจากให้ปริมาณของเส้นเยื่อที่ใช้ทำกระดาษที่ต่ำมากแล้วยังใช้ระยะเวลาการต้มเยื่อนานกว่าพืชชนิดอื่น ๆ ทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงการต้ม ส่วนผักตบชวามีราคาซื้อขายที่สูงมากเกินไปกว่าจะให้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษเพราะฉะนั้น ใบสับปรด และผักตบชวา จึงมีองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเตรียมเยื่อที่ไม่เหมาะสม

กกขุนนาน และฟางข้าว พืชสองชนิดนี้ให้ปริมาณของเส้นเยื่อใช้ทำกระดาษมากเพียงพอเหมาะสมในการผลิตกระดาษ ราคาซื้อขาย และระยะเวลาในการต้ม ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับการลงทุน ผู้วิจัยจึงได้นำเอากกขุนนาน และฟางข้าวมาพิจารณาเปรียบเทียบว่าพืชชนิดใดจะมีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการทดลองผลผลิตกับเยื่อสา ผลการเปรียบเทียบพบว่า ฟางข้าวมีความเหมาะสมมากกว่ากกขุนนาน เพราะฟางข้าวใช้ระยะเวลาในการต้มที่ต่ำกว่า มีราคาซื้อถูกกว่า และหาได้ง่ายกว่ากกขุนนาน ถึงแม้ว่าฟางข้าวจะให้ปริมาณของเส้นเยื่อต่ำกว่ากกขุนนานเล็กน้อย แต่ยังอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมในการผลิตกระดาษ ที่สำคัญก็คือ กกขุนนานมีการเพาะปลูกเฉพาะที่ ตำบลห้วยไคร้ อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย หากมีการส่งเสริมให้ใช้กกขุนนานในการผสมกับเยื่อสาแล้วจะทำให้เกิดปัญหากับกลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาในจังหวัดอื่น ๆ เพราะจะไม่สามารถหากกกขุนนานมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผสมกับเยื่อสาได้ ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของพืชชนิดเส้นใยสั้นในด้านการเตรียมวัตถุดิบ และด้านองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเตรียมเยื่อสำหรับใช้ทดลองผลิตกระดาษสาชนิดผสมแสดงว่า ฟางข้าวเป็นพืชชนิดเส้นใยสั้นที่ให้เยื่อกระดาษที่มีความเหมาะสมที่สุด

2. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตจากพืชชนิดเส้นใยสั้น
ที่มีคุณสมบัติเหมาะสม

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตจากพืชชนิดเส้นใยสั้น
ที่มีคุณสมบัติเหมาะสม 4 ชนิดได้แก่ กกขนาน ใบสับปะรด ผักตบชวา และฟางข้าว
มีผลการวิเคราะห์สามารถแสดงรายละเอียดได้ตามตาราง 13

ตาราง 13 คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม

คุณสมบัติ ทางกายภาพ	ค่าของ เกณฑ์ที่ ต้องการ	พืชชนิดเส้นใยสั้น			
		กกขนาน	ใบสับปะรด	ผักตบชวา	ฟางข้าว
1. การยืดตัว (ร้อยละ)	สูง	1.1	0.7	1.5	1.1
2. การต้านทาน แรงดึง (กิโลนิวตันต่อเมตร)	สูง	1.0	0.4	1.1	0.9
3. การต้านทาน แรงฉีกขาด (มิลลินิวตัน)	สูง	125.0	78.0	70.0	219.0
4. ความหนาแน่น เสมือน (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	สูง	284.0	278.0	408.0	219.0
5. ความขาวสว่าง (ร้อยละ)	สูง	67.4	70.5	52.9	74.7

จากตาราง 13 ไบสลับประตมีการยืดตัวต่ำที่สุดร้อยละ 0.7 ผักตบชวามีการยืดตัวสูงที่สุดร้อยละ 1.5

ไบสลับประตมีการต้านทานแรงดึงต่ำที่สุด 0.4 กิโลนิวตันต่อเมตร ผักตบชวามีการต้านทานแรงดึงสูงที่สุด 1.1 กิโลนิวตันต่อเมตร

ไบสลับประตมีการต้านทานแรงฉีกขาดต่ำที่สุด 73.0 มิลลินิวตัน ฟางข้าวมีการต้านทานแรงฉีกขาดสูงที่สุด 219.0 มิลลินิวตัน

ฟางข้าวมีความหนาแน่นเสมือนต่ำที่สุด 219.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผักตบชวามีความหนาแน่นเสมือนสูงที่สุด 403.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ผักตบชวามีความขาวสว่างต่ำที่สุดร้อยละ 52.9 ฟางข้าวมีความขาวสว่างสูงที่สุดร้อยละ 74.7

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมทั้งห้าคุณสมบัติพบว่า พืชชนิดเส้นใยสั้นทั้ง 4 ชนิดมีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกัน สามารถนำมาใช้ในการผสมกับเยื่อสาได้ การที่จะพิจารณาตัดสินเพื่อคัดเลือกว่าพืชชนิดใดจะมีความเหมาะสมที่สุดจึงต้องใช้องค์ประกอบที่สำคัญของการเตรียมเยื่อได้แก่ ปริมาณของเส้นเยื่อที่ใช้ทำกระดาษ มาเป็นเกณฑ์เพื่อประกอบการพิจารณา จากผลการทดลองพบว่า ไบสลับประต และผักตบชวามีปริมาณของเส้นเยื่อกระดาษอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมากไม่คุ้มค่าการลงทุนในแง่เศรษฐกิจ

กกขนาน และฟางข้าว ให้ปริมาณของเส้นเยื่ออยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมคุ้มค่าการลงทุนในแง่เศรษฐกิจ ผู้วิจัยจึงได้นำเอาเฉพาะกกขนาน กับฟางข้าว มาทำการพิจารณาเปรียบเทียบว่าพืชชนิดใดจะมีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการนำไปทดลองผสมกับเยื่อสา ผลการเปรียบเทียบพบว่า กกขนานมีคุณสมบัติทางกายภาพที่สูงกว่าฟางข้าวเพียงด้านเดียวคือ ความหนาแน่นเสมือน ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากของเยื่อกระดาษ แต่คุณสมบัติในด้านนี้สามารถพัฒนาให้สูงขึ้นได้ โดยการเพิ่มความเร็วยรอบของเครื่องบดเยื่อ หรือโดยการเพิ่มระยะเวลาการบดเยื่อให้นานขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองเพิ่มระยะเวลาการบดเยื่อของฟางข้าวจากเดิมที่ใช้ 30 นาที เพิ่มขึ้นเป็น 50 นาที แต่ยังคงใช้ความเร็วรอบของการบดเท่าเดิม เอาเยื่อที่ได้ไปผลิตเป็นแผ่นกระดาษ จากนั้นจึงนำไปทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพในด้าน ความหนาแน่นเสมือน พบว่าค่าความหนาแน่นเสมือนที่ได้เพิ่มขึ้นเป็น 292.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าเยื่อทุก ๆ ชนิดที่นำมาทดสอบ ยกเว้นผักตบชวา เยื่อจากฟางข้าวที่ได้รับการเพิ่มระยะเวลาของการบดแล้ว จึงมีคุณสมบัติทางกายภาพที่สูงขึ้นมีความเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับใช้ในการทดลองผสมกับเยื่อสา ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษจากพืชชนิดเส้นใยสั้นแสดงว่า ฟางข้าวเป็นพืชชนิดเส้นใยสั้นที่ให้เยื่อกระดาษที่มีความเหมาะสมที่สุด

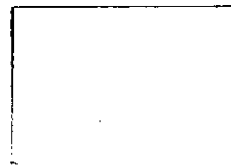
จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของพืชชนิดเส้นใยสั้นในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบ องค์ประกอบต่าง ๆ ของการเตรียมเยื่อ และคุณสมบัติทางกายภาพ ได้ผลการวิเคราะห์ที่สอดคล้องกันว่าพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดได้แก่ ฟางข้าว ผู้วิจัยจึงได้นำเอาฟางข้าวมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผสมกับเยื่อสา เพื่อการทดลองผลิตกระดาษสาชนิดผสมต่อไป

3. ตัวอย่างของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อของพืชชนิดเส้นใยสั้น

ตัวอย่างของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อของพืชชนิดเส้นใยสั้น 4 ชนิดได้แก่ กกขุนนาน ใบสับปะรด ผักตบชวา และฟางข้าว สามารถแสดงได้ในภาพประกอบ 9



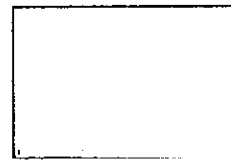
กระดาษที่ผลิตจากเยื่อของกกขุนนาน



กระดาษที่ผลิตจากเยื่อของใบสับปะรด



กระดาษที่ผลิตจากเยื่อของผักตบชวา



กระดาษที่ผลิตจากเยื่อของฟางข้าว

ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างกระดาษที่ผลิตจากพืชชนิดเส้นใยสั้นชนิดต่าง ๆ

จากภาพประกอบ 9 กระดาษที่ผลิตจากเยื่อของกกยunnan เนื้อกระดาษแน่น ลักษณะผิวไม่เรียบมีเส้นใยที่สัมผัสไม่สากเป็นสีน้ำตาลอ่อน ๆ กระจายตัวอยู่โดยทั่วทั้งแผ่น สีขาวอมน้ำตาล เหนียว นุ่มไม่แข็งกระด้าง และสามารถใช้ปากกาเคมีชนิดน้ำ (Magic Water Colour) ขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยไม่ซึมเปื้อน

กระดาษที่ผลิตจากเยื่อของใบสับปะรด เนื้อกระดาษแน่น ลักษณะผิวไม่เรียบมีเส้นใยเป็นสีขาวกระจายตัวอยู่ มีสีขาวกว่ากระดาษที่ทำจากเยื่อของกกยunnan เปื่อยยุ่ยไม่เหนียว นุ่มไม่แข็งกระด้าง และสามารถใช้ปากกาเคมีชนิดน้ำ ขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยไม่ซึมเปื้อน

กระดาษที่ผลิตจากเยื่อของผักตบชวา เนื้อกระดาษแน่นมาก ลักษณะผิวเรียบเป็นมัน มองเห็นเส้นใยที่สัมผัสไม่สากเป็นสีน้ำตาลกระจายตัวอยู่เล็กน้อย สีขาวอมเหลือง เหนียวมาก กรอบไม่นุ่ม และสามารถใช้ปากกาเคมีชนิดน้ำ ขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยไม่ซึมเปื้อน

กระดาษที่ผลิตจากเยื่อของฟางข้าว เนื้อกระดาษแน่น ลักษณะผิวไม่เรียบมีเส้นใยที่สัมผัสไม่สากเป็นสีขาวกระจายตัวอยู่โดยทั่วไปทั้งแผ่น มีสีขาวมากกว่ากระดาษที่ทำจากเยื่อของกกยunnan ใบสับปะรด และผักตบชวา เหนียว นุ่มไม่แข็งกระด้าง และสามารถใช้ปากกาเคมีชนิดน้ำ ขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยไม่ซึมเปื้อน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์การผลิตกระดาษสาชนิดผสม

การทดลองผลิตกระดาษสาชนิดผสม มีผลการวิเคราะห์สามารถแสดงได้ตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ เพื่อสร้างเป็นเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ
2. การแสดงตัวอย่างกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ
3. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อจากฟางข้าว
4. ตัวอย่างของกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อจากฟางข้าว
5. การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพระหว่างกระดาษสาชนิดผสม กับเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ

1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ เพื่อสร้างเป็นเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ

จากการเก็บตัวอย่างกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในเขต 4 จังหวัดภาคเหนือได้แก่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำปาง และจังหวัดพะเยา รวม 9 อำเภอ 79 หลังคาเรือน เพื่อสร้างเป็นเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ มีผลการวิเคราะห์สามารถแสดงรายละเอียดได้ตามตาราง 14

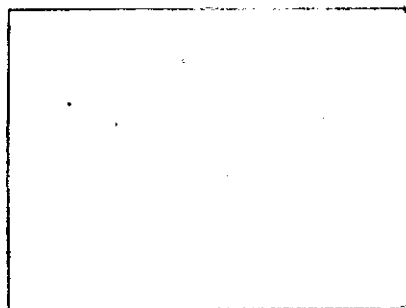
ตาราง 14 เกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ

ลำดับ	คุณสมบัติทางกายภาพ	ผลการทดสอบ	หน่วยของการวัด
1.	การยืดตัว	1.0	ร้อยละ
2.	การต้านทานแรงดึง	0.4	กิโลนิวตันต่อเมตร
3.	การต้านทานแรงฉีกขาด	771.0	มิลลินิวตัน
4.	ความหนาแน่นเส้นใย	213.0	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
5.	น้ำหนักมาตรฐาน	39.8	กรัมต่อตารางเมตร
6.	ความขาวสว่าง	55.1	ร้อยละ
7.	การดูดซึม	5.0	วินาที

จากตาราง 14 กระดาษสาที่ผลิตด้วยมือมีค่าการยืดตัวร้อยละ 1.0 มีค่าการต้านทานแรงดึง 0.4 กิโลนิวตันต่อเมตร มีค่าการต้านทานแรงฉีกขาด 771.0 มิลลินิวตัน มีค่าความหนาแน่นเส้นใย 213.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าน้ำหนักมาตรฐาน 39.8 กรัมต่อตารางเมตร มีค่าความขาวสว่างร้อยละ 55.1 และมีค่าการดูดซึม 5.0 วินาที

2. ตัวอย่างกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ

ตัวอย่างของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือจากการสุ่มตัวอย่างแสดงไว้ในภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ

จากภาพประกอบที่ 10 กระดาษที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ เนื้อกระดาษไม่แน่นมีร่วนทั่วไปทั้งแผ่น มีสิ่งสกปรกปะปนอยู่ในเนื้อกระดาษ ลักษณะผิวไม่เรียบมองเห็นเส้นเปลือกสาที่คืบไม่สาก และเชื้อสาที่กระจายตัวอยู่อย่างชัดเจน สีขาวอมเหลือง เหนียว นุ่ม ไม่แข็งกระด้าง และสามารถใช้ปากกาเคมีชนิดน้ำขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยมีการซึมออกของหมึกโดยรอบเล็กน้อย

3. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อจากฟางข้าว

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อจากฟางข้าว อัตราส่วน A - P จำนวนรวม 16 ส่วนผสม มีผลการวิเคราะห์สามารถแสดงรายละเอียดได้ตามตาราง 15 และตาราง 16

ตาราง 15 คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อจากฟางข้าว
ในด้าน การยืดตัว การต้านทานแรงดึง การต้านทานแรงฉีกขาด และความหนาแน่นเสมือน

Ratio.	การยืดตัว	การต้านทาน	การต้านทาน	ความหนา
หน่วยการวัด	(ร้อยละ)	แรงดึง (กิโลนิวตันต่อเมตร)	แรงฉีกขาด (มิลลินิวตัน)	แน่นเสมือน (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
เกณฑ์ที่ต้องการ	สูง	สูง	สูง	สูง
A/20:80	2.6	1.8	1687.0	340.0
B/25:75	1.7	1.6	1648.0	306.0
C/30:70	2.0	1.2	2102.0	295.0
D/35:65	2.1	1.6	2498.0	308.0
E/40:60	2.3	1.3	2682.0	283.0
F/45:55	1.2	1.1	2260.0	242.0
G/50:50	1.9	0.9	2456.0	255.0
H/55:45	1.0	0.7	1718.0	231.0
I/60:40	1.0	0.5	1541.0	226.0
J/65:35	1.0	0.8	2145.0	257.0
K/70:30	1.0	0.6	2040.0	233.0
L/75:25	1.0	0.6	1766.0	225.0
M/80:20	1.0	0.6	1867.0	240.0
N/85:15	2.1	0.5	1592.0	224.0
O/90:10	1.9	0.4	1429.0	196.0
P/95:05	1.0	0.4	1563.0	148.0

ตาราง 16 คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อจากฟางข้าว
ในด้าน น้ำหนักมาตรฐาน ความขาวสว่าง และการดูดซึม

Ratio. หน่วยการวัด	น้ำหนักมาตรฐาน (กรัมต่อตารางเมตร)	ความขาวสว่าง (ร้อยละ)	การดูดซึม (วินาที)
เกณฑ์ที่ต้องการ	35 - 55	สูง	สูง
A/20:80	56.5	72.8	8
B/25:75	50.5	68.1	8
C/30:70	46.8	71.5	9
D/35:65	53.3	71.6	9
E/40:60	49.0	72.6	8
F/45:55	41.8	71.7	8
G/50:50	47.4	73.1	8
H/55:45	39.8	73.1	8
I/60:40	41.2	71.2	8
J/65:35	42.2	71.1	12
K/70:30	44.2	73.3	16
L/75:25	42.1	73.5	6
M/80:20	41.5	72.7	7
N/85:15	40.6	73.3	6
O/90:10	37.7	75.7	7
P/95:05	39.2	74.1	7

จากตาราง 15 และตาราง 16 อัตราส่วน H/55:45, I/60:40, J/65:35, K/70:30, L/75:25, M/80:20 และ P/95:05 มีการยัดตัวต่ำที่สุดร้อยละ 1.0 อัตราส่วน A/20:80 มีการยัดตัวสูงที่สุดร้อยละ 2.6

อัตราส่วน O/90:10 และ P/95:05 มีการต้านทานแรงดึงต่ำที่สุด 0.4 กิโลนิวตันต่อเมตร อัตราส่วน A/20:80 มีการต้านทานแรงดึงสูงที่สุด 1.8 กิโลนิวตันต่อเมตร

อัตราส่วน 0/90:10 มีการต้านทานแรงดึงขาดต่ำที่สุด 1429.0 มิลลินิวตัน
 อัตราส่วน E/40:60 มีการต้านทานแรงดึงขาดสูงที่สุด 2682.0 มิลลินิวตัน
 อัตราส่วน P/95:05 มีความหนาแน่นเสมือนต่ำที่สุด 184.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
 อัตราส่วน A/20:80 มีความหนาแน่นเสมือนสูงที่สุด 340.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
 อัตราส่วน A/20:80 มีค่าน้ำหนักมาตรฐานที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด 56.5
 กรัมต่อตารางเมตร อัตราส่วน B/25:75 - P/95:05 มีค่าน้ำหนักมาตรฐานอยู่ในเกณฑ์
 มาตรฐาน 37.7 - 53.3 กรัมต่อตารางเมตร (เกณฑ์มาตรฐานของค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ใช้
 ในการวิจัยครั้งนี้ 35 - 55 กรัมต่อตารางเมตร)

อัตราส่วน B/25:75 มีความขาวสว่างต่ำที่สุดร้อยละ 68.1 อัตราส่วนผสมที่
 0/90:10 มีความขาวสว่างสูงที่สุดร้อยละ 75.7

อัตราส่วน L/75:25 และ H/85:15 มีการดูดซึมต่ำที่สุด 6 วินาที อัตราส่วน
 K/70:30 มีการดูดซึมสูงที่สุด 16 วินาที

จากการพิจารณาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมทั้ง 16
 อัตราส่วน พบว่า กระดาษสาชนิดผสมทั้ง 16 อัตราส่วนมีคุณสมบัติทางกายภาพที่สูงกว่าเกณฑ์
 มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ สามารถนำไปใช้ผลิตเป็นกระดาษสาชนิดผสมได้ดี
 มีเพียงอัตราส่วน 0/90:10 และ P/95:05 ที่มีคุณสมบัติด้านความหนาแน่นเสมือนที่ต่ำกว่า
 มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมืออยู่ระหว่าง 196.0 - 148.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือจะมีค่าความหนาแน่นเสมือน 213.0 กิโลกรัมต่อ
 ลูกบาศก์เมตร เมื่อเป็นดังนั้นการที่จะตัดสินใจว่าอัตราส่วนใดจะมีความเหมาะสมที่สุดจึงต้อง
 ใช้คุณสมบัติด้านอื่น ๆ ของกระดาษสาชนิดผสมมาประกอบการพิจารณาตัดสินได้แก่ ลักษณะกับ
 คุณสมบัติต่าง ๆ ที่ใกล้เคียงกับกระดาษสามากที่สุด และอัตราส่วนผสมที่ได้เมื่อนำไปผลิตเป็น
 กระดาษสาชนิดผสมแล้วจะต้องคุ้มค่ากับการลงทุนในแง่เศรษฐกิจ จากเกณฑ์การพิจารณาดังกล่าวอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดได้แก่ อัตราส่วน E/40:60, F/45:55, G/50:50,
 H/55:45, I/60:40, J/65:35 และ K/70:30 อัตราส่วนดังกล่าวใช้เชื้อสาผสมกับเชื้อ
 ฟางข้าว โดยใช้เชื้อสารร้อยละ 40 - 70 ของเชื้อฟางข้าวสำหรับการผลิตเป็นกระดาษสา
 ชนิดผสมแบบดักข้อน

4. การแสดงตัวอย่างของกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อจากฟางข้าว

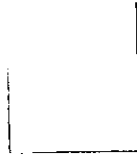
ตัวอย่างกระดาษสาชนิดผสมที่ผลิตระหว่างเยื่อสา กับเยื่อจากฟางข้าว จำนวน 16
อัตราส่วน สามารถแสดงได้ในภาพประกอบ 11 ดังนี้



A/20:80



B/25:75



C/30:70



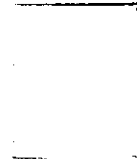
D/35:65



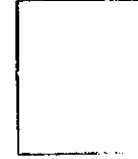
E/40:60



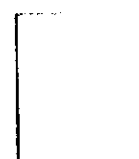
F/45:55



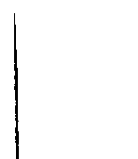
G/50:50



H/55:45



I/60:40



J/65:35



K/70:30



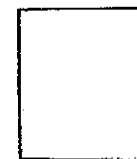
L/75:25



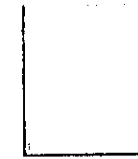
M/80:20



N/85:15



O/90:10



P/95:05

ภาพประกอบ 11 ตัวอย่างของกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อจากฟางข้าว
อัตราส่วน A - P

จากภาพประกอบ 11 อัตราส่วน A/20:80 ไม่มีลักษณะของกระดาดสา เนื่อกระดาด
แน่นมาก ลักษณะผิวเรียบมองไม่เห็นเส้นเชื้อสาที่กระจายตัวอยู่ สีขาว เหนียว ไม่นุ่ม แฉ่งกระด้าง
และสามารถใช้ปากกาเคมีขีดนำขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยไม่ซึมเปื้อน

อัตราส่วน 8/25:75 ไม่มีลักษณะของกระดาดสา เนื้อกระดาดแน่นมาก ลักษณะผิวเรียบมองไม่เห็นเส้นเยื่อสาที่กระจายตัวอยู่ สีขาว เหนียว ไม่นุ่ม แข็งกระด้าง และสามารถใช้ปากกาเคมีขีดน้ำหนักความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยไม่ซึมเปื้อน

อัตราส่วน C/30:70 ไม่มีลักษณะของกระดูกสา เนื้อกระดูกแน่นมาก ลักษณะผิวเรียบมองไม่เห็นเส้นเชื่อมที่กระจายตัวอยู่ สีขาว เทนนิส ไม่นุ่ม แข็งกระด้าง และสามารถใช้ปากกาเคมีขีดน้ำหนักความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยไม่ซึมเปื้อน

อัตราส่วน D/35:65 ไม่มีลักษณะของกระดาษสา เนื้อกระดาษแน่นมาก ลักษณะผิวเรียบมองเห็นเส้นเยื่อสาที่กระจายตัวอยู่ได้บ้าง สีขาว เหนียว ใสม่ แข็งกระด้าง และสามารถใช้ปากกาเคมีชนิดน้ำขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยไม่ซึมเปื้อน

อัตราส่วน E/40:60 เริ่มมีลักษณะของกระดูกสาแต่ยังไม่เด่นชัด เนื้อกระดูก
แน่น ลักษณะผิวเรียบมองเห็นเส้นเยื่อสาที่กระจายตัวอยู่ สีขาว เหลือง นุ่มกว่าอัตราส่วน
A/20:80, B/25:75, C/30:70 และD/35:65 แต่ยังแข็งกระด้าง และสามารถให้ปากกาเคมี
ขีดน้ำขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยไม่ซึมเปื้อน

อัตราส่วน F/45:55 เริ่มมีลักษณะของกระจกสาแต่ยังไม่เด่นชัด เนื้อกระจกขุ่น
ลักษณะผิวเรียบมองเห็นเส้นเชื้อสาที่กระจายตัวอยู่ สีขาว เหนียว นุ่มกว่าอัตราส่วน A/20:80,
B/25:75, C/30:70, D/35:65 และ E/40:60 แต่ยังแข็งกระด้าง และสามารถใช้ปากกาเคมี
ขีดน้ำขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยไม่ซึมเปื้อน

อัตราส่วน G/50:50 เริ่มมีลักษณะของกระดาษสาแต่ยังไม่เด่นชัด เนื้อกระดาษแน่น ลักษณะผิวเรียบมองเห็นเส้นเชื้อสาที่กระจายตัวอยู่ สีขาว เทียนว นุ่มกว่าอัตราส่วน A/20:80, B/25:75, C/30:70, D/35:65, E/40:60 และ F/45:55 แต่แข็งเกร็งกระด้าง และสามารถใช้ปากกาเคมีชนิดน้ำขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยไม่ซึมเปื้อน

อัตราส่วน H/55:45 มีลักษณะของกระดาดสาแต่ยังไม่เด่นชัด เนื้อกระดาดแน่น ลักษณะผิวเรียบมองเห็นเส้นเอ็นที่กระจ่ายตัวอยู่ สีขาว เหนียว นุ่มกว่าอัตราส่วน A/20:80, B/25:75, C/30:70, D/35:65, E/40:60, F/45:55 และ G/50:50 ไม่แข็งกระด้าง และสามารถใช้ปากกาเคมีขีดนำขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยไม่ซึมเปื้อน

อัตราส่วน I/60:40 มีลักษณะของกระดาดสา เนื่อกระดาดแน่น ลักษณะผิวเรียบ มองเห็นเส้นเยื่อสาที่กระจายตัวอยู่ สีขาว เหนียว นุ่มกว่าอัตราส่วน A/20:80, B/25:75, C/30:70, D/35:65, E/40:60, F/45:55, G/50:50 และ H/55:45 ไม่แข็งกระด้าง และสามารถใช้ปากกาเคมีชนิดน้ำขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยไม่ซึมเปื้อน

อัตราส่วน J/65:35 มีลักษณะของกระดาดสา เนื่อกระดาดแน่น ลักษณะผิวเรียบ มองเห็นเส้นเยื่อสาที่กระจายตัวอยู่ สีขาว เหนียว นุ่มกว่าอัตราส่วน A/20:80, B/25:75, C/30:70, D/35:65, E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45 และ I/60:40 ไม่แข็งกระด้าง และสามารถใช้ปากกาเคมีชนิดน้ำขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยไม่ซึมเปื้อน

อัตราส่วน K/70:30 มีลักษณะของกระดาดสา เนื่อกระดาดแน่น ลักษณะผิวเรียบ มองเห็นเส้นเยื่อสาที่กระจายตัวอยู่ สีขาว เหนียว นุ่มกว่าอัตราส่วน A/20:80, B/25:75, C/30:70, D/35:65, E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45, I/60:40 และ J/65:35 ไม่แข็งกระด้าง และสามารถใช้ปากกาเคมีชนิดน้ำขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยไม่ซึมเปื้อน

อัตราส่วน L/75:25 มีลักษณะของกระดาดสาอย่างเด่นชัด เนื่อกระดาดแน่น ลักษณะผิวเรียบมองเห็นเส้นเยื่อสาที่กระจายตัวอยู่อย่างชัดเจน สีขาว เหนียว นุ่มกว่าอัตราส่วน A/20:80, B/25:75, C/30:70, D/35:65, E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45, I/60:40, J/65:35 และ K/70:30 ไม่แข็งกระด้าง และสามารถใช้ปากกาเคมีชนิดน้ำขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยไม่ซึมเปื้อน

อัตราส่วน M/80:20 มีลักษณะของกระดาดสาอย่างเด่นชัด เนื่อกระดาดแน่น ลักษณะผิวไม่เรียบมองเห็นเส้นเยื่อสาที่กระจายตัวอยู่อย่างชัดเจน สีขาว เหนียว นุ่มกว่าอัตราส่วน A/20:80, B/25:75, C/30:70, D/35:65, E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45, I/60:40, J/65:35, K/70:30 และ L/75:25 ไม่แข็งกระด้าง และสามารถใช้ปากกาเคมีชนิดน้ำขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยไม่ซึมเปื้อน

อัตราส่วน N/85:15 มีลักษณะของกระดาดสาอย่างเด่นชัด เนื่อกระดาดแน่น ลักษณะผิวไม่เรียบมองเห็นเส้นเยื่อสาที่กระจายตัวอยู่อย่างชัดเจน สีขาว เหนียว นุ่มกว่าอัตราส่วน A/20:80, B/25:75, C/30:70, D/35:65, E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45, I/60:40, J/65:35, K/70:30, L/75:25 และ M/80:20 ไม่แข็งกระด้าง และสามารถใช้ปากกาเคมีชนิดน้ำขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยไม่ซึมเปื้อน

อัตราส่วน 0/90:10 มีลักษณะของกระดาษสาอย่างเด่นชัด เนื้อกระดาษไม่แน่น มีรูพรุน ลักษณะผิวไม่เรียบมองเห็นเส้นเยื่อสาที่กระจายตัวอยู่อย่างชัดเจน สีขาว เหนียว นุ่มกว่า อัตราส่วน A/20:80, B/25:75, C/30:70, D/35:65, E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45, I/60:40, J/65:35, K/70:30, L/75:25, M/80:20 และ 0/90:10 ไม่แข็ง กระด้าง และสามารถใช้ปากกาเคมีชนิดน้ำขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้ โดยมีการซึมของหมึกโดยรอบเพียงเล็กน้อย

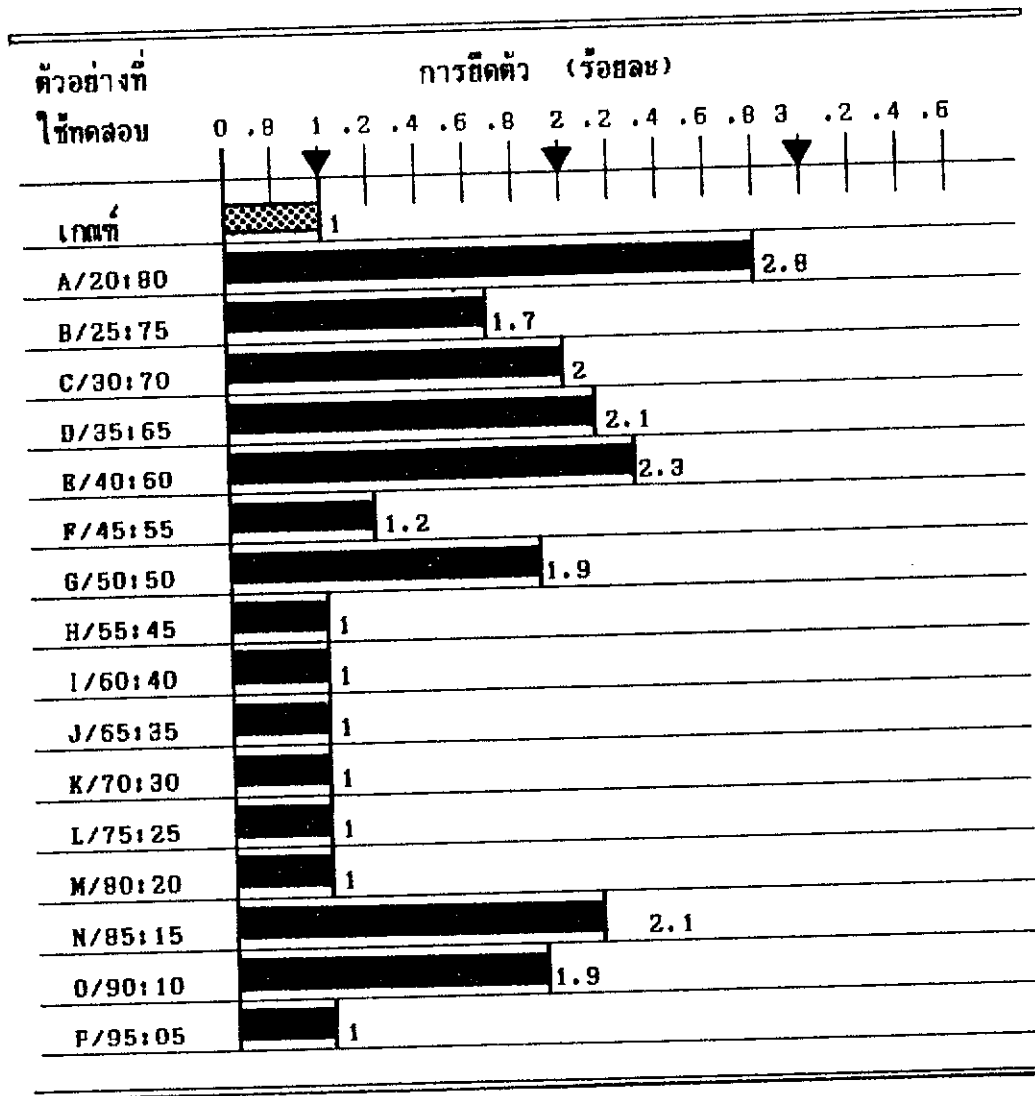
อัตราส่วน P/95:05 มีลักษณะของกระดาษสาอย่างเด่นชัด เนื้อกระดาษไม่แน่น มีรูพรุนทั่วทั้งแผ่น ลักษณะผิวไม่เรียบมองเห็นเส้นเยื่อสาที่กระจายตัวอยู่อย่างชัดเจน สีขาว เหนียว นุ่มกว่าอัตราส่วน A/20:80, B/25:75, C/30:70, D/35:65, E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45, I/60:40, J/65:35, K/70:30, L/75:25, M/80:20, 0/90:10 และ P/95:05 ไม่แข็งกระด้าง และสามารถใช้ปากกาเคมีชนิดน้ำขนาดความกว้างของปาก 5.0 มิลลิเมตร เขียนได้โดยมีการซึมของหมึกโดยรอบเพียงเล็กน้อย

กระดาษสาชนิดผสมที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ โดยกลุ่มผู้ผลิต กระดาษสาในภาคเหนือมากที่สุด แต่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่สูงกว่าได้แก่ อัตราส่วน E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45, I/60:40, J/65:35 และ K/70:30 อัตราส่วนดังกล่าว ใช้เยื่อสาผสมกับเยื่อฟางข้าว โดยใช้เยื่อสาร้อยละ 40 - 70 ของเยื่อฟางข้าว สำหรับการ ผลิตเป็นกระดาษสาชนิดผสมแบบตักซ้อน

5. การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างกระดาษสาชนิดผสม กับเกณฑ์ มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ

การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างกระดาษสาชนิดผสม กับเกณฑ์ มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ ผู้วิจัยได้นำเอาผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ของกระดาษทั้งสองชนิดมาเปรียบเทียบกัน ในลักษณะของแผนภูมิแท่งเขียนตามมาตรฐาน มีผลการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบสามารถแสดงรายละเอียดได้ตามตาราง 17, 18, 19, 20, 21, 22 และ 23

ตาราง 17 การเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านการยึดตัว



เกณฑ์มาตรฐานกระดาสลา
ที่ผลิตด้วยมือ

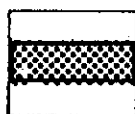
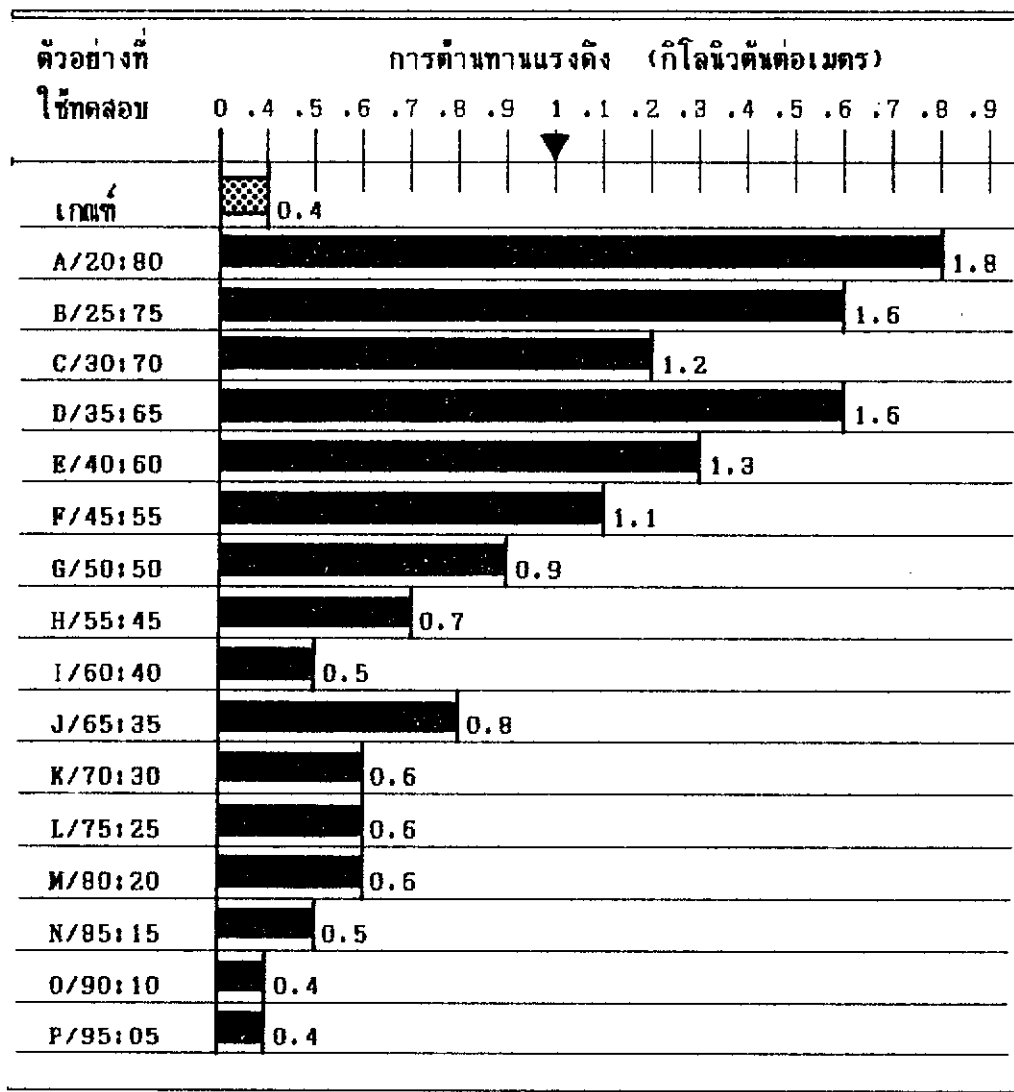
กระดาสลาชนิดผสม

จากตาราง 17 เกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ มีค่าการยึดตัวร้อยละ 1 ไม่มีกระดาษสาชนิดผสมอัตราส่วนใดมีค่าการยึดตัวที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ

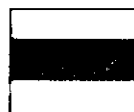
กระดาษสาชนิดผสมอัตราส่วน H/55:45, I/60:40, J/65:35, K/70:30, L/75:25, M/80:20 และ P/95:05 มีค่าการยึดตัวร้อยละ 1 เทียบเท่ากับเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ

กระดาษสาชนิดผสมอัตราส่วน A/20:80, B/25:75, C/30:70, D/35:65, E/40:60, F/45:55, G/50:50, N/85:15 และ O/90:10 มีค่าการยึดตัวอยู่ระหว่างร้อยละ 1.9 - 2.8 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ

ตาราง 18 การเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านการต้านทานแรงดึง



เกณฑ์มาตรฐานกระดาษสา
ที่ผลิตด้วยมือ



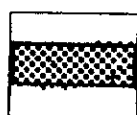
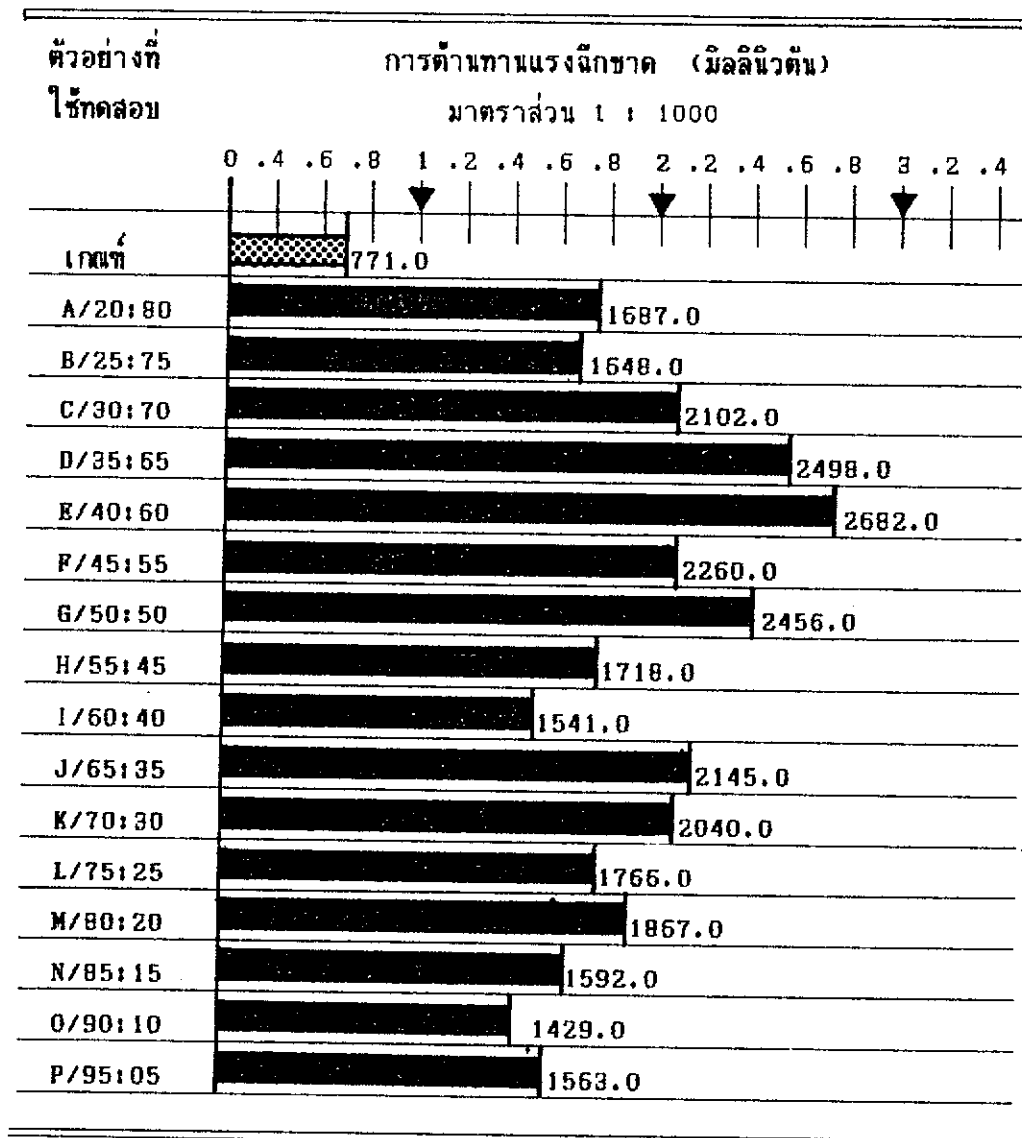
กระดาษสาชนิดผสม

จากตาราง 18 เกณฑ์มาตรฐานของกระตาสงที่ผลิตด้วยมือ มีค่าการต้านทานแรงดึง 0.4 กิโลนิวตันต่อเมตร ไม่มีกระตาสงชนิดผสมอัตราส่วนใดมีค่าการต้านทานแรงดึงที่ต่ำกว่า เกณฑ์มาตรฐานกระตาสงที่ผลิตด้วยมือ

กระตาสงชนิดผสมอัตราส่วน 0/90:10 และ P/95:05 มีค่าการต้านทานแรงดึง 0.4 กิโลนิวตันต่อเมตร เทียบเท่ากับเกณฑ์มาตรฐานของกระตาสงที่ผลิตด้วยมือ

กระตาสงชนิดผสมอัตราส่วน A/20:80, B/25:75, C/30:70, D/35:65, E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45, I/60:40, J/65:35, K/70:30, L/75:25, M/80:20 และ N/85:15 มีค่าการต้านทานแรงดึงอยู่ระหว่าง 0.5 - 1.8 กิโลนิวตันต่อเมตร สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกระตาสงที่ผลิตด้วยมือ

ตาราง 19 การเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านการต้านทานแรงดัดขาด



คอนกรีตมาตรฐาน
ที่ผลิตด้วยมือ

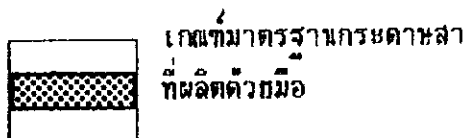
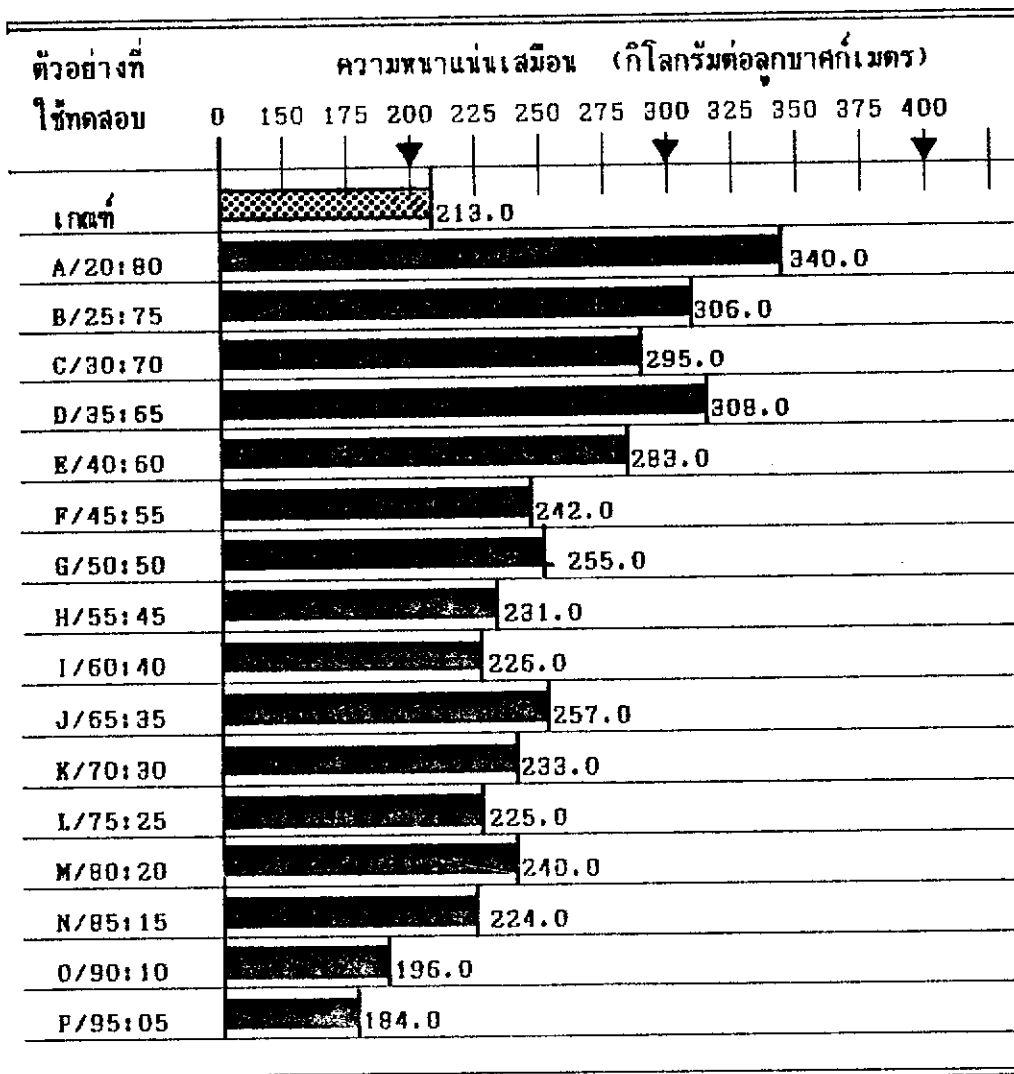


คอนกรีตมาตรฐาน
ที่ผลิตด้วยเครื่อง

จากตาราง 19 เกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ มีค่าการต้านทานแรงฉีกขาด 771.0 มิลลินิวตัน ไม่มีกระดาษสาชนิดผสมอัตราส่วนใดมีค่าการต้านทานแรงฉีกขาดที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ

กระดาษสาชนิดผสมอัตราส่วน A/20:80, B/25:75, C/30:70, D/35:65, E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45, I/60:40, J/65:35, K/70:30, L/75:25, M/80:20, N/85:15, O/90:10 และ P/95:05 มีค่าการต้านทานแรงฉีกขาดอยู่ระหว่าง 1429.0 - 2682.0 มิลลินิวตัน สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ

ตาราง 20 การเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านความหนาแน่นเสมือน

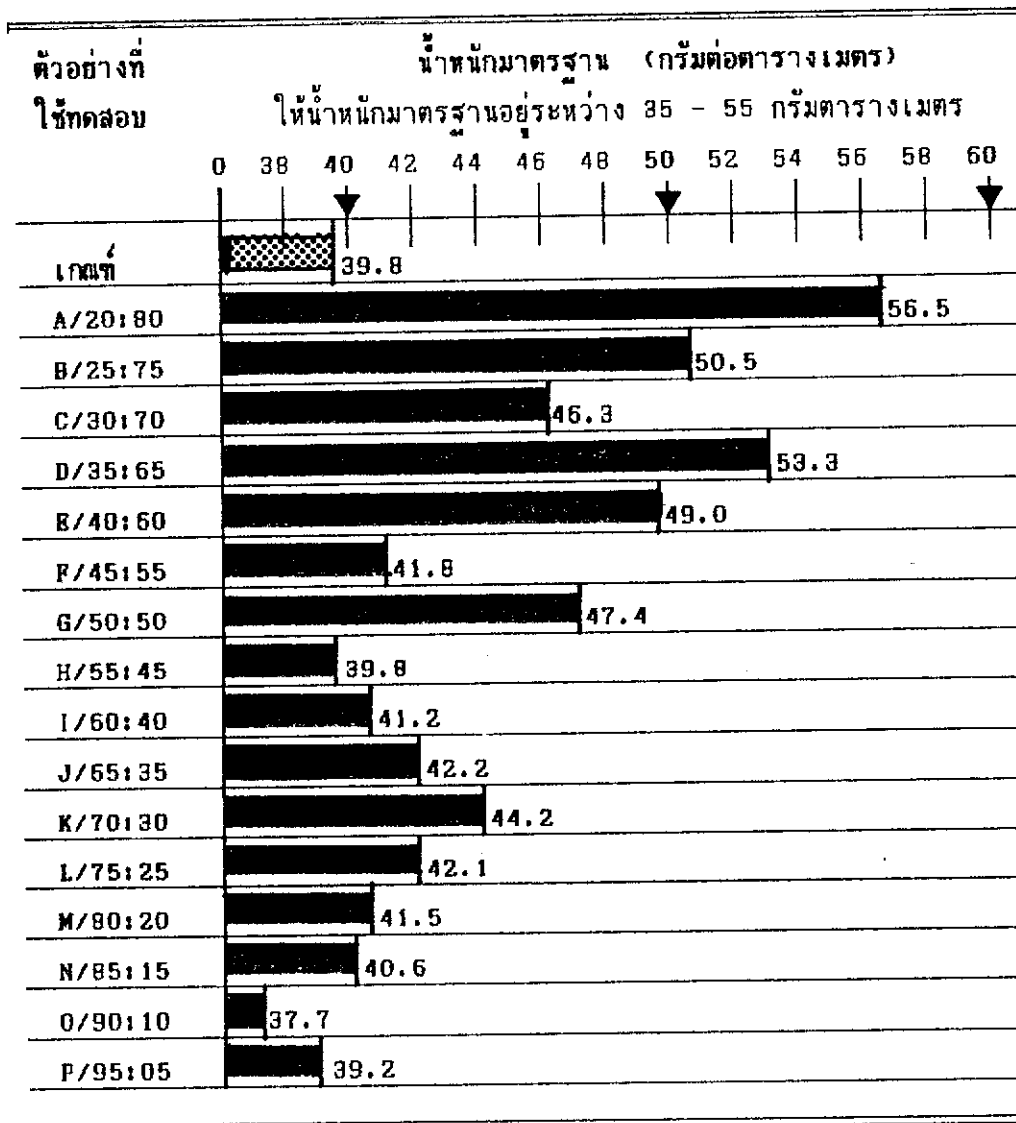


จากตาราง 20 เกณฑ์มาตรฐานของกระดาสำที่ผลิตด้วยมือ มีค่าความหนาแน่นเสมือน 213.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

กระดาสำชนิดผสมอัตราส่วน P/95:05 และ O/90:10 มีค่าความหนาแน่นเสมือน อยู่ระหว่าง 184.0 - 196.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกระดาสำที่ผลิตด้วยมือ

กระดาสำชนิดผสมอัตราส่วน A/20:80, B/25:75, C/30:70, D/35:65, E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45, I/60:40, J/65:35, K/70:30, L/75:25, M/80:20, และ N/85:15 มีค่าความหนาแน่นเสมือนอยู่ระหว่าง 224.0 - 340.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกระดาสำที่ผลิตด้วยมือ

ตาราง 21 การเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านน้ำหนักมาตรฐาน



เกณฑ์มาตรฐานกระดาษสา
ที่ผลิตด้วยมือ

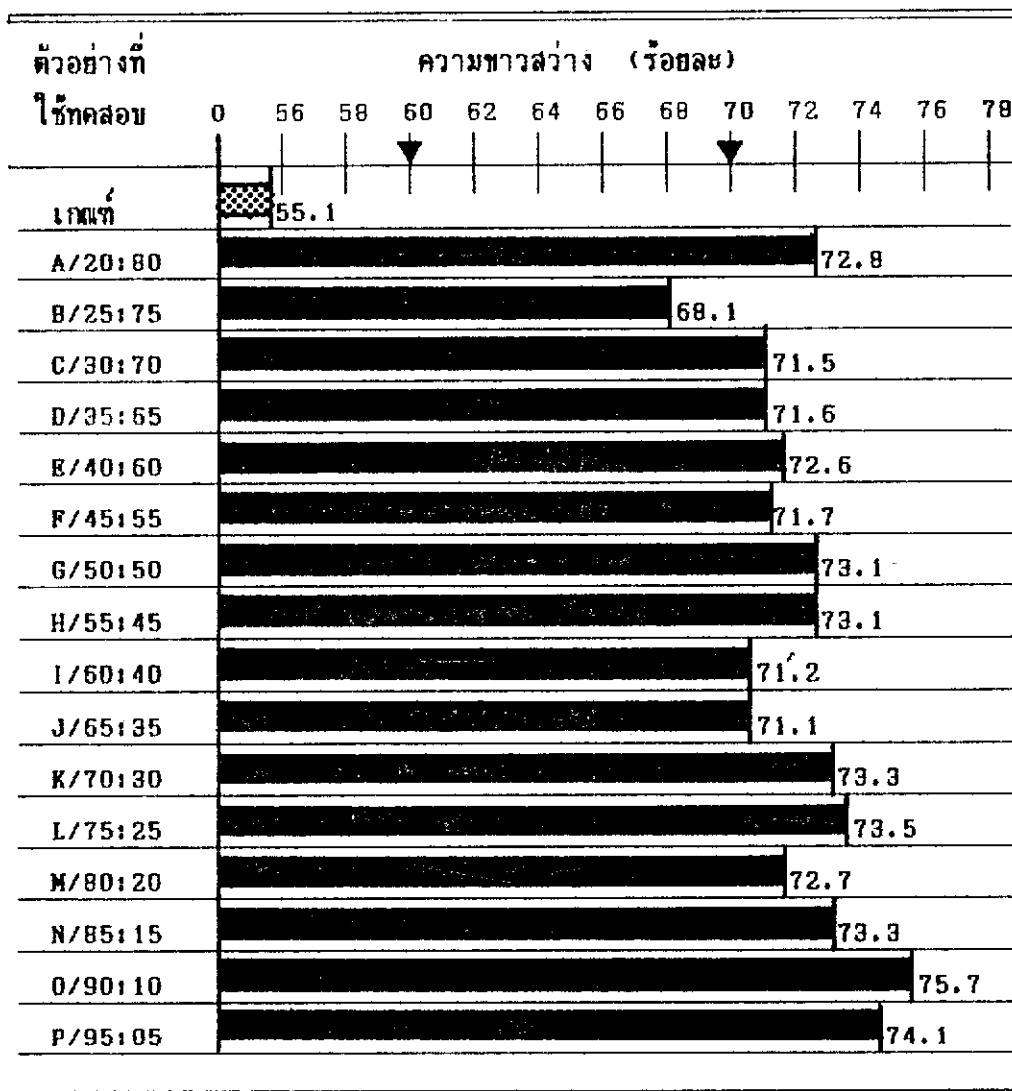
กระดาษสาชนิดผสม

จากตาราง 21 เกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ มีค่าน้ำหนักมาตรฐาน 39.8 กรัมต่อตารางเมตร การทดลองผลิตกระดาษสาชนิดผสมครั้งนี้กำหนดให้ใช้ค่าน้ำหนักมาตรฐาน อยู่ระหว่าง 35.0 - 55.0 กรัมต่อตารางเมตร

กระดาษสาชนิดผสมอัตราส่วน A/20:80 มีค่าน้ำหนักมาตรฐาน 56.5 กรัมต่อตารางเมตร เกินกว่าค่าน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษที่กำหนดให้เพื่อใช้ในการทดลอง

อัตราส่วน B/25:75, C/30:70, D/35:65, E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45, I/60:40, J/65:35, K/70:30, L/75:25, M/80:20, N/85:15, O/90:10 และ P/95:05 มีค่าน้ำหนักมาตรฐานอยู่ระหว่าง 37.7 - 53.3 กรัมต่อตารางเมตร อยู่ในเกณฑ์น้ำหนักมาตรฐานของกระดาษที่กำหนดให้เพื่อใช้ในการทดลอง

ตาราง 22 การเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านความขาวสว่าง



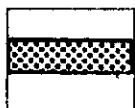
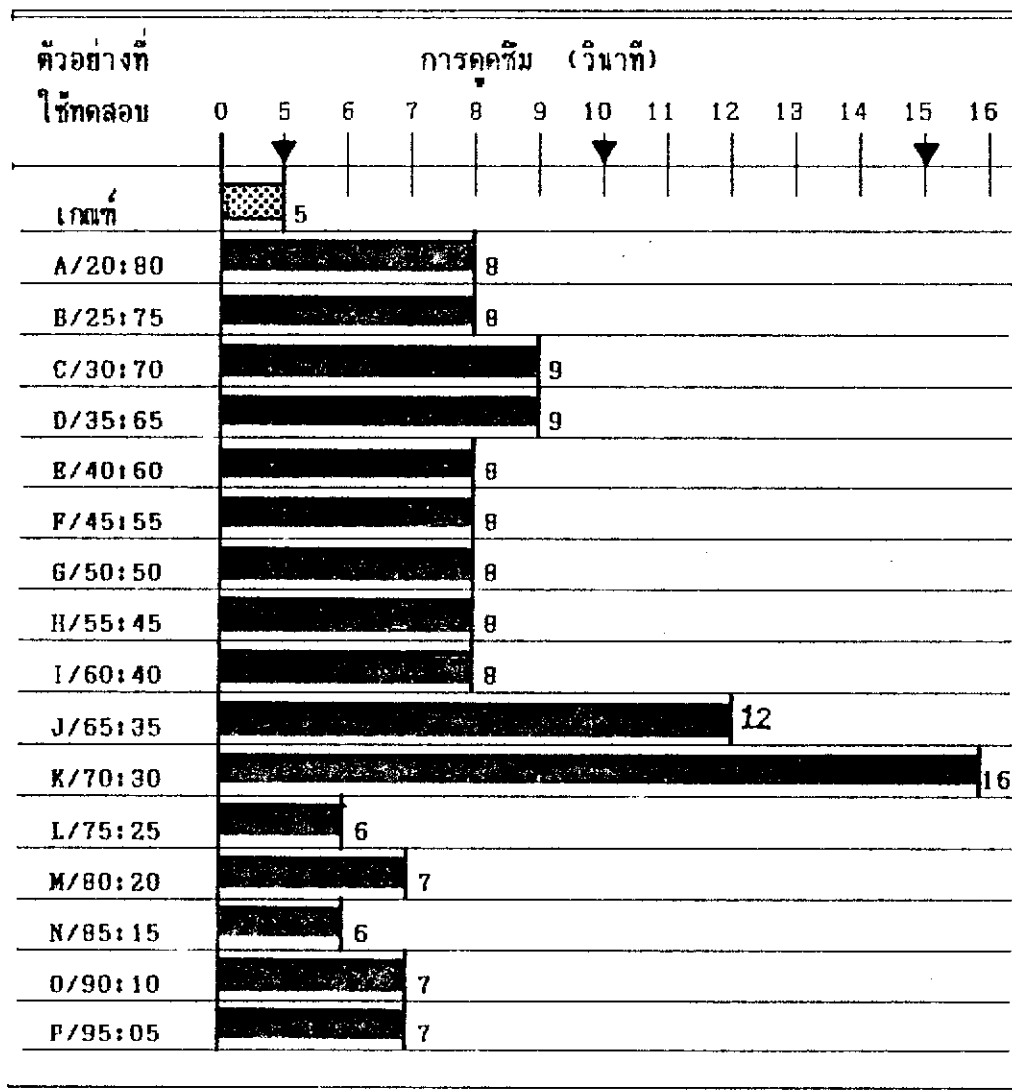
แถบมาตรฐานกระดาษสำ
ที่ผลิตด้วยมือ

กระดาษสำนี้ผสม

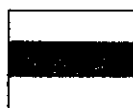
จากตาราง 22 เกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ มีค่าความขาวสว่างร้อยละ 55.1 ไม่มีกระดาษสาชนิดผสมอัตราส่วนใดมีค่าความขาวสว่างที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ

กระดาษสาชนิดผสมอัตราส่วน A/20:80, B/25:75, C/30:70, D/35:65, E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45, I/60:40, J/65:35, K/70:30, L/75:25, M/80:20, N/85:15, O/90:10 และ P/95:05 มีค่าความขาวสว่างอยู่ระหว่างร้อยละ 68.1 - 75.7 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ

ตาราง 23 การเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านการดูดซึม



เกณฑ์มาตรฐานกระดาษสา
ที่ผลิตด้วยมือ



กระดาษสาชนิดผสม

จากตาราง 23 เกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ มีค่าการดูดซึม 5 วินาที ไม่มีกระดาษสาชนิดผสมอัตราส่วนใดมีค่าการดูดซึมที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ผลิตด้วยมือ
 กระดาษสาชนิดผสมอัตราส่วน A/20:80, B/25:75, C/30:70, D/35:65, E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45, I/60:40, J/65:35, K/70:30, L/75:25, M/80:20, N/85:15, O/90:10 และ P/95:05 มีค่าการดูดซึมอยู่ระหว่าง 6 - 16 วินาที สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ

เพื่อความชัดเจนของการนำเสนอข้อมูลผู้วิจัยจึงได้ทำเป็นตารางสรุปผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสม กับเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือไว้ในตาราง 24

สัญลักษณ์ที่แสดงไว้ในตาราง 24 มีความหมาย ดังนี้

- สัญลักษณ์ / หมายถึง สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ
 - สัญลักษณ์ # หมายถึง เทียบเท่าหรืออยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ
 - สัญลักษณ์ - หมายถึง ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ
- (น้ำหนักมาตรฐานใช้ค่า 85 - 55 กรัมต่อตารางเมตร เป็นเกณฑ์มาตรฐาน)

จากตาราง 24 ตารางสรุปผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมกับเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ แสดงว่าคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมทั้ง 16 อัตราส่วน มีคุณสมบัติทางกายภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ มีเพียงอัตราส่วน 0/90:10 และ P/95:05 เท่านั้นที่พบว่ามีความหนาแน่นเสมือนที่ต่ำกว่ามาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือเพียงเล็กน้อย เมื่อนำผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมรวมทั้งคุณสมบัติต่าง ๆ ของกระดาษสาชนิดผสม มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ พบว่า กระดาษสาชนิดผสมอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด ได้แก่ อัตราส่วน E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45, I/60:40, J/65:35 และ K/70:30 อัตราส่วนดังกล่าวใช้เชื้อสาผสมกับเชื้อฟางข้าว โดยใช้เชื้อสาร์อยละ 40 - 70 ของเชื้อฟางข้าว สำหรับการผลิตเป็นกระดาษสาชนิดผสมแบบดักซ้อน

บทสรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาค้นคว้าหาเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดจากพืช 4 ชนิดได้แก่ กกขนาน ใบสับปะรด ผักตบชวา และฟางข้าว เพื่อนำมาใช้ในการผสมกับเชื้อสา
2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในอัตราส่วน

A/20:80, B/25:75, C/30:70, D/35:65,
E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45,
I/60:40, J/65:35, K/70:30, L/75:25,
M/80:20, N/85:15, O/90:10 และ P/95:05

อัตราส่วนผสมใดที่มีคุณสมบัติทางกายภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสา

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้าแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนได้แก่

- ตอนที่ 1. การคัดเลือกเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม
- ตอนที่ 2. การผลิตกระดาษสาชนิดผสม

ตอนที่ 1. การคัดเลือกเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิตกระดาษสาชนิดผสม

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างจากการคัดเลือกเชื้อของพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิตกระดาษสาชนิดผสมได้แก่ กระดาษที่ผลิตจากเชื้อของ กกขนาน ใบสับปะรด ผักตบชวา และฟางข้าว ชนิดละ 15 แผ่น โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย

เครื่องมือที่ใช้ในการคัดเลือกเส้นใย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองเพื่อคัดเลือกลักษณะเส้นใยชนิดสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมจึงได้แก่ วัสดุ และอุปกรณ์ในการทดลอง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตกระดาษด้วยมือ
2. วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษ

1. วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตกระดาษด้วยมือ

วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตกระดาษด้วยมือ แบ่งออกได้ตามกรรมวิธีการผลิตกระดาษด้วยมือ ดังนี้

1.1 การทำเยื่อกระดาษมีวัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ ดังนี้

วัสดุ ที่ใช้ในการทำเยื่อกระดาษได้แก่ กากขุนาน ใบสับปะรด ผักตบชวา ฟางข้าว น้ำสะอาด สารละลายต่าง และถ่านหุงต้ม

อุปกรณ์ ที่ใช้ในการทำเยื่อกระดาษได้แก่ ถังต้มเยื่อ เตาถ่าน ตะแกรง มุ้งลวด เครื่องขึงสารเคมี ไม้พาย เครื่องตีเยื่อสา ถึงพลาสติก นาฬิกา จับเวลา เครื่องมือควบคุมความชื้นเหลว กระดาษทดสอบหาค่าความเป็นกรด - ด่าง และเตาอบ

1.2 การฟอกขาวเยื่อกระดาษมีวัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ ดังนี้

วัสดุ ที่ใช้ในการฟอกขาวเยื่อกระดาษได้แก่ น้ำสะอาด คลอรีนผง และแกสหุงต้ม

อุปกรณ์ ที่ใช้ในการฟอกขาวเยื่อกระดาษได้แก่ หม้ออลูมิเนียม เตาแกส เครื่องมือวัดอุณหภูมิ กระดาษทดสอบหาค่าความเป็นกรด - ด่าง และเครื่องขึงสารเคมี

1.3 การทำแผ่นกระดาษมีวัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ ดังนี้

วัสดุ ที่ใช้ในการทำแผ่นกระดาษได้แก่ น้ำสะอาด และกากจากพืช
อุปกรณ์ ที่ใช้ในการทำแผ่นกระดาษได้แก่ เครื่องตีไข่ ตะแกรงร่อนเยื่อ อ่างร่อนเยื่อ กระบอกรอง เครื่องขึง และตะแกรงร่อนแป้ง

2. วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษ

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษรวม 5 ด้าน มีวัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ ดังนี้

วัสดุ ที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษได้แก่ ตัวอย่างกระดาษที่ผลิตจากพืชชนิดเส้นใยสั้นตัวอย่างละ 15 แผ่น

อุปกรณ์ ที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษได้แก่ เครื่องมือทดสอบค่าการยึดตัวและการต้านทานแรงดึง เครื่องมือทดสอบค่าการต้านทานแรงฉีกขาด เครื่องมือทดสอบค่าความหนาแน่นเสมือน และเครื่องมือทดสอบค่าความขาวสว่าง

การดำเนินการคัดเลือกเส้นใย

1. การเตรียมวัตถุดิบเพื่อใช้ทำเยื่อกระดาษ พร้อมทั้งเก็บข้อมูลด้านระยะเวลาที่ทำให้วัตถุดิบแห้ง
2. การเตรียมเยื่อ พร้อมทั้งหาระยะเวลาที่ใช้ในการต้มเยื่อ และคำนวณหาปริมาณของเส้นเยื่อที่ใช้ทำกระดาษจากพืชชนิดเส้นใยสั้น
3. การฟอกขาวเส้นเยื่อของพืชชนิดเส้นใยสั้น
4. การทำแผ่นกระดาษ
5. การส่งตัวอย่างกระดาษที่ผลิตจากเยื่อของพืชชนิดเส้นใยสั้นรวม 4 ชนิด ไปทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษในด้าน การยึดตัว การต้านทานแรงดึง การต้านทานแรงฉีกขาด ความหนาแน่นเสมือน และความขาวสว่าง
6. การนำผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพไปวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูลการคัดเลือกเส้นใย

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อชนิดเส้นใยสั้น 4 ชนิด ได้รับการวิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญทางสาขาเยื่อและกระดาษโดยเฉพาะ จำนวน 4 คน ซึ่งประกอบด้วย นักวิทยาศาสตร์สาขาเยื่อและกระดาษประจำห้องปฏิบัติการเยื่อและกระดาษ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการจำนวน 1 คน และนักวิชาการเยื่อและกระดาษประจำห้องปฏิบัติการเยื่อและกระดาษ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการจำนวน 3 คน

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการคัดเลือกเส้นใย

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของพืชชนิดเส้นใยสั้นในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบ องค์ประกอบต่าง ๆ ของการเตรียมเยื่อ และคุณสมบัติทางกายภาพ ปรากฏผลดังต่อไปนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ และองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเตรียมเยื่อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นปรากฏผลว่า ฟางข้าวใช้ระยะเวลาการเตรียมวัตถุดิบน้อยที่สุดคือ ไม่ใช้ระยะเวลาในการเตรียมวัตถุดิบ ใบสับปรดใช้ระยะเวลาการเตรียมวัตถุดิบมากที่สุด 2 - 3 เดือน ด้านระยะเวลาที่ใช้ในการต้มวัตถุดิบผักตบชวาใช้ระยะเวลาการต้มต่ำที่สุด 2.80 ชั่วโมง ใบสับปรดใช้ระยะเวลาการต้มสูงที่สุด 5.50 ชั่วโมง ด้านการให้ปริมาณของเส้นเยื่อ ใบสับปรดให้ปริมาณของเส้นเยื่อต่ำที่สุดร้อยละ 22 กกชนวนานให้ปริมาณของเส้นเยื่อสูงที่สุดร้อยละ 75 และด้านราคาซื้อขายในท้องถิ่นใบสับปรดมีราคาซื้อขายต่ำที่สุดคือ ไม่มีราคาซื้อขาย ผักตบชวามีราคาซื้อขายสูงที่สุด 50 บาทต่อกิโลกรัม

2. คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษชนิดเส้นใยสั้น ปรากฏผลว่า ด้านยึดตัว ใบสับปรดมีค่าการยึดตัวต่ำที่สุดร้อยละ 0.7 ผักตบชวามีค่าการยึดตัวสูงที่สุดร้อยละ 1.5 ด้านการต้านทานแรงดึงใบสับปรดมีค่าการต้านทานแรงดึงต่ำที่สุด 0.4 กิโลนิวตันต่อเมตร ผักตบชวามีค่าการต้านทานแรงดึงสูงที่สุด 1.1 กิโลนิวตันต่อเมตร ด้านการต้านทานแรงฉีกขาด ผักตบชวามีค่าการต้านทานแรงฉีกขาดต่ำที่สุด 70 มิลลินิวตัน ฟางข้าวมีค่าการต้านทานแรงฉีกขาดสูงที่สุด 219 มิลลินิวตัน ด้านความหนาแน่นเสมือนฟางข้าวมีค่าความหนาแน่นเสมือนที่ต่ำสุด 219 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผักตบชวามีค่าความหนาแน่นเสมือนสูงที่สุด 403 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และด้านความขาวสว่างผักตบชวามีค่าความขาวสว่างต่ำที่สุดร้อยละ 52.9 ฟางข้าวมีค่าความขาวสว่างสูงที่สุดร้อยละ 74.4

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของพืชชนิดเส้นใยสั้นด้านต่าง ๆ ได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบ องค์ประกอบต่าง ๆ ของการเตรียมเยื่อ และคุณสมบัติทางกายภาพ ได้ผลการวิเคราะห์ที่สอดคล้องกันว่าพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดได้แก่ ฟางข้าว ผู้วิจัยจึงได้นำเอาฟางข้าวมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผสมกับเยื่อสาเพื่อการผลิตกระดาษสาชนิดผสมต่อไป

ตอนที่ 2. การผลิตกระดาษสาชนิดผสม

การผลิตกระดาษสาชนิดผสม แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. การสร้างเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ
2. การผลิตกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อจากฟางข้าว

การสร้างเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้มาจากการเก็บตัวอย่างกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในเขต 4 จังหวัดทางภาคเหนือได้แก่ จังหวัดตาก เชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำปาง และจังหวัดพะเยา รวม 9 อำเภอ 79 หลังคาเรือน จำนวนกระดาษตัวอย่าง 30 แผ่น จากการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น

เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างเกณฑ์มาตรฐาน

การสร้างเป็นเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือมีวัสดุ และอุปกรณ์ที่ต้องใช้ ดังนี้

วัสดุ ที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือได้แก่ ตัวอย่างกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือจำนวน 30 แผ่น ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น

อุปกรณ์ ที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษได้แก่ เครื่องมือทดสอบหาค่าการยืดตัวและการต้านทานแรงดึง เครื่องมือทดสอบหาค่าการต้านทานแรงฉีกขาด เครื่องมือทดสอบหาค่าความหนาแน่นเสมือน เครื่องมือทดสอบหาค่าน้ำหนักมาตรฐาน เครื่องมือทดสอบหาค่าความขาวสว่าง และเครื่องมือทดสอบหาค่าการดูดซึม

การดำเนินการสร้างเกณฑ์มาตรฐาน

1. การออกสำรวจ และเก็บตัวอย่างกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในจังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำปาง และจังหวัดพะเยา จังหวัดละ 30 แผ่น

2. การนำตัวอย่างกระดาษมาทำการลุ่มตัวอย่าง ตามวิธีการลุ่มแบบแบ่งชั้น
3. การส่งตัวอย่างกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ ไปทดสอบหาคณะสมบัติทางกายภาพของกระดาษในด้าน การยึดตัว การต้านทานแรงดึง การต้านทานแรงฉีกขาด ความหนาแน่นเสมือน น้ำหนักมาตรฐาน ความขาวสว่าง และการดูดซึม
4. การนำผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพไปวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูลเกณฑ์มาตรฐาน

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ เพื่อสร้างเป็นเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือได้รับการวิเคราะห์โดย ผู้เชี่ยวชาญทางสาขาเยื่อและกระดาษโดยเฉพาะ จำนวน 4 คน ซึ่งประกอบด้วย นักวิทยาศาสตร์สาขาเยื่อและกระดาษ ประจำห้องปฏิบัติการเยื่อและกระดาษ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการจำนวน 1 คน และ นักวิชาการเยื่อและกระดาษประจำห้องปฏิบัติการเยื่อและกระดาษ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการจำนวน 3 คน

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกณฑ์มาตรฐาน

การวิเคราะห์เกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสาในภาคเหนือปรากฏผลว่า ด้านการยึดตัว มีค่าร้อยละ 1.0 ด้านการต้านทานแรงดึงมีค่า 0.4 กิโลนิวตันต่อเมตร ด้านการต้านทานแรงฉีกขาดมีค่า 771.0 มิลลินิวตัน ด้านความหนาแน่นเสมือนมีค่า 213.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ด้านน้ำหนักมาตรฐานมีค่า 39.8 กรัมต่อตารางเมตร ด้านความขาวสว่างมีค่าร้อยละ 55.1 และด้านการดูดซึมมีค่า 5.0 วินาที ข้อมูลที่ได้จะใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ สำหรับการเปรียบเทียบกับกระดาษสาชนิดผสมต่อไป

การผลิตกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อจากฟางข้าว

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างจากการผลิตกระดาษสาชนิดผสมได้แก่ กระดาษสาชนิดผสมตามอัตราส่วนผสม จำนวนอัตราส่วนละ 15 แผ่น ดังนี้

A/20:80,	B/25:75,	C/30:70,	D/35:65,
E/40:60,	F/45:55,	G/50:50,	H/55:45,
I/60:40,	J/65:35,	K/70:30,	L/75:25,
M/80:20,	N/85:15,	O/90:10	และ P/95:05

เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตกระดาษสาชนิดผสม

เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตกระดาษสาชนิดผสมจึงได้แก่ วัสดุ และอุปกรณ์ในการทดลองผลิตกระดาษสาชนิดผสม ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตกระดาษด้วยมือ
2. วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษ

1. วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตกระดาษด้วยมือ

วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตกระดาษด้วยมือ แบ่งออกได้ตามกรรมวิธีของการผลิตกระดาษด้วยมือ ดังนี้

1.1 การทำเยื่อกระดาษมีวัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ ดังนี้

วัสดุ ที่ใช้ในการทำเยื่อกระดาษได้แก่ เปลือกสาแห้ง ฟางข้าว น้ำสะอาด สารละลายต่าง และถ่านหุงต้ม

อุปกรณ์ ที่ใช้ในการทำเยื่อกระดาษได้แก่ ถังต้มเยื่อ เตาถ่าน เครื่องตีเยื่อ ตะแกรงมุ้งลวด เครื่องขังสารเคมี ไม้พาย ถังพลาสติก เครื่องขังเยื่อ เครื่องมือควบคุมความชื้นเหลว และกระดาษทดสอบหาค่าความเป็นกรด - ด่าง

1.2 การฟอกขาวเยื่อกระดาษมีวัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ ดังนี้

วัสดุ ที่ใช้ในการฟอกขาวเยื่อกระดาษได้แก่ น้ำสะอาด คลอรีนผง และแกสหุงต้ม

อุปกรณ์ ที่ใช้ในการฟอกขาวเยื่อกระดาษได้แก่ หม้ออลูมิเนียม เตาแกส เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ถังน้ำที่ทำด้วยผ้ามุ้ง ถังพลาสติกมีฝาปิด เครื่องขังสารเคมี กระบอกตวง และกระดาษทดสอบหาค่าความเป็นกรด - ด่าง

1.3 การทำแผ่นกระดาษมีวัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ ดังนี้

วัสดุ ที่ใช้ในการทำแผ่นกระดาษได้แก่ น้ำสะอาด และกาวจากพืช
 อุปกรณ์ ที่ใช้ในการทำแผ่นกระดาษได้แก่ เครื่องตีไข่ เครื่องตีเยื่อ
 ตะแกรงร่อนเยื่อ อ่างร่อนเยื่อ กระบอกตวง เครื่องขังสารเคมี ตะแกรงร่อนแป้ง และเครื่องมือ
 ควบคุมความชื้นเหลว

2. วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษ

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมรวม 7 ด้าน มีวัสดุ
 และอุปกรณ์ที่ต้องใช้ ดังนี้

วัสดุ ที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษได้แก่ ตัวอย่าง
 กระดาษสาชนิดผสม ระหว่างเยื่อสา กับเยื่อจากฟางข้าวอัตราส่วนละ 15 แผ่น
 อุปกรณ์ ที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษ ได้แก่
 เครื่องมือทดสอบหาค่าการยืดตัวและการต้านทานแรงดึง เครื่องมือทดสอบหาค่าการต้านทานแรง
 ดึงขาด เครื่องมือทดสอบหาค่าความหนาแน่นเสมือน เครื่องมือทดสอบหาค่าน้ำหนักมาตรฐาน
 เครื่องมือทดสอบหาค่าความขาวสว่าง และเครื่องมือทดสอบหาค่าการดูดซึม

การดำเนินการผลิตกระดาษสาชนิดผสม

แบ่งการทดลองออกเป็นลำดับขั้น ดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบในการทำเยื่อกระดาษ
2. การเตรียมเยื่อกระดาษ
3. การผสมเยื่อสา กับเยื่อจากฟางข้าวตามอัตราส่วนกำหนด
4. การนวดเยื่อเพื่อใช้ทำกระดาษ
5. การฟอกขาวเส้นเยื่อกระดาษ
6. การทำแผ่นกระดาษ
7. การส่งตัวอย่างกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อจากฟางข้าว 16

อัตราส่วนไปทดสอบหาค่าคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษในด้าน การยืดตัว การต้านทานแรงดึง
 การต้านทานแรงดึงขาด ความหนาแน่นเสมือน น้ำหนักมาตรฐาน ความขาวสว่าง และการดูดซึม

8. การนำผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพไปวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตกระดาษสาชนิดผสม

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อจาก ฟางข้าว ได้รับการวิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญทางสาขาเยื่อและกระดาษโดยเฉพาะ จำนวน 4 คน ซึ่งประกอบด้วย นักวิทยาศาสตร์สาขาเยื่อและกระดาษประจำห้องปฏิบัติการเยื่อและกระดาษ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการจำนวน 1 คน และนักวิชาการเยื่อและกระดาษประจำห้องปฏิบัติการเยื่อและกระดาษ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการจำนวน 3 คน

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตกระดาษสาชนิดผสม

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อจากฟางข้าว ปรากฏผลว่า ด้านการยึดตัวอัตราส่วน H/55:45, I/60:40, J/65:35, K/70:30, L/75:25, M/80:20 และ P/95:05 มีการยึดตัวต่ำที่สตร้อยลย 1.0 อัตราส่วน A/20:80 มีการยึดตัวสูงที่สตร้อยลย 2.6 ด้านการต้านทานแรงดึงอัตราส่วน 0/90:10 และ P/95:05 มีการต้านทานแรงดึงต่ำที่สุด 0.4 กิโลนิวตันต่อเมตร อัตราส่วน A/20:80 มีการต้านทานแรงดึงสูงที่สุด 1.8 กิโลนิวตันต่อเมตร ด้านการต้านทานแรงฉีกขาดอัตราส่วน 0/90:10 มีการต้านทานแรงฉีกขาดต่ำที่สุด 1429.0 มิลลินิวตัน อัตราส่วน E/40:60 มีการต้านทานแรงฉีกขาดสูงที่สุด 2682.0 มิลลินิวตัน ด้านความหนาแน่นเสมือนอัตราส่วน P/95:05 มีความหนาแน่นเสมือนต่ำที่สุด 184.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตราส่วน A/20:80 มีความหนาแน่นเสมือนสูงที่สุด 340.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ด้านน้ำหนักมาตรฐาน อัตราส่วน A/20:80 มีน้ำหนักมาตรฐานที่สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด 56.5 กรัมต่อตารางเมตร อัตราส่วนที่เหลือทั้งหมดอยู่ในมาตรฐานที่กำหนดไว้อยู่ระหว่าง 35.0 - 55.0 กรัมต่อตารางเมตร ด้านความขาวสว่างอัตราส่วน B/25:75 มีความขาวสว่างต่ำที่สตร้อยลย 68.1 อัตราส่วน 0/90:10 มีความขาวสว่างสูงที่สตร้อยลย 75.7 ด้านการดูดซึม อัตราส่วน L/75:25 และ M/85:15 มีการดูดซึมต่ำที่สุด 6 วินาที อัตราส่วน K/70:30 มีการดูดซึมสูงที่สุด 16 วินาที

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล อัตราส่วนผสมทั้ง 16 อัตราส่วนมีคุณสมบัติทางกายภาพที่
 สกกว่าเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ สามารถนำไปใช้ผลิตเป็นกระดาษสาชนิดผสมได้
 มีเพียงอัตราส่วน 0/90:10 และ P/95:05 ที่มีคุณสมบัติด้าน ความหนาแน่นเสมือนที่ต่ำกว่า
 มาตรฐานกระดาษสาอยู่ระหว่าง 196.0 - 148.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน
 กระดาษสาที่ผลิตด้วยมือจะมีค่าความหนาแน่นเสมือน 213.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การที่จะ
 สรุปว่ากระดาษสาชนิดผสมอัตราส่วนใดมีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุด จึงต้องใช้คุณสมบัติด้านอื่น ๆ ของ
 กระดาษสาชนิดผสมมาประกอบการพิจารณาตัดสินได้แก่ ลักษณะและคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ใกล้เคียง
 กับกระดาษสามากที่สุด รวมทั้งอัตราส่วนผสมนั้นเมื่อนำไปผลิตเป็นกระดาษสาชนิดผสมแล้วจะต้อง
 คำนึงค่ากับการลงทุนในแง่ของเศรษฐกิจ จากเกณฑ์การพิจารณาดังกล่าวอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด
 ได้แก่ อัตราส่วน E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45, I/60:40, J65:35,
 และ K/70:30 อัตราส่วนผสมดังกล่าวใช้เยื่อสา ผสมกับเยื่อฟางข้าวโดยใช้เยื่อสาร้อยละ 40
 - 70 ของเยื่อฟางข้าวสำหรับการผลิตเป็นกระดาษสาชนิดผสมแบบดกซ้อน

อภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง การคัดเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม และการผลิตกระดาษสาชนิดผสม สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. การคัดเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำมาผสมกับเชื้อสา ผลการวิเคราะห์พบว่า เชื้อจากฟางข้าวมีความเหมาะสมที่สุดเพราะ

1.1 ไม่ต้องใช้ระยะเวลาในการเตรียมวัตถุดิบเนื่องจากฟางข้าวเป็นพืชที่มีลักษณะแห้งอย่างเหมาะสมอยู่แล้วภายหลังการเก็บเกี่ยวผู้ผลิตกระดาษ สามารถนำเอาฟางข้าวไปผลิตเป็นเชื้อกระดาษได้ทันที

1.2 ใช้ระยะเวลาในการต้มต่ำเพียง 3.45 ชั่วโมง หากต้องการลดระยะเวลาในการต้มลงเพื่อการประหยัดเชื้อเพลิงก็สามารถทำได้โดยวิธีการ หมักฟางข้าว ทั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ สุนจน์ ไข่เทียมวงศ์ (2528 : 197) พบว่า หากหมักฟางข้าวในน้ำเป็นเวลาประมาณ 20 วัน นำเข้าเครื่องบดเชื้อโดยใช้เวลา 15 นาที จากนั้นนำมาต้มด้วยสารละลายต่างที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลาเพียง 3 - 5 นาที เส้นใยเซลลูโลสในฟางข้าวจะถูกกักสี และย่อยสลายกลายเป็นเชื้อกระดาษอย่างสมบูรณ์

1.3 ให้ปริมาณของเส้นเชื้อสักร้อยละ 63 รองจากกยูนนานซึ่งให้ปริมาณของเส้นเชื้อสูงที่สุดร้อยละ 75 แต่ฟางข้าวหาได้ง่ายกว่ากยูนนาน ทั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ กรมส่งเสริมการเกษตร (2529 : 16) พบว่า กยูนนานมีการเพาะปลูกเฉพาะที่ ตำบล ห้วยไคร้ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย มีพื้นที่การปลูก 570 ไร่ เพื่อใช้ในการทอเสื่อ

1.4 ราคาซื้อขายฟางข้าวในท้องถิ่นต่ำประมาณกิโลกรัมละ 50 สตางค์ สำหรับกลุ่มผลิตกระดาษสาในภาคเหนือหากนำเอาฟางข้าวมาผลิตเป็นเชื้อกระดาษแล้ว ก็สามารถหาฟางข้าวได้ง่ายไม่ต้องซื้อ เพราะกลุ่มผลิตกระดาษสาส่วนใหญ่มีอาชีพหลักในการทำนาอยู่แล้ว จึงมีฟางข้าวเหลืออยู่มากมาภายหลังการเก็บเกี่ยว ทั้งนี้สอดคล้องกับ ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ (2532 : 8) กล่าวว่า ผู้ผลิตกระดาษสาในภาคเหนือจะผลิตกระดาษสาเฉพาะในฤดูหนาว และฤดูแล้งซึ่งวัตถุดิบหาได้ง่าย ส่วนในฤดูฝนก็จะทำนาซึ่งเป็นอาชีพหลัก

1.5 เชื้อจากฟางข้าวมีคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อชนิดเส้นใยสั้นอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมได้แก่ มีการต้านทานแรงฉีกขาดสูงที่สุด 219 มิลลินิวตัน ซึ่งใกล้เคียงกับ มาตรฐานของกระดาษเหนียวที่มีน้ำหนักมาตรฐาน 30 - 35 กรัมต่อตารางเมตร กำหนดไว้ว่าต้องมีค่าการต้านทานแรงฉีกขาด ไม่น้อยกว่า 206 - 235 มิลลินิวตัน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2523 ค : 10) ทั้งนี้สอดคล้องกับ อร่าม อุดล (2530 ก : 41) กล่าวว่า การต้านทานแรงฉีกขาดเมื่อมีฟรีเนส (Freeness) ตามกำหนดเป็นคุณลักษณะที่ดีของเชื้อ

เยื่อจากฟางข้าวยังมีความขาวสว่างสูงที่สุดร้อยละ 74.7 ใกล้เคียงกับ มาตรฐานของกระดาษพิมพ์และเขียน กำหนดไว้ว่าต้องมีค่าความขาวสว่างไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2521 ข : 7) แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะพิเศษของเยื่อจากฟางข้าว เพราะวิธีการฟอกขาวเยื่อให้ได้ความขาวตามมาตรฐานกำหนดจะต้องใช้วิธีการฟอกขาวที่เรียกว่า ซีอีเอชดี ซึ่งมีวิธีการและขั้นตอนที่ซับซ้อนมาก สามารถเตรียมได้เฉพาะในห้องปฏิบัติการ หรือ โรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้น แต่เยื่อจากฟางข้าวเพียงแต่ใช้คลอรีนผงในการฟอกขาวเยื่อฟางข้าวที่ได้ก็มีค่าความขาวสว่างที่ใกล้เคียงกับมาตรฐาน นอกจากนั้นคุณสมบัติทางกายภาพในด้านอื่นได้แก่ ความหนาแน่นเสมือน ภายหลังจากที่ได้ทำการพัฒนาเยื่อแล้วก็ได้ค่าความหนาแน่นเสมือนสูงขึ้นเป็น 292.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพในด้านการยึดตัว และการต้านทานแรงดึงสูงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้สอดคล้องกับ สมชาติ รุ่งอินทร์ (2528 : 19) กล่าวว่า ความหนาแน่นเสมือนเป็นคุณลักษณะที่สำคัญอย่างยิ่งของเยื่อเมื่อทำเป็นแผ่นทดสอบ เพราะเป็นสิ่งบ่งชี้ถึงความมากน้อยในการบดเยื่อ และการต้านทานแรงดึง ความหนาแน่นเสมือนมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับการต้านทานแรงดึง

ดังนั้นเยื่อฟางข้าวจึงมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปผสมกับเยื่อสา ทั้งนี้เป็นไปตามสมมุติฐานในข้อที่หนึ่ง ผู้วิจัยจึงได้นำเอาเยื่อฟางข้าวมาทดลองผสมกับเยื่อสาเพื่อผลิตเป็นกระดาษสาชนิดผสมต่อไป อนึ่งจากการทดลองผลิตกระดาษจากเยื่อชนิดเส้นใยสั้นยังพบว่า เยื่อแต่ละชนิดเมื่อนำมาผลิตเป็นแผ่นกระดาษจะมีลักษณะของพื้นผิว (Texture) ที่สวยงามแตกต่างกันออกไป สามารถนำมาใช้กับงานด้านศิลปหัตถกรรมที่ต้องการแสดงลักษณะของพื้นผิวกระดาษได้หลายแขนง เช่น ศิลปะภาพพิมพ์ งานดอกไม้ประดิษฐ์ หรืองานศิลปกรรมแขนงใหม่ ที่เรียกว่า งานศิลปด้วยกระดาษ (Paper Work) ทั้งนี้สอดคล้องกับ นิพนธ์ สุข (2534 : 39) กล่าวว่า งานศิลปด้วยกระดาษเป็นงานที่แสดงลักษณะพิเศษที่สวยงามของกระดาษ ผสมกับความคิดสร้างสรรค์โดยการผสมเยื่อหลาย ๆ ชนิด หรือ อาจรวมทั้งเศษวัสดุอื่น ๆ เช่น เศษผ้า ใบและกิ่งไม้ เป็นต้น เข้าด้วยกันงานดังกล่าวทรงคุณค่าทางศิลป และมีราคาแพง

2. การผลิตกระดาษสาชนิดผสม แบ่งออกได้เป็น 2 ตอน สามารถอภิปรายผล ได้ดังนี้

2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือจากการวิเคราะห์พบว่า ด้านการยึดตัวมีค่าร้อยละ 1.0 ด้านการต้านทานแรงดึงมีค่า 0.4 กิโลนิวตันต่อเมตร ด้านการต้านทานแรงฉีกขาดมีค่า 771.0 มิลลินิวตัน ด้านความหนาแน่นเสมือนมีค่า 213.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ด้านน้ำหนักมาตรฐานมีค่า 39.8 กรัมต่อตารางเมตร ด้านความขาวสว่างมีค่าร้อยละ 55.1 และด้านการดูดซึมมีค่า 5.0 วินาที

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาได้เคยมีการทดสอบมาแล้วโดย วันทนีย์ สาตราคม, นิโบล เดชาติวงศ์ และรุ่งอรุณ ศิริพันธุ์ (2526 : 1/1-1/17) และนัยนา นิยมวัน, อัญชลี กมลรัตนกุล และลลิตา หาญวงษ์สิทธิ์ (2526 : 6/1-6/12) แต่เป็นการทดสอบโดยวิธีการเตรียมเยื่อ และผลิตกระดาษสาในห้องปฏิบัติการ ไม่ใช่โดยการสุมตัวอย่างกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือมาทดสอบได้กำหนดให้ค่าน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษสาที่ใช้ทดสอบอยู่ระหว่าง 61.11 - 63.09 กรัมต่อตารางเมตร มีผลการทดสอบดังนี้ ด้านการยืดตัวมีค่าร้อยละ 3.42 ด้านการต้านทานแรงดึงมีค่า 5.20 กิโลนิวตันต่อเมตร ด้านการต้านทานแรงฉีกขาดมีค่า 88 มิลลินิวตัน ด้านความหนาแน่นเสมือนมีค่า 0.711 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ด้านความขาวสว่างมีค่าร้อยละ 72 จะเห็นว่าผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพในด้านต่าง ๆ มีความแตกต่างกันที่เป็นดังนี้เพราะกระดาษสาที่มีค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ต่างกัน ประการสำคัญกระดาษสดังกล่าวได้ถูกเตรียม และผลิตขึ้นมาอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นกระดาษสาที่ได้จึงยังคงคุณสมบัติที่ดีของเยื่อและกระดาษไว้ได้อย่างสมบูรณ์โดยไม่ถูกทำลาย ซึ่งผิดกับกระดาษที่ผลิตขึ้นด้วยมือโดยกลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาในภาคเหนือ คุณสมบัติที่ดีของเยื่อสาถูกทำลายไปโดยกรรมวิธีการผลิตในขั้นตอนต่าง ๆ ที่ไม่ได้มาตรฐาน และขาดการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ เช่น ระยะเวลาการต้ม ปริมาณของสารเคมี และระยะเวลาการบดเยื่อ เป็นต้น จึงทำให้ได้คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาที่ได้แตกต่างกันออกไป

2.2 ผลการผลิตกระดาษสาชนิดผสมระหว่างเยื่อสา กับเยื่อฟางข้าว จากผลการวิเคราะห์พบว่า

2.2.1 อัตราส่วนผสมทั้ง 16 อัตราส่วน มีคุณสมบัติที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือสามารถนำมาใช้ผลิตกระดาษสาได้ดี ทั้งนี้เป็นไปตามสมมติฐานในข้อที่สอง มีเพียงอัตราส่วน 0/90:10 และ P/95:05 เท่านั้นที่มีคุณสมบัติด้าน ความหนาแน่นเสมือนที่ต่ำกว่ามาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือไปเพียงเล็กน้อย

2.2.2 อัตราส่วนที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตเป็นกระดาษสาชนิดผสมได้แก่ อัตราส่วน E/40:60, F/45:55, G/50:50, H/55:45, I/60:40, J/65:35 และ K/70:30 ทั้งนี้เป็นไปตามสมมติฐานในข้อที่สาม อัตราส่วนผสมดังกล่าวใช้เยื่อสาผสมกับเยื่อฟางข้าว โดยใช้เยื่อสารร้อยละ 40 - 70 ของเยื่อฟางข้าว สำหรับการผลิตเป็นกระดาษสาชนิดผสมแบบตักซ้อน ทั้งนี้สอดคล้องกับ อร่าม อุดล (2530 ข : 35) กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (2524 ก : 7) และกองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (2527 ข : 11) กล่าวว่า อัตราส่วนระหว่างเส้นเยื่อใยยาว กับเส้นเยื่อใยสั้นที่โรงงานผลิตกระดาษใช้ย่อมมีการใช้เส้นเยื่อใยยาวระหว่างร้อยละ 40 - 70 ของเยื่อใยสั้น ซึ่งแล้วแต่ประเภทและการใช้งานของกระดาษ

นอกจากนั้น อัตราส่วนดังกล่าวยังแสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะที่สวองงามเป็นธรรมชาติของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือทกประการ ที่สำคัญก็คือ สามารถลดปริมาณการใช้เชื้อสาลงแต่ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้แก่ เชื้อสา 1 กิโลกรัม เมื่อนำไปผลิตเป็นกระดาษสาขนาด 50 X 60 เซนติเมตร น้ำหนักมาตรฐานประมาณ 40 กรัมต่อตารางเมตร ทั้งนี้ขึ้นกับความหนาบางของการดักซ้อน จะได้กระดาษสาประมาณ 85 - 100 แผ่น ราคาขายแผ่นละ 50 สตางค์ คิดเป็นเงิน 42.5 - 50 บาท (ปอกระสา. 2532 : 5) ผู้วิจัยได้ทดลองผลิตกระดาษสาชนิดผสมโดยใช้อัตราส่วน 1/50:50 โดยใช้เชื้อสา 0.5 กิโลกรัม ผสมกับเชื้อฟางข้าว 0.5 กิโลกรัมเท่ากัน ใช้ขนาด และน้ำหนักมาตรฐานเดียวกันคือประมาณ 40 กรัมต่อตารางเมตร นำมาผลิตเป็นกระดาษสาชนิดผสม พบว่าได้จำนวนกระดาษเพิ่มขึ้นเป็น 190 - 220 แผ่น หากขายในราคาเท่ากันคือ 50 สตางค์ คิดเป็นเงิน 95 - 110 บาท สามารถเพิ่มรายได้ให้กับผู้ผลิตกระดาษสาขึ้นอีกประมาณ 1 เท่า กระดาษสาชนิดผสมที่ผลิตได้ยังมีคุณสมบัติทางกายภาพที่สูงกว่ามาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ แต่ยังคงคุณลักษณะดั้งเดิมของกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ สามารถนำไปใช้ในงานทั่ว ๆ ไป หรืองานศิลปะหัตถกรรมทุก ๆ อย่างได้ตามความนิยม และความต้องการของท้องตลาดทุกประการ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ควรสนับสนุนให้มีการนำผลการวิจัยนี้ไปใช้โดยเฉพาะการผลิตกระดาษจากพืชชนิดเส้นใยสั้น ควรแยกการบดเชื้อออกเป็นสองครั้งได้แก่ ครั้งแรกควรบดเชื้อโดยใช้ระยะเวลาสั้นเพื่อให้ได้เชื้อที่มีลักษณะของเส้นใยยาว และหยาบ ครั้งที่สองควรบดเชื้อโดยใช้ระยะเวลาให้นานขึ้นเพื่อให้ได้เชื้อที่มีลักษณะของเส้นใยสั้น และละเอียด นำเชื้อทั้งสองชนิดมาผสมกัน โดยใช้อัตราส่วนเชื้อเส้นใยยาวร้อยละ 40 - 70 ของเชื้อเส้นใยสั้น เมื่อนำไปผลิตเป็นกระดาษแล้วจะได้กระดาษที่มีคุณสมบัติเหมาะสม และมีลักษณะของพื้นผิวที่สวยงาม

1.2 ควรสนับสนุนให้กลุ่มผู้ผลิตกระดาษสาในภาคเหนือได้มีการผลิตกระดาษสาชนิดผสมขึ้นมาใช้ทดแทนกระดาษสาแบบเดิม ซึ่งจะทำได้กระดาษสาที่มีคุณภาพดี และเป็นการลดปริมาณการใช้เชื้อสาให้น้อยลงแต่ได้ผลผลิตมากขึ้นกว่าเดิม

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาวิจัยการผลิตกระดาษสาชนิดผสม โดยใช้เชื้อชนิดเส้นใยสั้นอื่น ๆ เช่น กกขุนนาน ผักตบชวา และหญ้านน เป็นต้น ในการผสมกับเชื้อสา

2.2 ควรศึกษาวิจัยการผลิตกระดาษจากพืชชนิดเส้นใยสั้นอื่น ๆ เช่น หญ้านน ขอน ข่อย ต้นกล้วย และไมยราบยักษ์ เป็นต้น

2.3 ควรศึกษาวิจัยถึงกระบวนการที่จะพัฒนาให้กระดาษสา มีคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนาแน่นเสมือนเหมาะสมที่สุด

2.4 ควรศึกษาวิจัยกระบวนการฟอกขาวเชื้อสา ที่จะทำให้กระดาษสามีความขาวสว่างสูงสุด โดยไม่ทำลายคุณสมบัติในด้านอื่น ๆ ของเชื้อกระดาษสา

2.5 ควรศึกษาวิจัยกระบวนการที่ทำให้เชื้อสา มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในตะกักช้อน ทำให้ประหยัดการใช้เชื้อสา กระดาษสาที่ได้จะมีความหนาและน้ำหนักมาตรฐานใกล้เคียงกันทุก ๆ แผ่น

2.6 ควรศึกษาวิจัยเพื่อสร้างเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาในห้องปฏิบัติการเชื้อและกระดาษ เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการตรวจสอบคุณสมบัติในด้านต่าง ๆ ของกระดาษสา

מדחן ארז

บรรณานุกรม

- "การผลิตแสงชีวภาพจากวัชพืช," อุตสาหกรรมสาร. 33(1) : 24 ; มกราคม 2533.
จารุพันธ์ ทองแถม, ม.ล. สับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อักษรพิทยา, 2526.
- ฉลอง เอี่ยมอาทร. "การทำกระดาษจากต้นกระจุต," อุตสาหกรรมสาร. 28(10) : 46-48 ; ตุลาคม 2528. ก.
- _____. "การทำกระดาษจากผักตบชวา," อุตสาหกรรมสาร. 33(1) : 56-60 ; มกราคม 2533. ข.
- เฉลียว ปิยะชน. "การใช้กระดาษสาในการแพทย์," อุตสาหกรรมสาร. 32(4) : 19-20 ; เมษายน 2532.
- ชัยวัฒน์ กลั่นนาค. "กระดาษสาทนไฟ," อุตสาหกรรมสาร. 32(4) : 35 ; เมษายน 2532.
- ชโลมพร ชื่นฤทัย. "การฟอกและย้อมสีกระจุต," อุตสาหกรรมสาร. 30(1) : 57-62 ; ตุลาคม 2529.
- ชาญชัย ชาญชัยศึก. "อุตสาหกรรมผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ," ธนาคารกสิกรไทย. 3(1) : 84-85 ; มิถุนายน 2515.
- "เชื้อเพลิงเชื้อว," อุตสาหกรรมสาร. 33(1) : 21 ; มกราคม 2533.
- ไชยยศ เพชรบุรณิน. "การเกษตรของปอสา," ใน รายงานการสัมมนาเรื่องการพัฒนาปอสาเพื่ออุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ. หน้า 2/1-2/6. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2526.
- ไชยยศ เสมสันศักดิ์. "ว่าวกระดาษสา," อุตสาหกรรมสาร. 32(4) : 39-41 ; เมษายน 2532.
- ณรงค์ วุทธเสถียร. "อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ," วิทยาศาสตร์. 37(9-10) : 520-521 ; กันยายน-ตุลาคม 2526.
- ครุฑ เทียนเกษม. "ดอกไม้กระดาษสา," อุตสาหกรรมสาร. 32(4) : 33-34 ; เมษายน 2532.
- ทิววรรณ หนูวาทิ. "คุยกันเรื่องกก," โลกเกษตร. 6(8) : 32-36 ; พฤษภาคม-มิถุนายน 2529.
- ธีรพร วงศ์รัตน์. "การวิจัยเรื่องการทำเยื่อกระดาษ," วิทยาศาสตร์. 18(4) : 286-290 ; เมษายน 2507.

นฤเบศ สมฤทธิ. "เส้นห่อกระดาษสายังไม่สิ้น," สารคดี. 4(38) : 122-132 ; เมษายน 2531.

นฤมล เชิดชื่น. "การถักอวพรจากกระดาษสา," อุตสาหกรรมสาร. 32(4) : 37-39 ; เมษายน 2532.

นิธนา นิยมวัน, อัญชลี กมลรัตนกุล และลิขิต หาญจางสิทธิ์. "การศึกษาเบื้องต้นไม้โตเร็ว ธรรมชาติในโตรเจนเพื่อเป็นวัตถุดิบทดแทนในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ," ใน รายงานการสัมมนาเรื่องการพัฒนาปอสาเพื่ออุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ. หน้า 6/1-6/12. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2526.

นุทอง ภูเจริญ, ชัยนันท หิรัญพันธ์ และถาวร รัตน. รายงานการวิจัยเรื่องกระดาษสา. เชียงใหม่ : คณะศิลปกรรม มหาวิทยาลัยพายัพ เชียงใหม่, 2530. อัดสำเนา.

ปรีชา อัญญติ. "การผลิตปอหมักจากผักตบชวาของโครงการปรับปรุงบึงมักกะสันอันเนื่องมาจากพระราชดำริ," อุตสาหกรรมสาร. 33(1) : 63-64 ; มกราคม 2533.

ประภาส วีระแพทย์. ความรู้เรื่องข้าว. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, 2526.

"ประวัติผักตบชวา," อุตสาหกรรมสาร. 33(1) : 1-6 ; มกราคม 2533.

ปศุสัตว์จังหวัดนครศรีอยุธยา, สำนักงาน. "การใช้ผักตบชวาเป็นอาหารสัตว์," อุตสาหกรรมสาร. 33(2) : 57-59 ; กุมภาพันธ์ 2533.

ป่าไม้, กรม. สถิติการป่าไม้ของประเทศไทยปี 2532. กรุงเทพฯ : กองแผนงาน กรมป่าไม้, 2532.

"ปอกระดาษ," อุตสาหกรรมสาร. 32(4) : 1-5 ; เมษายน 2532.

พิษณุ ศก. "งานกระดาษ," ศิลปวัฒนธรรม. 12(9) : 38-39 ; กรกฎาคม 2534.

มนัส กัมพูกุล. "คำแนะนำการปลูกต้นสา," เทคโนโลยี. 11(3) : 3-6 ; กันยายน 2533.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. กระดาษทำลูกฟูก มอก.321-2522. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2523. ก.

_____ . กระดาษพิมพ์และกระดาษเขียน มอก.287-2521. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2521. ข.

_____ . กระดาษเหนียว มอก.170-2529. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2523. ค.

เขาวนิต ทองพาสจุลจະ และกฤษณา รวยอาจีน. "การทำกระดาษสาในภาคเหนือ."

อุตสาหกรรมสาร. 29(2) : 5-15 ; กุมภาพันธ์ 2529.

ลิขิต หาญจางสิทธิ์ และนิยนา นิยมวัน. "เชื้อกระดาษจากไม้โตเร็ว," โรงงาน. 8(8) :

23-32 ; ตุลาคม 2531-มกราคม 2532.

วันทนี สาทราคม, นิโบล เดชาติวงศ์ และรุ่งอรุณ ศิริพันธ์. "การศึกษาการทำเชื้อและกระดาษจากปอสา," ใน รายงานการสัมมนาเรื่องการพัฒนาปอสาเพื่ออุตสาหกรรมเชื้อและกระดาษ. หน้า 1/1-1/17. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2526.

วิทย์ สัตยารักษ์วิทย์ และณัฏพล ชันธุไชย. การกระจายเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมในครอบครัวศึกษาเฉพาะกรณีเครื่องตีเชื้อสาและเครื่องจักตอกไม้ไผ่. กรุงเทพฯ : คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2530. อัดสำเนา.

เศรษฐกิจอุตสาหกรรม, กอง. รายงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรมเฉพาะประเภท. กรุงเทพฯ :

: กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักปลัดกระทรวง, 2524. ก.

_____. รายงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรมเฉพาะประเภท. กรุงเทพฯ : กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักปลัดกระทรวง, 2527. ข.

ส่งเสริมการเกษตร, กรม. กก. กรุงเทพฯ : กองเกษตรสัมพันธ์ กรมส่งเสริมการเกษตร, 2529. ก.

_____. การปลูกสับปะรด. กรุงเทพฯ : กองเกษตรสัมพันธ์ กรมส่งเสริมการเกษตร, 2531. ข.

ส่งเสริมการเกษตรจังหวัดเชียงราย, ฝ่าย. สถิติการปลูกพืชปีการเพาะปลูก 2532/2533.

จังหวัดเชียงราย : ฝ่ายส่งเสริมการเกษตร จังหวัดเชียงราย, 2533.

ส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรม. โครงการลงทุนอุตสาหกรรมกระดาษสา และการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษสา. กรุงเทพฯ : ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2531.

ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ, ศูนย์. การส่งเสริมพัฒนากระดาษสา และการตลาด.

เชียงใหม่ : ฝ่ายเทคโนโลยี 2 ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ, 2523. ก.

_____. เครื่องตีเชื้อสา. เชียงใหม่ : ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2531. ข.

สมชาติ รุ่งอินทร์. ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับงานวิเคราะห์ทดสอบเชื้อและกระดาษ.

กรุงเทพฯ : ห้องปฏิบัติการเชื้อและกระดาษ กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2528.

สุนจน์ ไข่มวงค์. "การผลิตเชื้อกระดาษโดยกรรมวิธีหมักจากฟางข้าว," วิทยาศาสตร์.

5(39) : 195-200 ; พฤษภาคม 2528.

อนชาติ มาชนะสารวุฒิ. "งานวิจัยคุณภาพชุดผ้าตัดกระดาษ," อุตสาหกรรมสาร. 4(32)
: 22-24 ; เมษายน 2532.

อินชา อิมเอิบ. "พรีอวากับงานกระดาษ," บ้านและการตกแต่ง. 4(37) : 82-85
: มิถุนายน 2534.

อร่าม อุดล. "คุณลักษณะเยื่อที่ถักเม้น," โรงงาน. 5(1) : 31-35 ; ตุลาคม 2528 -
มกราคม 2529. ก.

_____. "ทำไมโรงงานกระดาษจึงขาดทุน," โรงงาน. 6(1) : 30-34 ; ตุลาคม
2529 - มกราคม 2530. ข.

อารยา ดำรงค์ดี. สู่ทางการลงทุนอุตสาหกรรมกระดาษ. เชียงใหม่ : ศูนย์เศรษฐกิจ
อุตสาหกรรมภาคเหนือ กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2531.

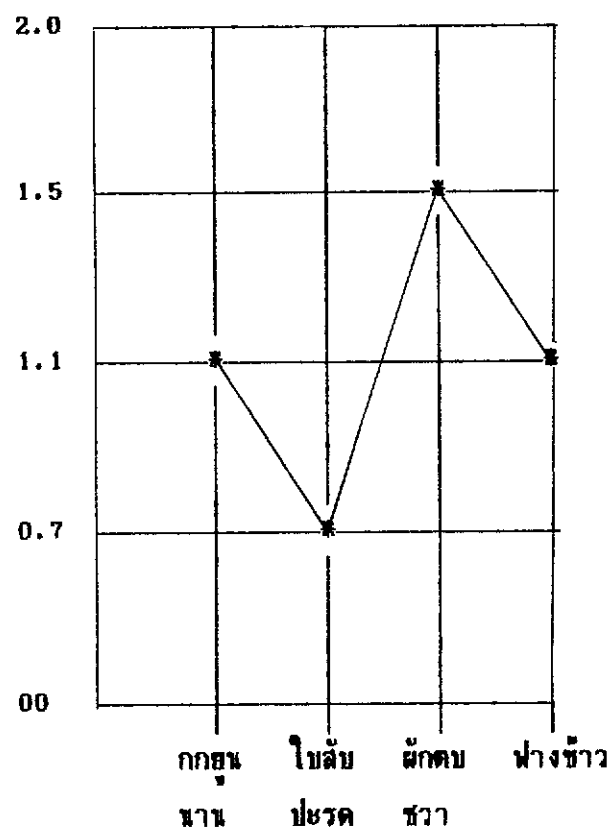
อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ. กรุงเทพฯ : ฝ่ายเอกสารและเผยแพร่ บริษัทเครือซีเมนต์ไทย
จำกัด, 2532.

ISO. International Organization for Standardization Catalogue. Print
in Switzerland : Case Postale 56. CH-1211 Geneve 20 Switzerland,
1991.

ကမ္ဘာကျော်

กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ผลิตจากนิรโรคเล้าน้อย
ทดสอบโดย ห้องปฏิบัติการเยื่อและกระดาษ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ

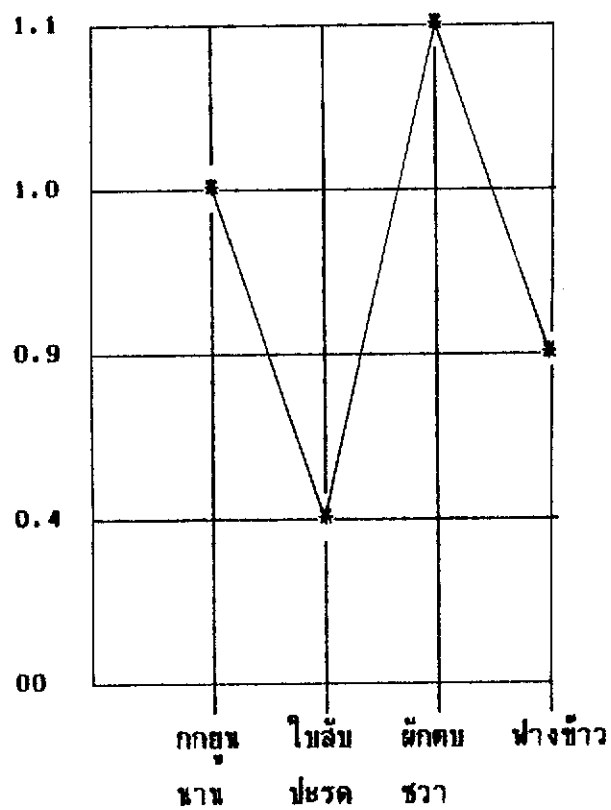
การยึดตัว
(ร้อยละ)



นิชชนิดเส้นใยที่มัลลัสมีคุณสมบัติเหมาะสม

ภาพประกอบ 12 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านการยึดตัวของกระดากที่ผลิตจากนิชชนิดเส้นใย

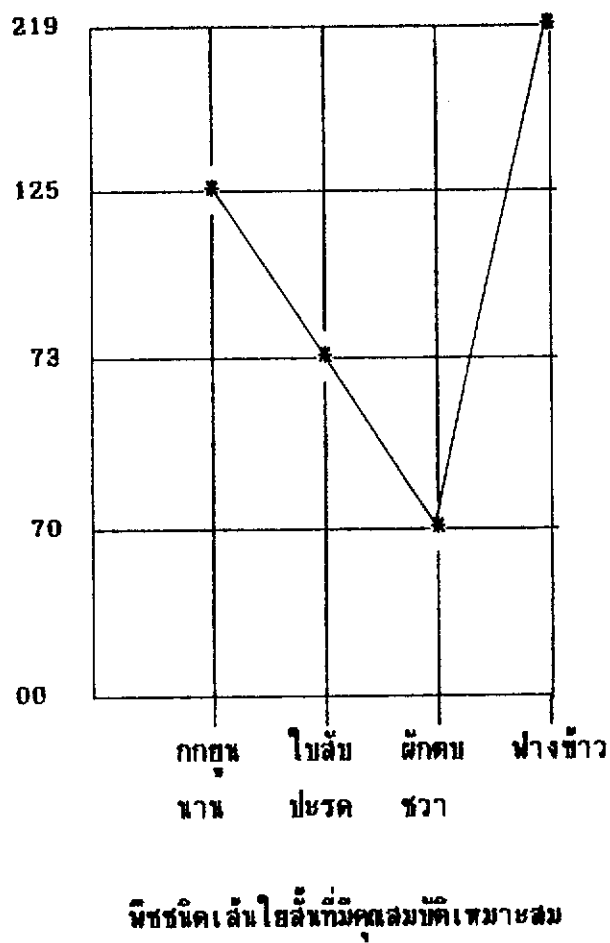
การต้านทานแรงดึง
(กิโลนิวตันต่อเมตร)



พิชชคณิตเส้นใยสังเคราะห์ผสมกับซีเมนต์

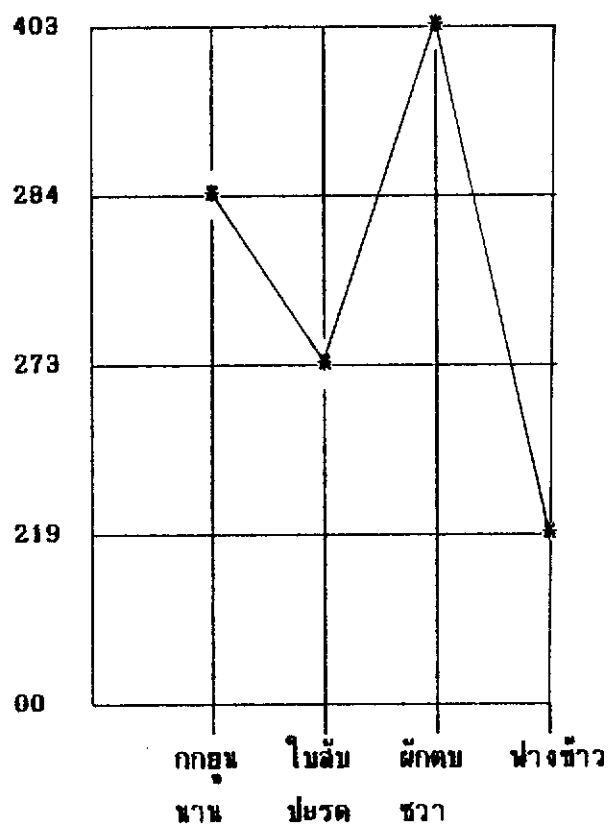
ภาพประกอบ 13 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านการต้านทานแรงดึงของกระดาด
ที่ผลิตจากพิชชคณิตเส้นใยสังเคราะห์

การต้านทานแรงฉีกขาด
(มิลลิวัตต์)



ภาพประกอบ 14 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านการต้านทานแรงฉีกขาดของกระดาษ
ที่ผลิตจากพืชชนิดเส้นใย

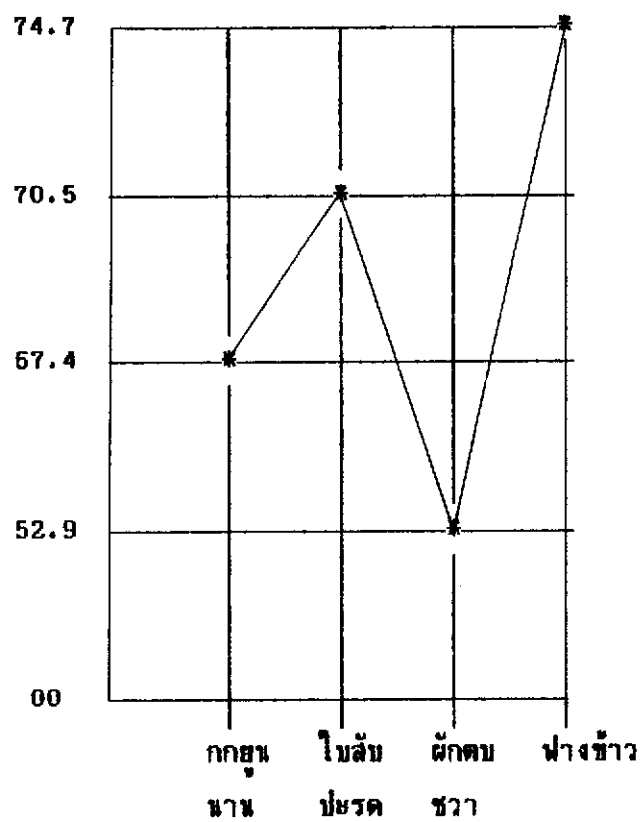
ความหนาแน่นเสมือน
(กิโลกรัมกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)



นิทรรศน์เส้นใยเส้นใยที่มีคุณสมบัติเหมาะสม

ภาพประกอบ 15 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนาแน่นเสมือนของกระดาษ
ที่ผลิตจากนิทรรศน์เส้นใยเส้นใย

ความขาวสว่าง
(ร้อยละ)

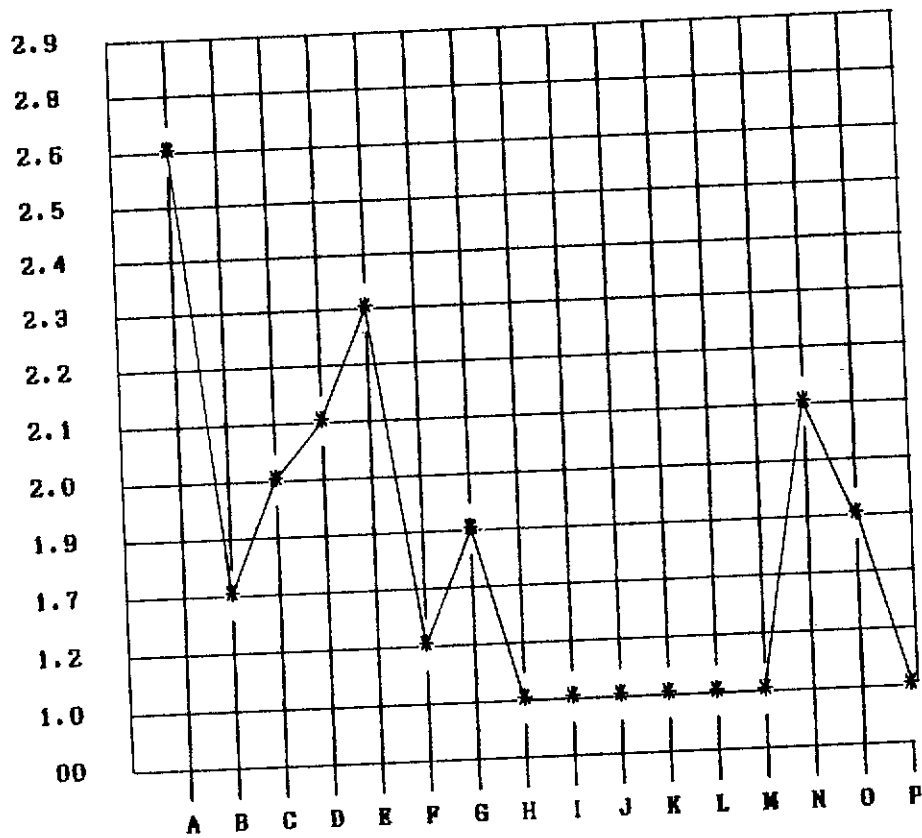


พืชชนิดเส้นใยที่มีคุณสมบัติเหมาะสม

ภาพประกอบ 16 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านความขาวสว่างของกระดาษ
ที่ผลิตจากพืชชนิดเส้นใย

กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษสาชนิดผสม
ทดสอบโดยห้องปฏิบัติการเยื่อและกระดาษ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ

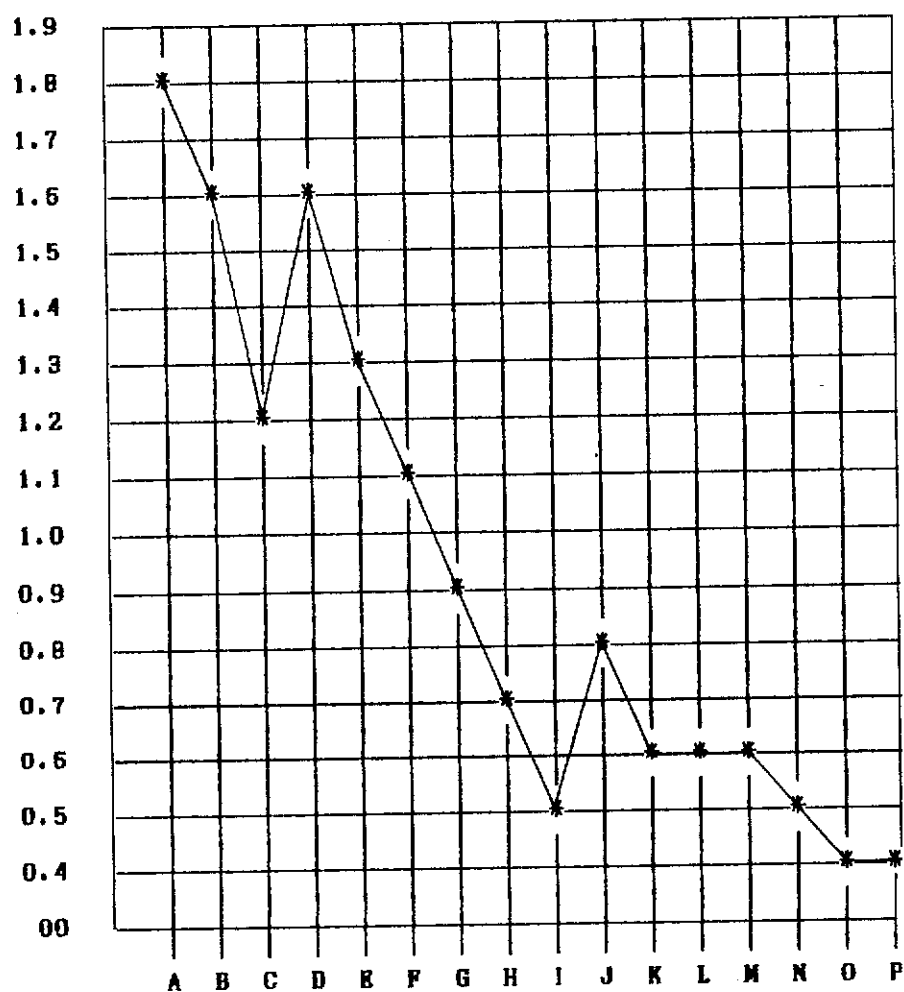
การยึดตัว
(ร้อยละ)



อัตราส่วนผลระหว่างเชื้อสา กับเชื้อฟางข้าวอัตราส่วน A - P

ภาพประกอบ 17 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านการยึดตัวของกระดาสาชนิดผสม

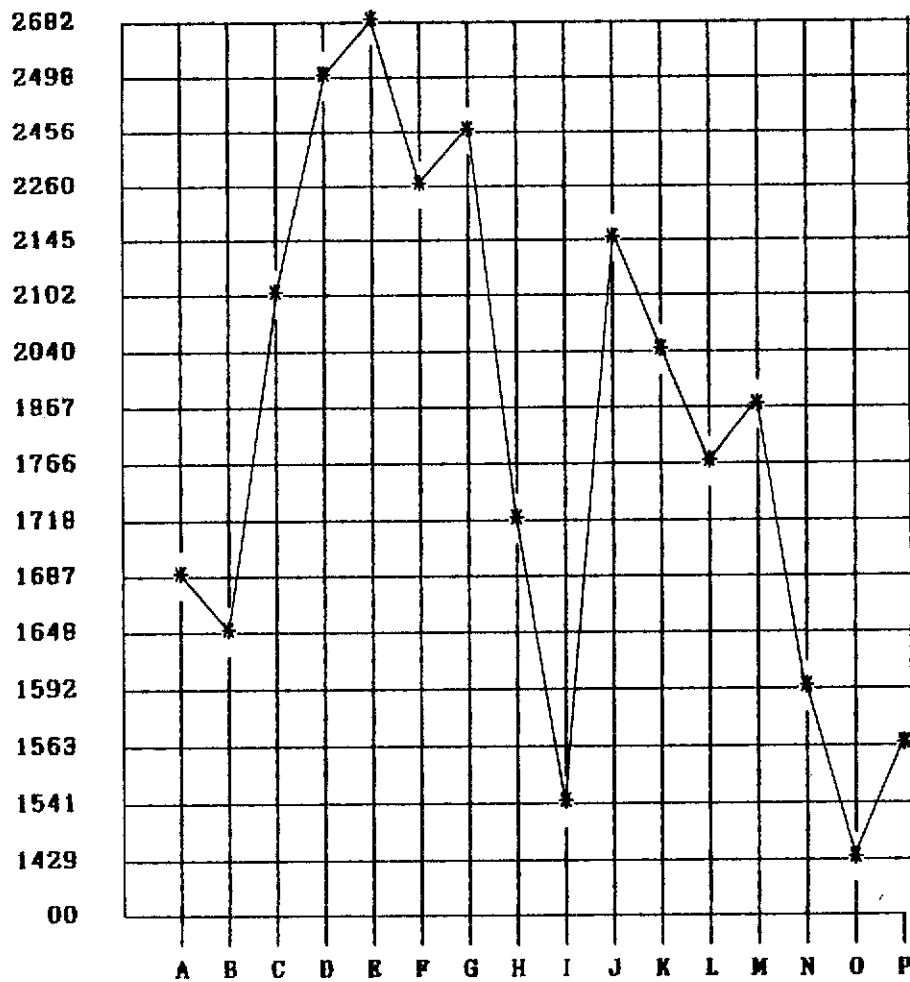
การต้านทานแรงดึง
(กิโลนิวตันต่อเมตร)



อัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อฟางข้าวอัตราส่วน A - P

ภาพประกอบ 18 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านการต้านทานแรงดึงของกระดาษสา
ชนิดผสม

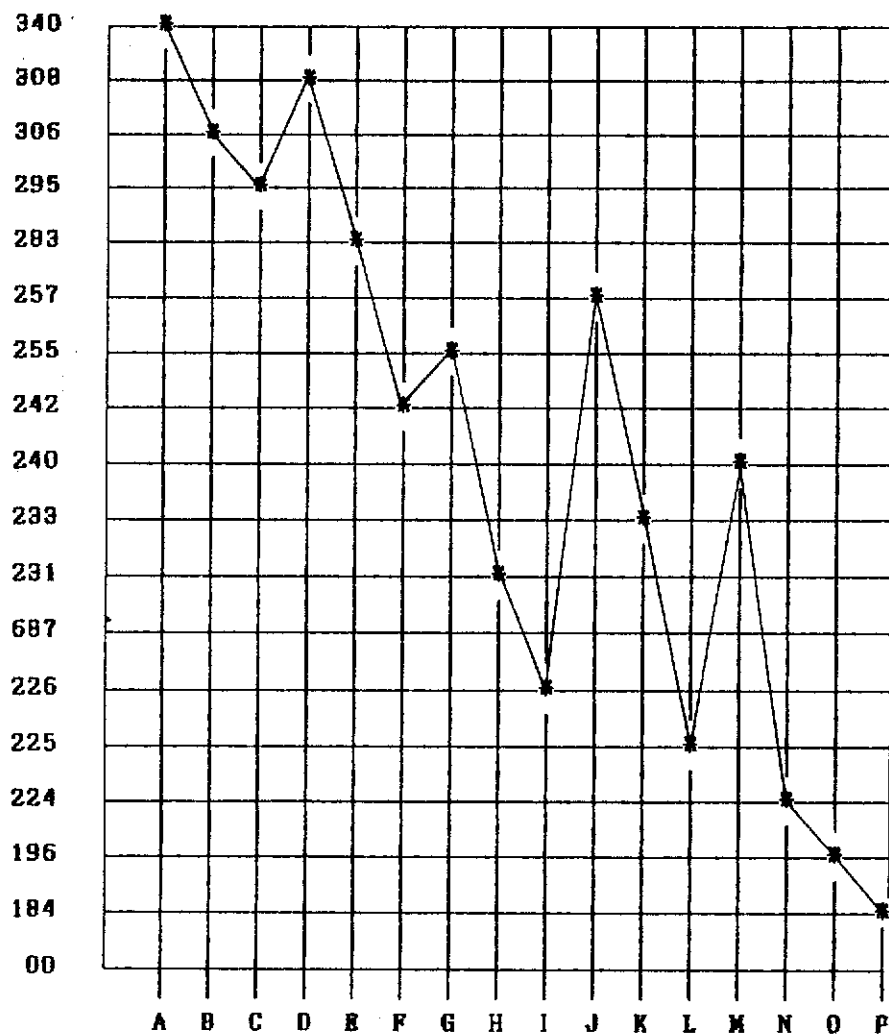
การต้านทานแรงฉีกขาด
(มิลลิวัตต์)



อัตราส่วนผลระหว่างเนื้อสา กับเนื้อฟางข้าวอัตราส่วน A - P

ภาพประกอบ 19 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านการต้านทานแรงฉีกขาดของกระดาษสาชนิดผสม

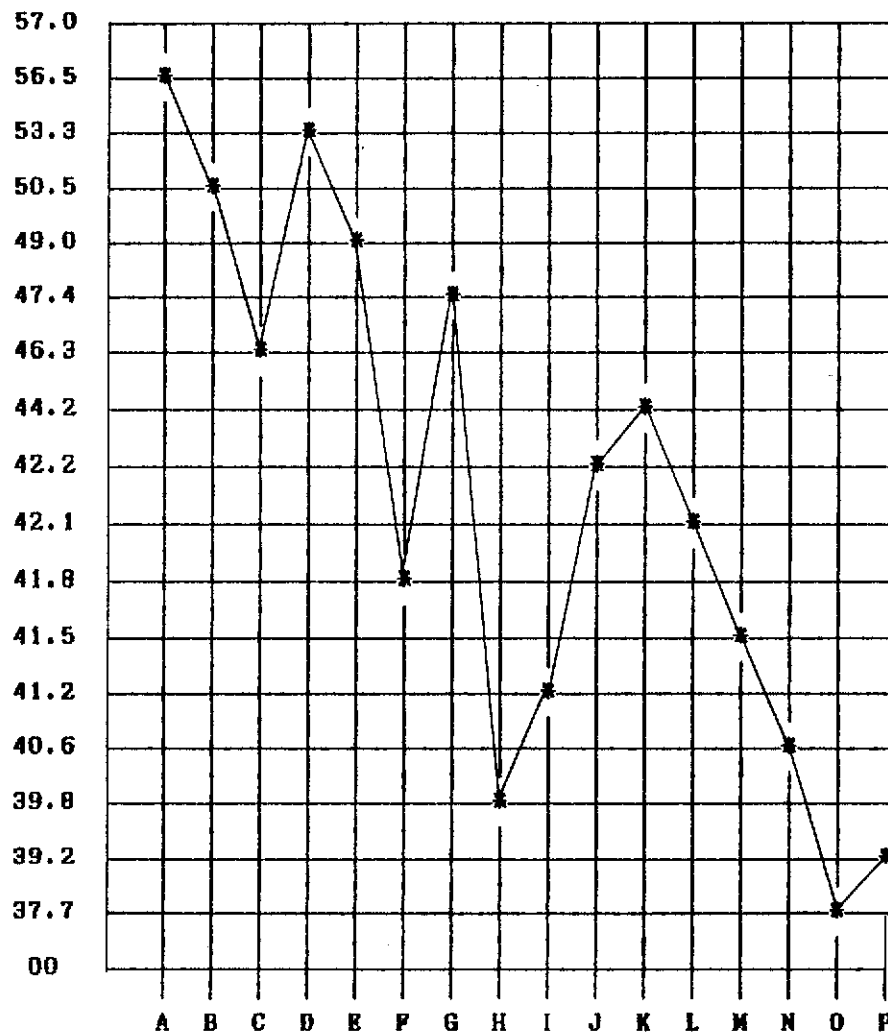
ความหนาแน่นเสียง
(กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)



อัตราส่วนผลระหว่างเสียง กับเสียงข้างเข้าอัตราส่วน A - P

ภาพประกอบ 20 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนาแน่นเสียงของกระดาษสา
ชนิดผสม

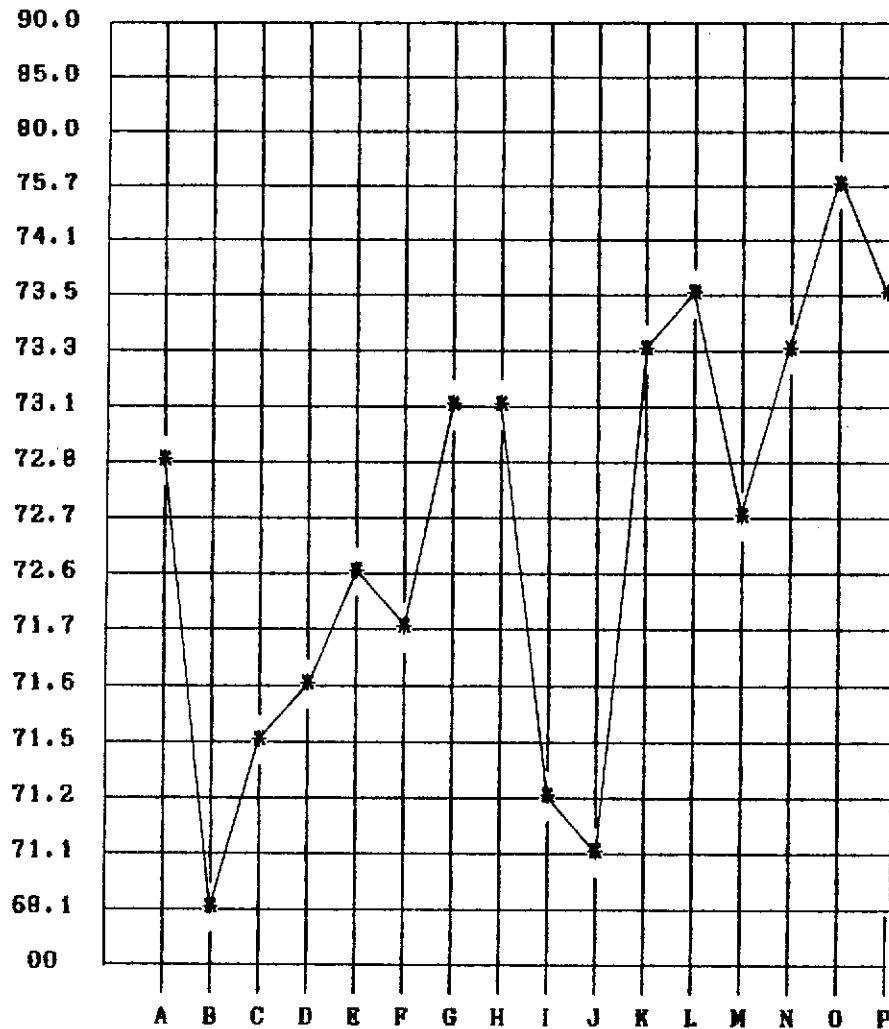
น้ำหนักมาตรฐาน
(กรัมต่อตารางเมตร)



อัตราส่วนผลระหว่างเชื้อสา กับเชื้อฟางข้าวอัตราส่วน A - P

ภาพประกอบ 21 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษสาชนิดผสม

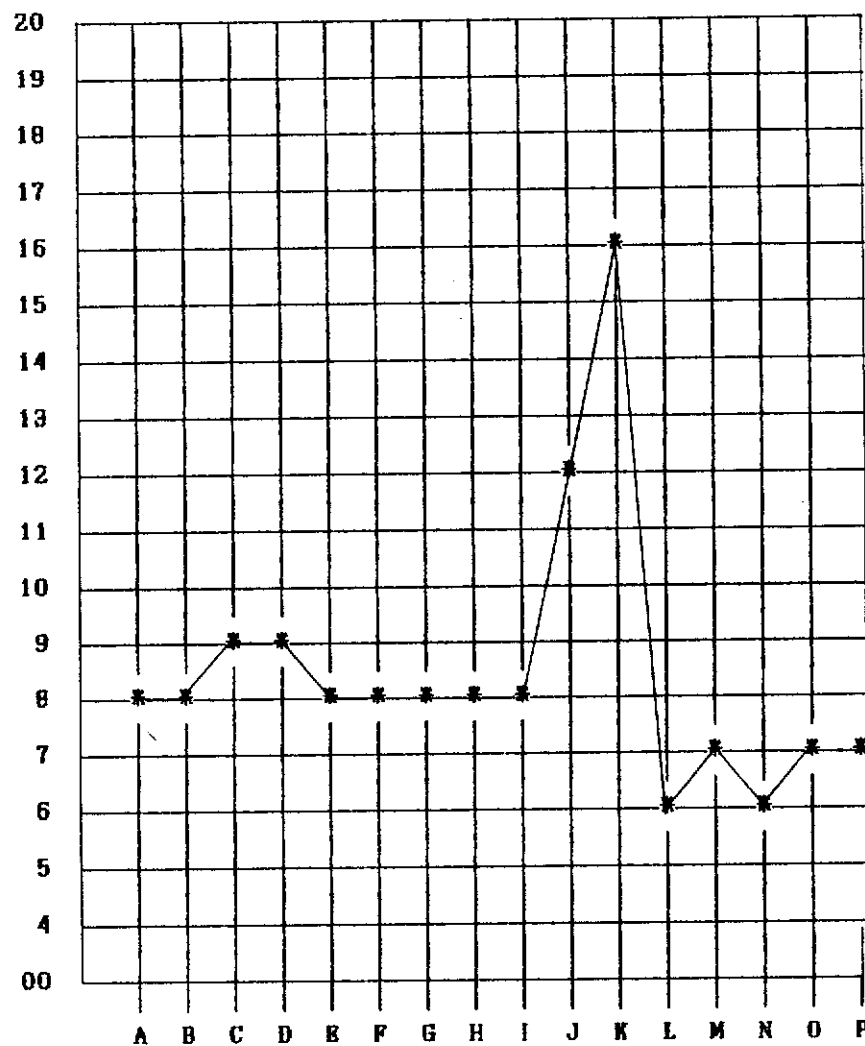
ความขาวสว่าง
(ร้อยละ)



อัตราส่วนผสมระหว่างเชื้อสา กับเชื้อฟางข้าวอัตราส่วน A - P

ภาพประกอบ 22 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านความขาวสว่างของกระดาษสาชนิดผสม

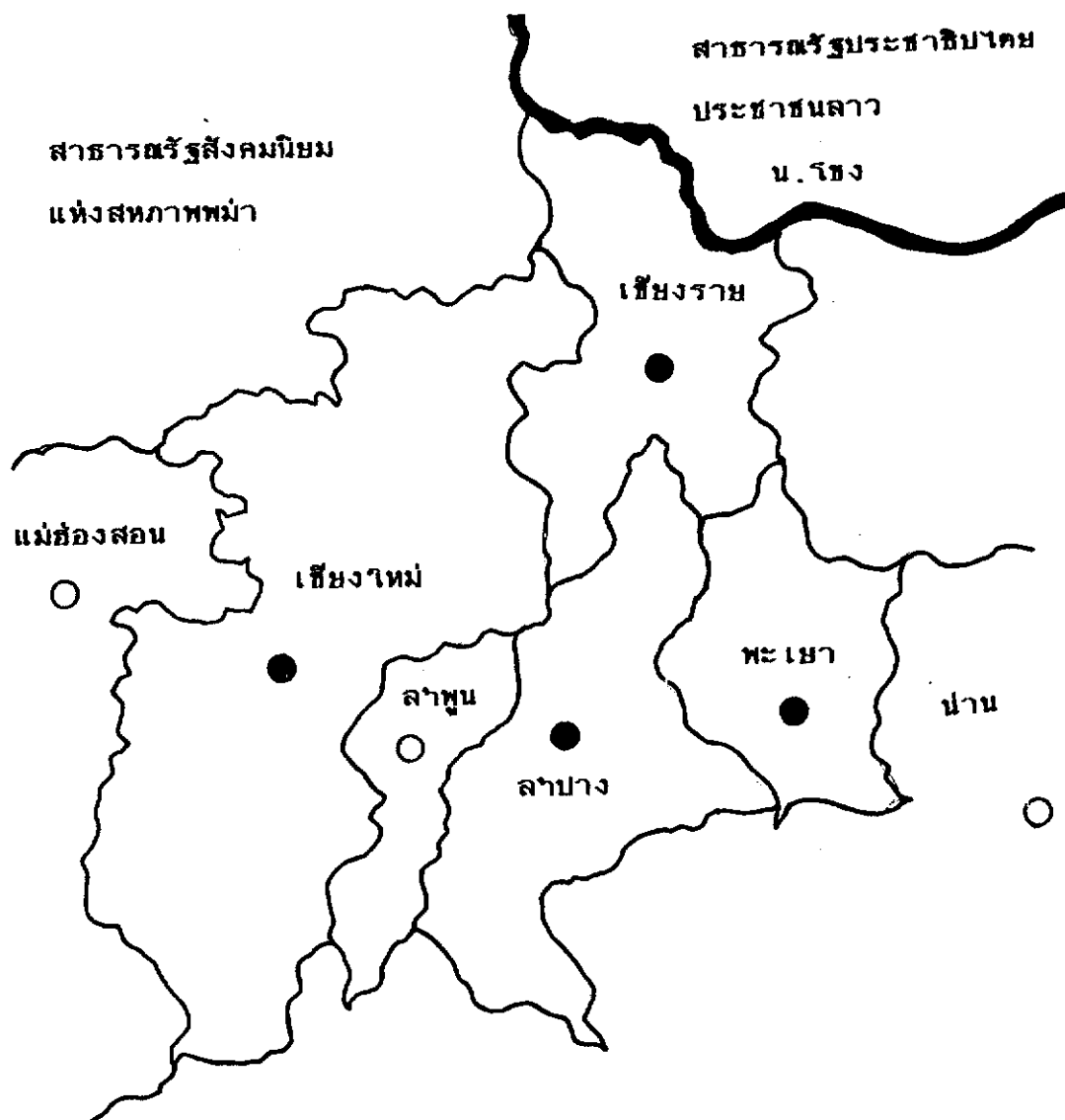
การดูดซึม
(วินาที)



อัตราส่วนผลระหว่างเชื้อสา กับเชื้อฟางข้าวอัตราส่วน A - P

ภาพประกอบ 23 กราฟแสดงคุณสมบัติทางกายภาพด้านการดูดซึมของกระดาษสาชนิดผสม

แผนที่ภาคเพื่อแสดงตำแหน่งของที่ตั้งจังหวัดที่เก็บตัวอย่างกระดาศ
มาสร้างเป็นเกณฑ์มาตรฐานกระดาศที่ผลิตด้วยมือ



ภาพประกอบ 24 แผนที่ภาคเหนือแสดงตำแหน่งของที่ตั้งจังหวัดที่เก็บตัวอย่างกระดาษสา
มาสร้างเป็นแผ่นแม่มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือ

หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษ



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ.....มหาวิทยาลัยสุโขทัย

ที่ วันที่ 2 ธันวาคม 2534

เรื่อง การขอขาน้ำสีกาขการ

เรียน รองคณบดี

ข้าพเจ้า นายเจษฎา สุวรรณ นิสิตปริญญาโท ชั้นปีที่ 2 วิชา เอกออกแบบการพิมพ์ มีความประสงค์
ที่จะขอหนังสือราชการจากทางมหาวิทยาลัยถึง อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การ เพื่อขอความร่วมมือในการ
ทดสอบกระดาษจำนวน 4 ชนิด ในคณะนักทางกายภาพรวม 5 ท่าน ดังต่อไปนี้

การบันทึก

๖
๗
๘
๙
๑๐
๑๑
๑๒
๑๓
๑๔
๑๕
๑๖
๑๗
๑๘
๑๙
๒๐
๒๑
๒๒
๒๓
๒๔
๒๕
๒๖
๒๗
๒๘
๒๙
๓๐
๓๑
๓๒
๓๓
๓๔
๓๕
๓๖
๓๗
๓๘
๓๙
๔๐
๔๑
๔๒
๔๓
๔๔
๔๕
๔๖
๔๗
๔๘
๔๙
๕๐
๕๑
๕๒
๕๓
๕๔
๕๕
๕๖
๕๗
๕๘
๕๙
๖๐
๖๑
๖๒
๖๓
๖๔
๖๕
๖๖
๖๗
๖๘
๖๙
๗๐
๗๑
๗๒
๗๓
๗๔
๗๕
๗๖
๗๗
๗๘
๗๙
๘๐
๘๑
๘๒
๘๓
๘๔
๘๕
๘๖
๘๗
๘๘
๘๙
๙๐
๙๑
๙๒
๙๓
๙๔
๙๕
๙๖
๙๗
๙๘
๙๙
๑๐๐

การคำนวณหาแรงฉก

ความหนาแน่น: สัมพันธ์

ความขาวสว่าง

เพื่อประกอบการทำปฏิญานกษัตริย์ ทั้งนี้สิทธิอันที่จะเป็นผู้นำระงับเงินค่าธรรมเนียบการทศสวามระ
เนียบของทางราชการทุกประการ


 (ហេង ហេង ហេង)

၂၀၁၃ ခုနှစ်

(แบบใช้สอย โพรพรีเอตารี)

ประธานกรรมการที่ปรึกษาปณิธาน



ที่ ขบ ๑๖๑2/...

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน

ถนนแจ้งวัฒนะ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

16 ธันวาคม 2534

เรื่อง ขอความเห็นชอบในการทดสอบภาระงาน

เรียน อธิการบดีมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน ขอรับรองว่า นายเจษฎา ชูธรรม เป็นนักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาครุศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน

นิตยภัตกำลังนำปริญญานิพนธ์เรื่อง "การศึกษาวรรณคดีเฉพาะสมัยระหว่างเนื้อสัตว์ กับเนื้อหาในสมัยก่อนสมัยรัตนโกสินทร์ เพื่อสนับสนุนการให้สัตยาบันในการผลิตกระดาษสา ในภาคเหนือ" ทั้งนี้ในความควบคุมของ อาจารย์เพ็ญพิชิต โพธิ์จินดา และ รศ.ดร.สุเมธ ห่อโกศล

นิตยภัตจะขอรับรองการรวมข้อสอบในการทดสอบภาระงาน จำนวน 4 ข้อ ในคุณสมบัติทางภาษา 5 ด้าน เพื่อประกอบการทำปริญญานิพนธ์ คือ

1. การนึกคิด
2. การทำงานแรงกาย
3. การทำงานแรงจิต
4. การแนะนำคนอื่น
5. ความซื่อสัตย์

ทั้งนี้ นิตยภัตจะเห็นด้วยว่าเงินค่าธรรมเนียมการทดสอบตามระเบียบของทางราชการทุกประการ มหาวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความเห็นชอบจากท่านด้วยดี และขอขอบคุณในความช่วยเหลืออันมีค่าแก่การดำเนินงานนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายเบญจมาภรณ์)

ผอ.กองอธิการบดีฝ่ายบริหาร รักษาการแทน

รองอธิการบดี

บัณฑิตศึกษา วิชาเอกบางเขน

โทร. 521-1429



ที่ มย 1012/1698

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน
ถนนแจ้งวัฒนะ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

19 ธันวาคม 2534

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการทดสอบกระดาษ ครั้งที่ 2

เรียน อธิการบดีมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน ขอรับรองว่า นายเจริญฤทธิ์ สุวรรณ เป็นนักศึกษานิติศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชานิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน
นิติศาสตรบัณฑิต มีความประสงค์จะขอความอนุเคราะห์ในการทดสอบกระดาษ ครั้งที่ 2 จำนวน 17 ชนิด ในคุณสมบัติทางกายภาพ 5 ด้าน เพื่อประกอบการทำปฏิธานบัตร คือ

1. การบีบหัว
2. การต้านทานแรงดึง
3. การต้านทานแรงฉีกขาด
4. การเสกแนบเดิม
5. ความขาวสว่าง

ทั้งนี้ นักศึกษินัดจะเป็นผู้ชำระเงินค่าธรรมเนียมการทดสอบตามระเบียบของทางราชการ
ทุกประการ มหาวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณ
ในความช่วยเหลืออันมีค่าที่กรุณาให้แก่นักศึกษาครั้งหนึ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(นายวิชาญ พิชิตทอง)
รองอธิการบดี

บัณฑิตศึกษา วิทยาเขตบางเขน

โทร. 521-1429



แบบ วศ. 1

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นางเจน

เลขที่ 091

วันที่ 13 ส.ค. 2535

เวลา 13.30 น.

ที่ วพ 0302/ 0039

ถึง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ นางเจน

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ วัดดูดตัวอย่าง ตาม หนังสือ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ นางเจน ที่ เษ 1012/1665 ลงวันที่ 16 ธันวาคม 2534
ซึ่งกรมวิทยาศาสตร์ฯ ได้รับเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2534

กองการวิจัย
โทร. 2459159

รายงานการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง เครื่องหมาย หมายเลข
ตรา ตช
คำที่ผู้ส่งเรียก ที่ระบุตัวอย่าง ปฏิบัติการ
กระถาง พ่างขาว PX.348
กก PX.349
ผักตบชวา PX.350
ใบส้มป่อย PX.351

PX.348 PX.349 PX.350 PX.351
พ่างขาว กก ผักตบชวา ใบส้มป่อย

ความต้านแรงดึงซาก, กิโลนิวตัน/เมตร	0.9	1.0	1.1	0.4
การยืด, ร้อยละ	1.1	1.1	1.5	0.7
ความทนแรงฉีกซาก, มิลลิวัตต์	219	125	70	73
ความหนาแน่นเส้นใย, กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	219	284	403	273
ความขาวสว่าง, ร้อยละ	74.7	67.4	52.9	70.5

หมายเหตุ สภาวะทดสอบ : $27 \pm 1^\circ\text{C}$
 $65 \pm 2\% \text{ RH}$

(นายจิระศักดิ์ ชัยสินห์)
นักวิทยาศาสตร์ 4

รายงานการวิเคราะห์วัตถุตัวอย่างที่ได้นำมาวิเคราะห์ ทดสอบ เสร็จสิ้น
ไม่มีการวัดค่าอื่นใดที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์โดยกรมวิทยาศาสตร์ฯ

มี.ค. 2534

แบบ ก. 1



ที่ พ 0302/ 10210

ถึง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ขางเขน

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ วัตถุตัวอย่าง ตาม หนังสือ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ขางเขน ที่ นม 1012/1696 ลงวันที่ 19 ธันวาคม 2534
ซึ่งกรมวิทยาศาสตร์ฯ ได้รับเมื่อวันที่ 13 มกราคม 2535

กอง การวิจัย
โทร. 2459159

30



รายงานการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง เครื่องหมาย หมายเลข
ตรา ฯลฯ
ตามที่ผู้ส่งเรียก ที่ระบุตัวอย่าง ปฏิบัติการ

ผลการทดสอบ

กระดาษ 1A - 172 PX.356-372

โปรดดูตารางหน้า 2 - 3

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้นำมาตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ เท่านั้น
ไม่รับรองวัตถุอื่นที่นำเข้ามาในงานนี้ในภาว โฆษณาหรืออ้างถึง

มี.ค. 2534

- 2 -
รายงานต่อไปยังรัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทย กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องไปประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ตารางแสดงสถิติทางสภาพของกระทรวงมหาดไทย

วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้	กระทรวงมหาดไทย									
	1A	2B	3C	4D	5E	6P	7G	8R	9I	10J
กระทรวงมหาดไทย	PY.356	PY.357	PY.358	PY.359	PY.360	PY.361	PY.362	PY.363	PY.364	PY.365
แผนปฏิบัติการ										
ความมั่นคงภายใน, กิจการพิเศษ/นคร	1.8	1.6	1.2	1.6	1.3	1.1	0.9	0.7	0.5	0.8
ความมั่นคงภายใน, รอยละ	2.6	1.7	2.0	2.1	2.3	1.2	1.9	1.0	1.0	1.0
ความมั่นคงภายใน, กิจการพิเศษ/นคร	1 687	1 648	2 102	2 498	2 682	2 260	2 456	1 718	1 541	2 145
ความมั่นคงภายใน, กิจการพิเศษ/นคร	340	306	295	308	283	242	255	231	226	257
ความมั่นคงภายใน, รอยละ	72.8	68.1	71.5	71.6	72.6	71.7	73.1	73.1	71.2	71.1

/PY.366

- 3 -
รายงานต่อไปยังบรรดาผู้เกี่ยวข้องที่ได้รับทราบนี้ เพื่มนำรายงานนี้ไปประกอบการพิจารณา

ตารางแสดงสถิติทางกายภาพของกระทะถั่ว

วัตถุประสงค์ทางกายภาพ	กระทะถั่ว									
	11K	12L	13M	14N	15Q	16P	17Z			
เครื่องขยายภาพ	PY.366	PY.367	PY.368	PY.369	PY.370	PY.371	PY.372			
ความหนาแน่นรังสีเอก, กิโลวัตต์/เมตร	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4			
ความหนาแน่นรังสีเอก, กิโลวัตต์/เมตร	1.0	1.0	1.0	2.1	1.9	1.0	1.0			
ความหนาแน่นรังสีเอก, มิลลิวัตต์	2 040	1 766	1 867	1 592	1 429	1 563	771			
ความหนาแน่นรังสีเอก, กิโลกรัม/อุนศาตเมตร	233	225	240	224	196	184	213			
ความหนาแน่นรังสีเอก, รอยละ	73.3	73.5	72.7	73.3	75.7	74.1	55.1			

หมายเหตุ สภาพอากาศทดสอบ : $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$

$65 \pm 25 \text{ R.H.}$


 (นายธีระศักดิ์ ชัยรัตน์)
 นักวิทยาศาสตร์ 4

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นายเจษฎา สุวรรณ
เกิดวันที่	10 พฤศจิกายน 2500
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 192 หอพักหญิงสถลทิพย์ สันโค้งซอย 2 อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์ 2 ระดับ 5 วิทยาลัยครูเชียงราย
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2509	ชั้นประถมศึกษาตอนต้น (ป.4) โรงเรียนเชียงรายวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
พ.ศ. 2512	ชั้นประถมศึกษาตอนปลาย (ป.7) โรงเรียนเชียงรายวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
พ.ศ. 2515	ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (ม.ศ.3) โรงเรียนสามัคคีวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
พ.ศ. 2517	ป.กศ. วิทยาลัยครูลำปาง
พ.ศ. 2519	ป.กศ.สูง (วิชาเอกอุตสาหกรรมศิลป์ สาขาออกแบบ - ก่อสร้าง) วิทยาลัยครูพระนคร
พ.ศ. 2521	ศ.บ. (วิชาเอกอุตสาหกรรมศิลป์ สาขาออกแบบ - ก่อสร้าง) วิทยาลัยครูพระนคร
พ.ศ. 2535	กศ.ม. (วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา) จากมหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

การศึกษา อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเกลือ กับเกลือชนิดเล็กลงที่มีคุณสมบัติเหมาะสม
เพื่อลดปริมาณการใช้เกลือในการผลิตกระดาษสา ในภาคเหนือ

บทคัดย่อ
ของ
เจษฎา สุวรรณ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ความหลังสูตรปัญหาการศึกษามหาวิทยาลัย วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
สิงหาคม 2535

งานวิจัยนี้มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง เชื้อสา กับเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิตกระดาษสา การวิจัยแบ่งออกได้เป็นสองตอนได้แก่

ตอนที่หนึ่ง การคัดเลือกเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นรวม 4 ชนิด คือ กกขนาน ใบสับปะรด ผักตบชวา และฟางข้าว กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ กระดาษที่ผลิตจากพืชชนิดเส้นใยสั้นรวม 4 ชนิด วิธีดำเนินการวิจัยเริ่มจากการนำวัตถุดิบจากเชื้อชนิดเส้นใยสั้นมาทำให้เป็นแผ่นกระดาษ ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษ ที่ห้องปฏิบัติการเชื้อและกระดาษ กรมวิทยาศาสตร์บริการ ผลการคัดเลือกเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุด คือ เชื้อฟางข้าว

ตอนที่สอง การผลิตกระดาษสาชนิดผสมจาก เชื้อสา กับเชื้อจากพืชชนิดเส้นใยสั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม การวิจัยแบ่งออกได้เป็นสองส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง การสร้างเกณฑ์มาตรฐานกระดาษสาที่ผลิตด้วยมือในภาคเหนือ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ กระดาษสาที่ผลิตด้วยมือจากการสุ่มตัวอย่างใน 4 จังหวัดภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำปาง และจังหวัดพะเยา วิธีดำเนินการวิจัยเริ่มจากการนำตัวอย่างกระดาษสามาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพที่ห้องปฏิบัติการเชื้อและกระดาษ กรมวิทยาศาสตร์บริการ เพื่อกำหนดเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ

ส่วนที่สอง การผลิตกระดาษสาชนิดผสมระหว่าง เชื้อสา กับเชื้อฟางข้าว กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ กระดาษสาชนิดผสมระหว่าง เชื้อสา กับเชื้อฟางข้าวจำนวน 16 ส่วนผสม วิธีดำเนินการวิจัยเริ่มจากการนำวัตถุดิบได้แก่ เชื้อสา และเชื้อฟางข้าว มาผสมกันตามอัตราส่วนที่กำหนด นำส่วนผสมของเชื้อทั้งสองชนิดมาทำให้เป็นแผ่นกระดาษ จากนั้นทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษที่ห้องปฏิบัติการเชื้อและกระดาษ กรมวิทยาศาสตร์บริการ นำผลการทดสอบไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ผลการวิจัยพบว่า กระดาษสาชนิดผสมทั้ง 16 อัตราส่วน มีคุณสมบัติทางกายภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกระดาษสา และอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของการใช้เชื้อสา ผสมกับเชื้อฟางข้าว โดยให้เชื้อสาระหว่างร้อยละ 40 - 70 ของเชื้อฟางข้าว

**A STUDY ON THE SUITABLE RATIO BETWEEN SAR PULP AND SHORT FIBER PULP
WITH SUITABLE QUALITY TO DECREASE THE QUANTITY OF SAR PULP
UTILIZATION IN MAKING SAR PAPER IN THE NORTH**

AN ABSTRACT

BY

JRSADA SUWAN

**Presented in partial fulfillment of the requirement for the Master
of Education degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University**

August 1992

The purpose of this research was to study the suitable ratio between Sar pulp and short fiber pulp with suitable quality in making Sar paper. There were two parts of research ;

The first one was selecting pulp form 4 kinds of short fiber pulp which were Unan cyperus, pineapple leaves, water hyacinth and rice straw. The paper samples was made form 4 kinds of short fiber pulp. The experimental research was conducted by collecting those materials and then made into sheet. The physical quality testing of paper was conducted at the Pulp and Paper Laboratory Department of Science Service. It was found that the short fiber pulp with the most suitable quality was the rice straw pulp.

The second part of the research was making Sar paper by mixing Sar pulp and short fiber pulp with suitable quality, the research was separated into two parts. The first one was to set the standard criteria of hand made Sar paper. The samples are hand made Sar paper from 4 provinces in the North ; Chiangrai, Chiagmai, Lampang and Phayao. The experimental research was conducted by testing the physical quality of those samples at the Pulp and Paper Laboratory Department of Science Service to establish the criteria for comparison. The second part was making Sar paper by mixing Sar pulp with rice straw pulp, alltogether 16 ratios. The experimental research was conducted by mixing the materials which were Sar pulp and rice straw pulp according to the assigned ratio and making them into sheets. Then the physical quality of the paper was tested at the Pulp and Paper Laboratory Department of Science Service. Finally, the result of the test was compared with the criteria. The result of the research found that 16 ratios of mixed Sar pulp and rice straw pulp paper have higher physical quality than the standard criteria of pure Sar paper and the most suitable ratio between Sar pulp and rice straw pulp was by using between 40 - 70 % of Sar pulp in the mixture.