

615.172

615.172

615.172

615.172

การทดลองทำกระดาษความขาวดำจากฟางข้าวโดยวิธีกึ่งเคมี

ปริญญานิพนธ์

ของ

ชุมพร ถาวร

F7 615.172 2541

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

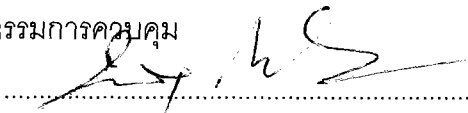
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

มีนาคม 2541

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

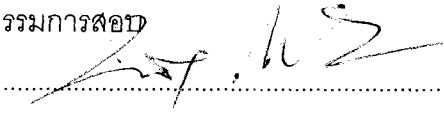
คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

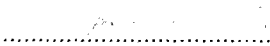
คณะกรรมการควบคุม


.....ประธาน
(ดร. บรรชา รัตนวัย)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถนอมสิน ดิสภาพร)

คณะกรรมการสอบ


.....ประธาน
(ดร. บรรชา รัตนวัย)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถนอมสิน ดิสภาพร)


.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ดร.นินนาท คัมภีร์ญาณนนท์)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ


.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

วันที่ 13 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2541

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความอนุเคราะห์ให้คำแนะนำ แก่ไข คุณแล และปรับปรุงจนสมบูรณ์ ตลอดจนให้กำลังใจอย่างดียิ่งจาก ดร. บรรชา รัตนวัย และ ผศ. ถนอมสิน ดิสภาพร ที่กรุณาเป็นประธานและกรรมการที่ปรึกษา และเป็นกรรมการสอบ พร้อมให้ข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเส้นใย ฝ่ายวิจัย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย คุณเดโช ศรีวิจิตร ที่กรุณาช่วยทำแผ่นกระดาษเพื่อทดสอบ คุณสุปราณี เหล่าอุบล และคุณจินตนา ปั่นกลาง ที่ช่วยในการทดสอบคุณภาพของกระดาษที่ทำขึ้นในครั้งนี้ ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณนฤมล รื่นไวย กองผลิตและเผยแพร่สารนิเทศ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ช่วยดูแลด้านภาษาต่างประเทศและคำศัพท์เฉพาะของการทดสอบกระดาษในครั้งนี้ ขอขอบคุณอีกครั้งหนึ่ง

ขอขอบคุณผู้จัดการฝ่ายการตลาด บริษัทกระดาษธนธาน จำกัด ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับโรงงานทำกระดาษ ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบคุณดีทั้งหมดของงานวิจัยนี้แก่คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว รวมถึงบุคคลที่ได้ให้การสนับสนุน

ชุมพร ถาวร

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
สมมุติฐาน.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการทำกระดาษ.....	8
การย่อยสลายวัตถุดิบด้วยวิธีเคมี.....	10
การวิเคราะห์วัตถุดิบเพื่อหาคุณสมบัติ.....	12
การฟอกเยื่อให้ขาวโดยการฟอกแบบต่อเนื่อง.....	12
การเตรียมเยื่อและผสมสารกันซึม.....	14
การทำแผ่นโดยเครื่องทำแผ่น.....	15
การทดสอบคุณภาพของกระดาษทั่วๆ ไป.....	16
การตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งจากการทดลองทำกระดาษ.....	19
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	23
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	23
เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	23
สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง.....	24
วิธีดำเนินการศึกษาทดลอง.....	24
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	28

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	31
การทดสอบคุณภาพของกระดาศที่ได้ทำขึ้น.....	31
การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากกระบวนการทำกระดาศ.....	36
5 สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	39
ความมุ่งหมายของการทดลอง.....	39
ประชากรที่ศึกษา.....	39
เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	40
วิธีดำเนินการวิจัย.....	40
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	41
สรุปผลการทดลอง.....	41
อภิปรายผล.....	45
ข้อเสนอแนะ.....	46
บรรณานุกรม.....	47
ภาคผนวก.....	50
ภาคผนวก ก.....	51
ภาคผนวก ข.....	61
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	70

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

1	แสดงความยาวของเส้นใยของพืชแต่ละประเภท.....	13
2	แสดงมาตรฐานกำหนดการตรวจสอบน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมทางด้านกายภาพ.....	22
3	แสดงมาตรฐานกำหนดการตรวจสอบน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมทางด้านเคมี.....	22
4	แสดงผลการวัดความขาวสว่างของกระดาษที่ทำขึ้น.....	32
5	แสดงผลการวัดความหนาของกระดาษที่ทำขึ้น.....	33
6	แสดงค่าต้านแรงดึงขาดของกระดาษขนานกับเครื่อง.....	34
7	แสดงค่าการดูดซึมน้ำของกระดาษที่ทำขึ้น.....	35
8	แสดงผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากการทำกระดาษ.....	37
9	แสดงค่ามาตรฐานการทดสอบคุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ.....	58
10	แสดงสูตรการแปรค่าทางฟิสิกส์ให้เป็นหน่วยมาตรฐาน.....	58
11	แสดงรายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์.....	62
12	มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม.....	63

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ขั้นตอนการดำเนินการทดลองผลิตเยื่อกระดาษ.....	52
2 แสดงกรรมวิธีผลิตกระดาษ.....	53
3 แสดงต้นฟางข้าวตัดยาว 2-3 นิ้ว.....	54
4 แสดงยอดฟางข้าวตัดยาว 5-8 นิ้ว.....	54
5 แสดงลักษณะลูกบดชนิดโลหะ.....	55
6 แสดงลักษณะหม้อบดชนิดโลหะบนเครื่องควบคุมการบด.....	55
7 แสดงเยื่อฟางข้าวก่อนฟอกขยาย 500 เท่า.....	56
8 แสดงเยื่อฟางข้าวหลังฟอกขยาย 500 เท่า.....	56
9 แสดงลักษณะเครื่องตีเยื่อ.....	57
10 แสดงลักษณะเครื่องทำแผ่นและลูกกลิ้งรีดน้ำ.....	57

ภูมิหลัง

การพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมของประเทศไทยที่ผ่านมาได้ทำให้มีการนำเข้าสู่สารเคมีเพิ่มขึ้นเพื่อใช้ในการผลิตสินค้าในโรงงานอุตสาหกรรม สารเคมีเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม อันปรากฏชัดเจนในรูปของความสกปรกตามแม่น้ำ ลำธาร หนอง คลอง บึง ในดินตลอดจนปนเปื้อนในพืช สิ่งเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ทั้งโดยตรงและทางอ้อม (นิตยา มหาผล และประนอม ภูวนัตถ์. 2532 : 1) ซึ่งเป็นปัญหาที่ทั่วโลกให้ความสำคัญและตระหนักถึงอันตรายที่จะตามมาพร้อมทั้งพยายามรณรงค์ให้มีความร่วมมือป้องกัน และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

อุตสาหกรรมการผลิตเยื่อเพื่อใช้ในการทำกระดาษ นับว่าเป็นหนึ่งในหลายๆ อุตสาหกรรมที่ต้องมีส่วนรับผิดชอบ และแก้ไขปัญหาที่ก่อให้เกิดมลภาวะกับสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากกระบวนการและวิธีการผลิตที่ทำให้เกิดมลภาวะทางน้ำ เพราะน้ำจากขั้นตอนการย่อยวัตถุดิบเพื่อทำเยื่อกระดาษและการฟอกเยื่อให้ขาวที่ปล่อยออกมา มีการกำจัดสิ่งตกค้างที่ไม่ดีพอ จะมีผลทำให้น้ำมีสีดำ และดำมาก มีค่าบีโอดี (biochemical oxygen demands) และค่าซีโอดี (chemical oxygen demands) สูง นอกจากนี้ยังมีสารประกอบพวกไดออกซิน (dioxin) ที่เกิดจากการรวมตัวของคลอรีนกับสารอินทรีย์ ในขั้นตอนการฟอกเยื่อให้ขาว ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ และสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ มีบางประเภทที่ทำหน้าที่กำจัดสิ่งโสโครกที่ปะปนมากับน้ำทิ้งให้หมดไป ทำให้ขาดตัวกำจัดโดยวิธีธรรมชาติ ก่อให้เกิดมลภาวะต่อแหล่งน้ำตามมา (รมณีย์ หวังดีธรรม. 2537 : 2)

อุตสาหกรรมผลิตเยื่อทำกระดาษเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำเป็นหลักและยังใช้สารเคมีหลายชนิด ในขั้นตอนย่อยสลายวัตถุดิบ ขั้นตอนการต้มเยื่อและฟอกเยื่อจะมีพวกสารเคมีเป็นส่วนประกอบตลอดจนของเสียที่ออกมาจากทำเยื่อและล้างเยื่อในขณะเดียวกันการทำเยื่อกระดาษมีขั้นตอนการนำสารเคมีกลับมาใช้ใหม่ในการผลิต ทำให้เกิดของเสียกลิ่นเหม็นของสารประกอบที่มีกำมะถันเป็นส่วนประกอบ การกำจัดน้ำทิ้ง การบำบัดกลิ่นเหม็นอันไม่พึงประสงค์จำเป็นต้องใช้ระบบที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งต้องมีงบประมาณมาก ดังนั้นทางเลือกที่ดีในการลดและขจัดปัญหาด้านมลภาวะที่เกิดขึ้นนี้ คือ ลดปริมาณการใช้สารเคมี หรือหาแนวทางการใช้สารเคมีชนิดใหม่ทดแทนพร้อมทั้งทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามไปด้วย เพื่อที่จะสามารถผลิตเยื่อให้ได้ใกล้เคียง

ของเดิม มีคุณภาพและคุณสมบัติใกล้เคียง โดยเสียค่าใช้จ่ายใกล้เคียงกับการผลิตแบบเดิม หรือมีค่าใช้จ่ายลดลง (รมณีย์ หวังดีธรรม. 2537 : 2)

การผลิตกระดาษของประเทศไทยในปัจจุบัน ก่อให้เกิดมลภาวะตามมา และมีปัญหาเรื่องวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตเยื่อปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ในประเทศ และวัตถุดิบบางอย่างเช่น เยื่อไผ่ยาวฟอกขาว และสารเคมีชนิดอื่นๆ ก็มีราคาเพิ่มขึ้น เพิ่มต้นทุนและก่อให้เกิดปัญหาตามมา เรื่องราคาวัตถุดิบ ปัญหานี้ผู้ผลิตได้มีการแก้ไข เช่น การจัดหาแหล่งเพาะปลูกในภูมิภาคอื่น ส่งเสริมการเพาะปลูกไม้โตเร็ว แต่นโยบายของรัฐยังขาดความแน่นอน เนื่องจากโครงการปลูกสวนป่าไม้โตเร็วประสบปัญหาการรุกป่าสงวน และประชาชนที่อยู่อาศัยเดิม นอกจากนี้ยังมีข้อโต้แย้งในเรื่องการอนุรักษ์ธรรมชาติอยู่ (รัตนา เอี่ยมคณิตชาติ. 2534 : 24)

จากปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้ศึกษาทดลองต้องการที่จะทำการศึกษาค้นคว้าหาแนวทางในการลดปัญหาที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมดังกล่าว โดยการนำวัตถุดิบจากแหล่งเกษตรกรรมมาใช้ในการแก้ปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบ ประเภทเยื่อเพื่อผลิตกระดาษ หรือหาวิธีการทางกายภาพ และวิธีการทางกลมาใช้แทน วิธีการทางเคมี เพื่อลดปัญหาทางสภาพแวดล้อม หรือวิธีการลดความเข้มข้นของสารเคมีที่มีความจำเป็นต้องใช้จริงให้มีปริมาณน้อยลง หรือจะใช้สารเคมีที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น สารประกอบจำพวกออกไซด์ สารประกอบของพวกไอโซน หรือสารซึ่งมีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมในระดับต่ำ และค่าใช้จ่ายที่ใกล้เคียงกับวิธีการทำแบบเดิม ผลผลิตและคุณภาพที่ได้ไม่แตกต่างกันมากนัก น่าจะเป็นแนวทางหรือวิธีการที่ดีกว่า

การทดลองทำกระดาษความขาวต่ำโดยใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบซึ่งการย่อยสลายฟางข้าวเริ่มด้วยการบดด้วยหม้อบดเพื่อย่อยฟางข้าวให้มีขนาดเล็กลง โดยใช้ น้ำเป็นตัวช่วยในการหล่อลื่นระหว่างลูกบด กับฟางข้าวที่กระทบกันในหม้อบดระหว่างที่ทำการบด การทดลองได้กำหนดให้ฟางข้าวที่ทำการบดมีน้ำหนักคงที่ ส่วนน้ำหนักลูกบดและความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ในการย่อยอย่างสมบูรณ์มีค่าที่แปรเปลี่ยนไป เวลาที่ใช้ในการบดใช้ระยะเวลาที่ได้คุณภาพของเยื่อที่ดี การย่อยฟางข้าวให้สมบูรณ์หลังจากการบดแล้วจะใช้สารเคมีในอัตราที่ต่ำพร้อมทั้งการใช้สารเคมีที่ไม่ก่อมลภาวะในการฟอกเยื่อกระดาษ

กระดาษที่จะทำนี้คาดว่าจะกระบวนการผลิตจะส่งผลให้ได้เยื่อทำกระดาษเพิ่มขึ้น และวิธีการที่กล่าวมาข้างต้นตามกระบวนการผลิต จะส่งผลให้ได้เยื่อทำกระดาษเพิ่มขึ้น และวิธีการที่กล่าวมาข้างต้นตามแนวคิดและเอกสารค้นคว้า ผลที่ได้จะมีผลดีมากกว่าผลเสีย กระดาษที่จะทำขึ้นนี้จะให้ได้กระดาษที่มีคุณภาพ สามารถนำกระดาษนี้ไปใช้งานได้ในระดับหนึ่ง โดยที่กระดาษที่จะทำมีความคงทนแข็งแรงในการใช้งาน และจากผลการทดลองทำกระดาษจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดได้ในระดับต่ำ และส่งผลให้สภาวะแวดล้อมไม่ถูกทำลายและจะมีผลดีในอนาคต

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อให้การศึกษาวิจัยในครั้งนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ผู้ศึกษาได้กำหนดความมุ่งหมายของการวิจัยไว้ดังนี้คือ

1. เพื่อทดลองทำกระดาษชนิดความขาวต่ำจากฟางข้าว โดยวิธีกึ่งเคมี
2. เพื่อทดสอบคุณภาพกระดาษที่ทำขึ้นในด้านคุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษหนังสือพิมพ์แบบแผ่น มอก. 758-2531
3. เพื่อวิเคราะห์คุณภาพของน้ำทิ้งจากกระบวนการทดลองทำกระดาษใน 2 ด้าน คือ ทางด้านกายภาพ และทางด้านเคมี

ความสำคัญของการวิจัย

เนื่องจากความต้องการใช้กระดาษภายในประเทศไทยนับวันจะเพิ่มมากขึ้น การผลิตหนังสือพิมพ์และนิตยสารต่างๆ ต้องการกระดาษที่ไม่ต้องการความเหนียว และความคงทนมากนักเป็นต้น ดังนั้นการที่จะเลือกใช้วัตถุดิบ และสารเคมีชนิดต่างๆ รวมทั้งวิธีการผลิตให้เหมาะสมและไม่ก่อให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม จากผลการวิจัยเรื่องนี้จึงเป็นประโยชน์สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อและกระดาษในระดับหนึ่ง คือ

1. ได้กระดาษความขาวต่ำจากวัตถุดิบคือฟางข้าวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมด้านคุณลักษณะที่ต้องการของกระดาษหนังสือพิมพ์ มอก.758-2531
2. เป็นแนวทางในการผลิตเยื่อทำกระดาษที่ใช้งานได้หลายประเภท
3. ช่วยลดมลภาวะทางน้ำที่เกิดจากการผลิตกระดาษด้วยวิธีกึ่งเคมี

ขอบเขตของการทดลอง

เพื่อให้การศึกษาทดลองในครั้งนี้ บรรลุผลตามจุดมุ่งหมายที่ได้ตั้งไว้ ผู้ทดลองได้กำหนดขอบเขตการศึกษาไว้ดังต่อไปนี้คือ

1. ประชากร ได้แก่ กระดาษความขาวต่ำแบบแผ่นที่ทำขึ้น มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร จำนวน 9 แผ่น
2. ตัวแปรที่ศึกษา ในการทดลองครั้งนี้ผู้ทดลองได้กำหนดตัวแปรที่จะทำการศึกษาไว้ดังนี้คือ

2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

2.1.1 น้ำหนักรวมของลูกบดที่ใช้บดฟางข้าวต่อครั้ง โดยแปรค่าน้ำหนักลูกบดเท่ากับ 1,500 กรัม 2,000 กรัม และ 2,500 กรัม ตามลำดับ

2.1.2 ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ใช้ในการย่อยสลายฟางข้าวอย่างสมบูรณ์ หลังจากการบดแล้วต่อครั้งมีความเข้มข้นแปรค่าเท่ากับร้อยละ 0.2, 0.5, และ 0.8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรตามลำดับ

การทดลองในครั้งนี้ใช้วัตถุดิบ คือ ฟางข้าว ซึ่งมีน้ำหนักคงที่เมื่อทำการบดตัวอย่างแต่ละครั้ง โดยมีน้ำหนักรวม 100 กรัม และใช้น้ำ 2,000 มิลลิลิตร

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 คุณลักษณะที่ต้องการของกระดาศที่ทำขึ้นนำมาทดสอบคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 758-2531 ซึ่งทำการวิเคราะห์ 4 ลักษณะคือ ความขาวสว่าง ความหนา ความต้านทานแรงดึงแนวขนานเครื่อง และการดูดซึมน้ำ

2.2.2 คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากการทดลองทำกระดาศ ทำการวิเคราะห์หาคุณสมบัติใน 2 ด้าน คือ ทางด้านกายภาพ กับทางด้านเคมี

ด้านกายภาพ วิเคราะห์ในด้านลักษณะสี กลิ่น ความขุ่น และสภาพการนำไฟฟ้า

ด้านเคมี วิเคราะห์ในด้านพีเอช ค่าดีไอ ค่าบีไอดี และค่าซีไอดี

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ความขึ้นของวัตถุดิบที่นำมาศึกษา ถือว่าไม่มีผลต่อคุณภาพของกระดาศ
2. เวลาที่ใช้ในการบดวัตถุดิบใช้เวลาจนกว่าเยื่อจะละเอียด
3. ใช้ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 35% ปริมาตรต่อปริมาตร
4. น้ำทิ้งจากการย่อยเยื่อและน้ำทิ้งจากกระบวนการทั้งหมดทุกขั้นตอน จะนำมารวมกันทั้งหมดแล้วสุ่มมาทดสอบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ฟางข้าว หมายถึง ส่วนประกอบต่างๆ ของต้นข้าวที่ตายแล้ว ได้แก่ ลำต้น ใบ กาบใบ หน่อ ข้อต่อใบ ข้อ ปล้อง รวงที่ได้หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตรแล้ว (ชาญ มงคล. 2536 : 2)

2. วิธีกึ่งเคมี หมายถึง การเตรียมเยื่อตามกระบวนการทางเคมีและวิธีการทางกลผสมกัน ทำให้ได้เยื่อมากยิ่งขึ้น แต่ความยาวของเยื่ออาจลดน้อยลง เยื่อที่เตรียมโดยวิธีนี้ มีคุณสมบัติทั้งทางเคมีและกายภาพปานกลาง (พรทวี พึ่งรัศมี และอรรณู หาญสืบสาย. 2537 : 27)

2.1 เยื่อเชิงกล หมายถึง การแยกเส้นใยออกจากไม้เนื้ออ่อน โดยวิธีกล ด้วยหินบด หรือ การย่อยชิ้นไม้ด้วยวิธีกลและความดัน

2.2 เยื่อเคมี หมายถึง เยื่อที่ได้เชิงกลแล้วนำมาย่อยต่อ โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันไป โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก

3. น้ำหนักลูกบด หมายถึง น้ำหนักที่ซึ่งรวมของลูกบด ที่ใช้ในการบดให้สิ่งที่ต้องการจะบดให้แตกเป็นชิ้นเล็ก

4. การฟอกเยื่อ หมายถึง เยื่อฟางข้าวที่ทำการย่อยสารละลายด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) มาแล้ว และการทำสารที่มีสีที่ยังคงติดอยู่ในเยื่อ ในที่นี้คือ เยื่อฟางข้าวให้มีคุณสมบัติละลายได้แล้วล้างสารนั้นออกไปจากเยื่อ (รุ่งอรุณ ศิริพันธุ์ และคณะ. 2518 : 1)

5. คุณภาพของเส้นใย หมายถึง คุณสมบัติของเส้นใยที่สามารถทนทานต่อแรงชนิดต่างๆ เมื่อนำไปทำกระดาษแล้วทดสอบความคงทนต่อการใช้งานให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 758-2531

6. กระดาษความขาวต่ำ หมายถึง กระดาษที่ได้ทดลองทำขึ้นโดยใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบ แล้วเปรียบเทียบกับคุณภาพกระดาษให้เป็นไปตามคุณลักษณะที่ต้องการของกระดาษตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษหนังสือพิมพ์แบบแผ่น

7. คุณสมบัติของน้ำทิ้ง หมายถึง คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีของน้ำทิ้ง ที่เก็บไว้จากการทดลองทำกระดาษทั้งหมดเก็บไว้เพื่อทดสอบคุณสมบัติ ซึ่งทดสอบ 2 ด้าน

7.1 คุณสมบัติน้ำทิ้งด้านกายภาพ หมายถึง คุณภาพต่างๆ ของน้ำทิ้งที่จะทดสอบ เช่น ลักษณะสีของน้ำ กลิ่น ความขุ่น และสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ

7.2 คุณสมบัติน้ำทิ้งด้านเคมี หมายถึง ข้อกำหนดที่เป็นตัวเลข ควบคุมน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม ตามมาตรฐานของน้ำที่กำหนดไว้ก่อนปล่อยทิ้งจะมีค่าพีเอช ค่าออกซิเจนละลาย ค่าบีโอดี และค่าซีโอดี ค่าที่วัดได้ไม่เกินที่กำหนดไว้บ่งชี้คุณภาพของน้ำนั้นด้วย (เสริมพล รัตนสุข และคณะ. 2515 : 8)

สมมติฐานของการวิจัย

1. ได้กระดาษความขาวต่ำ ที่มีคุณภาพใกล้เคียงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระดาษหนังสือพิมพ์แบบแผ่น (มอก. 758-2531)
2. คุณภาพน้ำทิ้งจากการทดลองทำกระดาษความขาวต่ำโดยวิธีกึ่งเคมี เป็นไปตามมาตรฐานของสมาคมสิ่งแวดล้อมไทย หรือมาตรฐานอื่นๆ ที่ใกล้เคียง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาทดลองทำกระดาศ โดยใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบในครั้งนี้ ผู้ทดลองได้ค้นคว้าเอกสารตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้นักศึกษาทดลองในครั้งนี้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ ผู้ทดลองจึงได้กำหนดหัวข้อ ซึ่งเป็นแนวทางในการศึกษาดังนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการทำกระดาศ
 - 1.1 ความหมายของวัตถุดิบ
 - 1.2 ประเภทวัตถุดิบ
 - 1.3 แหล่งของวัตถุดิบ
2. การย่อยสลายวัตถุดิบด้วยวิธีเคมี
 - 2.1 กระดาศที่ทำจากการย่อยด้วยวิธีเคมี
 - 2.2 การผลิตกระดาศด้วยสารเคมีของโรงงานกระดาศบางปะอิน
3. การวิเคราะห์วัตถุดิบเพื่อหาคุณสมบัติ
 - 3.1 ปริมาณความชื้น
 - 3.2 การวิเคราะห์หาเซลลูโลส
 - 3.3 การวิเคราะห์หาลิกนิน
 - 3.4 การวิเคราะห์หาเถ้า
 - 3.5 ความยาวของเส้นใยของพืชอื่นๆ
4. การฟอกเยื่อให้ขาวโดยการฟอกแบบต่อเนื่อง
5. การเตรียมเยื่อและผสมสารกันซึม
6. การทำแผ่นโดยเครื่องทำแผ่น
7. การทดสอบคุณภาพของกระดาศต่างๆ ไป
8. การตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งจากการทดลองทำกระดาศ
 - 8.1 การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ
 - 8.2 การวิเคราะห์ทางด้านเคมี

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการทำกระดาษ

วัตถุดิบในการผลิตเยื่อ เพื่อทำกระดาษชนิดไม่คงทนในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นพืช เช่น หนุ่ยขาว จวบ ฟางข้าว และเศษกระดาษเก่า กระบวนการกรรมวิธีที่โรงงานผลิตจะเลือกใช้ขึ้นอยู่กับราคาของสารเคมี และขนาดของโรงงาน โรงงานขนาดใหญ่ที่มีการนำสารเคมีกลับมาใช้ใหม่ จะนิยมกระบวนการผลิตแบบวิธีโซดา ซึ่งสามารถนำสารเคมีกลับมาใช้ได้ง่ายกว่า และปัจจุบันราคาของโซเดียมซัลไฟท์สูงขึ้นมาก (ดวงใจ วิบูลย์ธนภณท์. 2525:1) ปริมาณความต้องการกระดาษทุกประเภทในปี 2535 ประมาณ 1.5 ล้านตัน เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 12-13 จากปี 2534 สำหรับสัดส่วนการบริโภคกระดาษแต่ละชนิดในประเทศไทย กระดาษคราฟท์มีปริมาณบริโภคสูงสุดคือ ประมาณ ร้อยละ 50 รองลงมา คือ กระดาษพิมพ์เขียน (printing & writing paper) ร้อยละ 19 กระดาษแข็งร้อยละ 13 กระดาษหนังสือพิมพ์ร้อยละ 11 กระดาษอนามัยร้อยละ 4 และกระดาษพิเศษอื่นๆ ร้อยละ 3 ของปริมาณการบริโภค กระดาษทั้งหมด

ประเทศไทยนำเข้ากระดาษมากถึงประมาณ 194,000 ตัน คิดเป็นร้อยละ 27 ของปริมาณความต้องการกระดาษทั้งหมด ในช่วงครึ่งปีกระดาษที่ประเทศไทยนำเข้ามากที่สุดได้แก่ กระดาษหนังสือพิมพ์คิดเป็นร้อยละ 51 ของกระดาษนำเข้าทั้งหมด เนื่องจากไม่มีการผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์ในประเทศ (เยื่อกระดาษสยามจำกัด. 2535 : 9)

1.1 ความหมายของวัตถุดิบ กระดาษประกอบด้วยส่วนสำคัญที่สุด คือ เยื่อหรือเซลลูโลส และสารเคมีภัณฑ์อื่นๆ ทั้งอนินทรีย์และอินทรีย์ นำมารวมกันโดยใช้อัตราส่วนของเยื่อเส้นใย สันกับเยื่อเส้นใยยาวรวมกันกับสารเคมีเพื่อช่วยประสานให้กระดาษเป็นเนื้อเดียวกันตลอด และมีคุณภาพเหมาะที่จะนำไปใช้งานตามจุดประสงค์ได้สารประกอบอื่นๆ ที่ใช้เป็นตัวทำให้เกิดการยึดเกาะกันของเยื่อเป็นกระดาษ ทำให้กระดาษเหนียว ทึบแสง และเกิดสีแก่เยื่อ ได้แก่ พวกสารส้ม (alum) ชันสน ดินขาว (kaolin) ผงฟอกขาวและน้ำแป้ง และสารที่คล้ายๆ กัน จะเป็นตัวที่ช่วยเสริมให้เกิดผลดีแก่เยื่อรวมถึงคุณภาพของกระดาษที่ทำขึ้นด้วย (พิพิธ ศุภพิพัฒน์ และนิพนธ์ กมลรัตนกุล. 2519 : 13) วัตถุดิบหลักนั้นอาศัยพืชที่มีเส้นใยชนิดสั้นและเส้นใยชนิดยาว ผสมผสานกัน เพื่อให้กระดาษที่ทำขึ้นมีคุณภาพและคุณสมบัติตามที่ต้องการและเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน สำหรับการผลิตเยื่อเส้นใยยาว ปัจจุบันยังไม่มีการผลิตภายในประเทศเนื่องจากต้องใช้ไม้เนื้ออ่อนจำพวกไม้เมืองหนาวและสนภูเขา เช่น สนชนิดสองใบและสนสามใบเป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งส่วนใหญ่ปลูกมากในเขตหนาวซึ่งจะต้องนำเข้าจากต่างประเทศเท่านั้น ขณะนี้มีผู้ขอรับการส่งเสริมการลงทุนเพื่อผลิตเยื่อกระดาษดังกล่าวคือเยื่อชนิดเส้นใยยาวหนึ่งโครงการคือบริษัทปัญจพลอินดัสตรี

จำกัด ซึ่งจะมีกำลังผลิตเหื่อได้ประมาณ 49,500 เมตริกตันต่อปี ใช้วัตถุดิบจากไม้สนสับซึ่งนำเข้าจากต่างประเทศ (รัตนา เอี่ยมคณิตชาติ. 2534:10)

1.2 ประเภทของวัตถุดิบ อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต้องใช้วัตถุดิบเส้นใยที่ได้จากพืชเป็นสิ่งสำคัญ เช่น ไม้ยางพารา ไม้ยูคาลิปตัส ไม้ไผ่ ต้นปอแก้ว ฟางข้าว หญ้า ไม้สนเขา ต้นกล้วย ต้นนุ่น แม้ประเทศไทยจะมีพืชเส้นใยต่างๆ แต่พืชเส้นใยบางอย่างมีแหล่งผลิตกระจุกกระจาย ยากต่อการเก็บรวบรวม ส่วนในด้านราคาก็มักขึ้นลงเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ นอกจากนี้ยังไม่มีระบบในการผลิตที่จะเป็นหลักประกันว่าจะสามารถผลิตวัตถุดิบเส้นใย เพื่อป้อนโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษได้อย่างเพียงพอและสม่ำเสมอตลอดไป อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษภายในประเทศจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาในด้านการเกษตรเพื่อให้มีการปลูกพืชที่เป็นวัตถุดิบสำหรับป้อนโรงงานผลิตเยื่อกระดาษให้มีจำนวนเพียงพอกับความต้องการอย่างสม่ำเสมอในเรื่องวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ (พิพิธ ศุภพิพัฒน์ และนิพนธ์ กมล รัตนกุล. 2519 : 49)

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษภายในประเทศในปัจจุบันที่เป็นปัญหาในการผลิตเหื่อคือ เหื่อชนิดเส้นใยยาวซึ่งยังมีอยู่เป็นจำนวนน้อย เป็นสิ่งจำเป็นในการผลิตกระดาษเพื่อให้กระดาษมีคุณภาพดีตามมาตรฐานสากลคือ มีความแข็งแรง ความเหนียว รับน้ำหนักได้ดีไม่ฉีกขาดง่าย ซึ่งไม่เพียงพอที่จะผลิตให้คุ้มทุนทางเศรษฐกิจได้ เหื่อใยยาวชนิดที่นำมาทำกระดาษเป็นส่วนผสมกับเหื่อใยสั้นจะนำเข้ามาในลักษณะเป็นแผ่น หรืออัดเป็นก้อน (กรรณิการ์ พิสุทธิศักดิ์. 2530 : 11) ปัญหาเรื่องวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ ซึ่งมักเป็นการขาดแคลนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต เช่น ชานอ้อย ปอแก้ว ไม้ไผ่ และไม้ยูคาลิปตัสนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาเรื่องปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการมากกว่าเรื่องราคาของวัตถุดิบนี้ ผู้ผลิตได้หาวิธีแก้ไข เช่น การจัดหาแหล่งเพาะปลูกในภูมิภาคอื่นและส่งเสริมการเพาะปลูกสวนไม้โตเร็ว แต่นโยบายของรัฐยังขาดความแน่นอน เนื่องจากโครงการปลูกสวนไม้ป่าโตเร็วประสบปัญหาการรुक้า ป่าสงวนและปัญหาประชาชนที่อาศัยอยู่เดิม นอกจากนี้ยังมีข้อโต้แย้งในเรื่อง การอนุรักษ์ธรรมชาติอยู่ (รัตนา เอี่ยมคณิตชาติ. 2534 : 24)

1.3 แหล่งวัตถุดิบแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1.3.1 วัตถุดิบที่มีในประเทศ ซึ่งประกอบด้วยเศษกระดาษ ดินขาว ฟางข้าว หญ้า ขจรจบ ชานอ้อย ไม้ไผ่ ปอแก้ว ปอสา ต้นนุ่น รวมทั้งโซเดียมไฮดรอกไซด์ สารส้ม และ คลอรีน เป็นต้น

1.3.2 วัตถุดิบที่นำเข้าจากต่างประเทศ ได้แก่ เหื่อใยยาว เศษกระดาษที่มีคุณภาพดี โซเดียมซัลเฟต โซดาแอส ยามาเชื้อรา โซเดียมคลอไรด์ และอื่นๆ (กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2526 : 4)

สำหรับไม้ที่ใช้ในกระบวนการผลิตเยื่อเพื่อทำกระดาษทั่วๆ ไป สามารถแบ่งออกเป็นจำพวกใหญ่ๆ ได้ 3 ประเภท คือ

1. ไม้ใบกว้าง ได้แก่ ไม้เบญจพรรณต่างๆ ที่ผลัดใบตามฤดูกาล ไม้เหล่านี้มีเส้นใยสั้น เช่น พวกไม้ยูคาลิปตัส

2. ไม้ตระกูลสน ได้แก่ ไม้ที่มีใบเขียวตลอดทั้งปีมีลักษณะใบแคบ ไม้พวกนี้จะมีเส้นใยยาว เช่น พวกไม้สนสองใบ ไม้สนสามใบ เป็นต้น

3. ไม้จำพวกไม้ล้มลุก เป็นไม้จำพวกเส้นใยสั้นและบาง แต่มีคุณภาพดี เช่น ต้นอ้อ ต้นหญ้า ต้นกก ต้นปอแก้ว และต้นข้าว เป็นต้น (สาคร คันธโชติ. 2535 : 73) ชนิดของเยื่อที่ได้จากวัตถุดิบที่กล่าวมา สามารถนำมาทำกระดาษได้โดยใช้อัตราส่วนผสมที่แตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของกระดาษที่จะนำไปใช้งานนั้นๆ แหล่งของชนิดของเยื่อที่ได้จะมาจากพืชชั้นต้นนี้ เรียกว่าส่วนที่เป็นเส้นใยปฐมภูมิ (primary fiber) หรือ virgin pulp ซึ่งในปัจจุบันเส้นใยปฐมภูมิมีปริมาณจำกัดและราคาแพง ในประเทศไทยไม่สามารถผลิตได้เอง เนื่องจากสภาพภูมิประเทศไม่อำนวยต่อการปลูกป่าชนิดนี้ เมื่อการผลิตเยื่อไม่พอกับความต้องการ จึงหันมาใช้เยื่อกระดาษจากเศษกระดาษเก่าๆ ทดแทนเยื่อกระดาษซึ่งได้ผ่านการนำมาแล้วเรียกว่าเยื่อชนิดเส้นใยทุติยภูมิ (secondary fiber) (สาคร คันธโชติ. 2535 : 73)

วัตถุดิบจำพวกฟางข้าว หญ้าขจรจบ ชานอ้อย ไม้ไผ่ และปอแก้ว เป็นวัตถุดิบที่มีน้ำหนักน้อย ต้องการเนื้อที่ในการเก็บรักษามากและไวต่อการติดไฟถูกทำลายง่ายโดยเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากความชื้นของอากาศทำให้วัตถุดิบเสื่อมลงอย่างรวดเร็ว ไม่เหมาะสมที่จะทำกระดาษชนิดคุณภาพดี (นัยนา นิยมวัน และคณะ. 2526 : 37)

2. การย่อยสลายวัตถุดิบด้วยวิธีเคมี

เพื่อให้วัตถุดิบอ่อนตัวให้วัตถุดิบดูดสารละลายจนอิ่มตัวและเกิดการย่อยสลาย กระบวนการย่อยแบบนี้ใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม นอกจากจะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วยังมีสิ่งอื่นประกอบสำหรับการทำเยื่อด้วยคือ คลอรีน โซเดียมซัลเฟต โซเดียมคลอไรด์ ปูนขาว สำหรับการผลิตกระดาษ เคมีภัณฑ์ที่จะต้องเตรียมคือ แบเรียมคลอไรด์ ปูนขาว โซเดียมโมโนซัลไฟท์ โซดาแอส ยามาเชื้อรา ชันสน สารส้ม สี ผงฟอกขาว กรดเกลือ กรดกำมะถัน ทัลคัม และแป้ง (กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2527 : 4)

2.1 กระดาษจากการย่อยด้วยวิธีเคมี การทำกระดาษแบบเคมี วัตถุดิบจะแยกออกเป็น 2 ชนิด คือ วัตถุดิบใช้ทำกระดาษ แบบใช้ในการพิมพ์และแบบไม่เกี่ยวกับการพิมพ์

2.1.1 กระดาษที่เกี่ยวข้องกับการพิมพ์ (printing paper) เป็นกระดาษที่ใช้ในการพิมพ์อย่างเดียว ผู้ผลิตจึงคำนึงถึงเฉพาะคุณสมบัติที่ต้องการใช้ในด้านกรพิมพ์ คือ ต้องหนาพอสมควร มีความเรียบสม่ำเสมอ มีความขาว ความทึบแสง ความแข็งแรง ต่อการพิมพ์ กระดาษชนิดนี้ คือ

2.1.2 กระดาษหนังสือพิมพ์ (newsprint) เป็นกระดาษที่มีความคงทนต่ำและระยะเวลาใช้ประโยชน์ก็ใช้เวลาไม่มากนัก การผลิตมีจำนวนต่ำมากเมื่อเทียบกับอัตราการใช้ในปัจจุบัน

2.1.3 กระดาษพิมพ์เขียน (printing & writing paper) เป็นกระดาษที่มีคุณภาพสูงและความขาวเกิน 80 เมื่อวัดด้วยเครื่องวัดในการแยกประเภทของการนำไปจำหน่ายและใช้งาน

2.1.4 กระดาษที่ไม่เกี่ยวข้องกับการพิมพ์ (non-printing paper) กระดาษชนิดนี้ใช้กันอย่างกว้างขวางในวงการอุตสาหกรรมหรือในชีวิตประจำวัน การเลือกซื้อกระดาษประเภทนี้มักเกี่ยวกับการใช้งาน และประโยชน์ของกระดาษต่างๆ ที่สามารถผลิตให้ได้คุณภาพตามการใช้งาน กระดาษชนิดนี้เป็นกระดาษที่ทำการฟอกขาวแล้ว ได้แก่

2.1.5 กระดาษอนามัย (sanitary tissue) หมายถึง กระดาษ ที่ต้องการความนุ่มและการดูดซึมที่ดี แบ่งออกได้เป็นหลายประเภทดังนี้ กระดาษเช็ดหน้า (facial tissue) กระดาษเช็ดมือ กระดาษเซลลูโลสเวดดิ้ง (cellulose wedding) (นัยนา นิยมวัน และคณะ. 2526 : 9)

2.1.6 กระดาษคราฟท์ หรือกระดาษเหนียว (kraft paper) ส่วนมากนำไปผลิตเป็นการบรรจุภัณฑ์มากกว่า หรือเป็นกระดาษชนิดนำไปใช้งานพิเศษอื่นๆ

2.1.7 กระดาษอื่นๆ เช่น กระดาษฟาง กระดาษไหว้เจ้า กระดาษไวแสง กระดาษมวนบุหรี่ กระดาษที่ใช้ทำจาน ผ้ากระดาษ กระดาษหนังสือเหนียว กระดาษห่อของขวัญ (กรรณิการ์ พิสุทธิศักดิ์. 2530 : 7-8)

2.2 การผลิตกระดาษด้วยสารเคมีของโรงงานกระดาษบางปะอิน การผลิตขึ้นตามความต้องการของตลาด สำหรับการผลิตกระดาษของโรงงานกระดาษบางปะอินเริ่มต้นจากการนำหญ้าขจรจบ และฟางข้าว เข้าเครื่องตัดให้เป็นท่อนยาวประมาณ 1-2 นิ้ว หลังจากนั้นผ่านเข้าเครื่องไซโคลน (cyclone) เพื่อแยกฝุ่นออก หญ้าและฟางที่ตัดและผ่านกระบวนการแยกฝุ่นแล้วจะถูกลำเลียงทางสายพานเข้าสู่หม้อต้มเยื่อ ซึ่งมีลักษณะรูปทรงกลม (spherical digester) สามารถหมุนรอบตัวเองได้ ซึ่งมีหม้อทั้งหมด 6 หม้อ แต่ละหม้อต้มหนัก 3 ตัน มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 4.5 เมตร ปริมาตรภายใน 43 ลูกบาศก์เมตร สามารถบรรจุวัตถุดิบได้ครั้งละ 5 ตัน (ศิริกัลยา สุวจินานนท์ และนัยนา นิยมวัน. 2528 : 6)

สำหรับการแยกฝุ่นก่อนนำมาทำการย่อยสลายแล้วนำมาผลิตเยื่อ การล้างทำความสะอาดวัตถุดิบก็เพื่อแยกสิ่งสกปรกทั้งจากวัตถุดิบที่จะนำมาผลิตกระดาษ เพื่อให้คุณภาพของ

กระดาษดีขึ้น ซึ่งก็คือความสิ้นของฟางข้าวที่จะนำไปผลิตเป็นเส้นใยนั่นเอง เมื่อเยื่อสิ้นจะทำให้กระดาษที่ผลิตได้มีความต้านทานแรงฉีกขาดน้อยลง กระดาษคุณภาพต่ำตามในโรงงานขนาดใหญ่ นั้น กรรมวิธีแยกฝุ่นจะมีห้องแยกฝุ่นละอองด้วยการผ่านน้ำ สำหรับวัตถุประสงค์กับการดักในการผลิตกระดาษของโรงงานขนาดใหญ่จะเกิดปัญหามากและมีผลต่อกระดาษตามมาในขั้นตอนการเตรียมเยื่อเพื่อผลิตเป็นแผ่น (อร่าม อุดล. 2527 : 85)

3. การวิเคราะห์วัตถุดิบเพื่อหาคุณสมบัติ

การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพมาใช้ในการตัดสินใจบางประการนั้นมีความสำคัญมาก ข้อมูลที่ได้จะต้องละเอียด และถูกต้องจริงๆ จึงจะเป็นข้อมูลที่มีคุณค่า ในหลายกรณีข้อมูลที่ไม่ถูกต้องหรือเป็นค่าโดยประมาณอาจนำไปสู่การแปลความหมายหรือการตัดสินใจที่ผิดได้ ในการวิเคราะห์วัตถุดิบเกี่ยวกับการทำเยื่อกระดาษก็เช่นเดียวกันจะเป็นการวิเคราะห์เพื่อหาข้อมูลและคุณสมบัติของวัตถุดิบก่อนที่จะเข้าสู่ระบบย่อยสลายต่อไป ประสิทธิภาพของขั้นตอนต่างๆ ในระบบย่อยสลายและปริมาณสิ่งสกปรกที่เหลืออยู่ในฟางข้าวมีความสำคัญต่อการตัดสินใจเปลี่ยนระบบ การดัดแปลงแก้ไขระบบหรือแม้แต่การนำไปย่อยสลายถ้าไม่เป็นที่ถูกต้องอาจนำไปสู่การลงทุนที่ไม่จำเป็นได้ (สมาคมสิ่งแวดล้อมไทย. 2535 : 18)

เนื่องจากความสำคัญของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ มีอยู่บางชนิดแล้ว ดังนั้นเพื่อให้ข้อมูลที่ได้ถูกต้องทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์จำเป็นต้องมีการควบคุม ตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ (quality control) และน้ำยาเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตลอดจนเครื่องมือ เครื่องใช้ต่างๆ ซึ่งล้วนแต่มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ และข้อมูลที่จะได้รับเป็นอย่างยิ่ง ตัวกำหนด (parameters) ต่างๆ ที่ใช้ในการแสดงลักษณะของวัตถุดิบ ที่ทำการวิเคราะห์อยู่ทั่วไปคือ การวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้น ความยาวของเส้นใย แก๊สต้านปริมาณลิกนิน หรือสารที่ก่อให้เกิดสี

4. การฟอกเยื่อให้ขาวโดยการฟอกแบบต่อเนื่อง

การใช้สารฟอกสีก็ควรเลือกให้เหมาะสมทั้งดูความสิ้นเปลืองด้วย การทำเยื่อให้บริสุทธิ์ โดยทำให้ลิกนินเป็นสารละลายได้แล้วล้างออกเป็นวิธีที่นิยมกันเพราะทำให้เยื่อมีสีขาวทึบและบริสุทธิ์มากด้วย แต่การแยกเอาลิกนินนั้นแยกออกโดยการฟอกสีนี้ค่าใช้จ่ายสูงกว่าการแยกเอาลิกนินออกในตอนต้นด้วยวิธีย่อยไม้ทำเยื่อกระดาษ ดังนั้นเพื่อเศรษฐกิจของโรงงานจึงมักย่อยให้

ตาราง 1 แสดงความยาวของเส้นใยพืชแต่ละประเภท

ชนิดของพืช	ความยาวของเส้นใย (มิลลิเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของเส้นใย (ไมครอน)
1. ลำต้นไม้ไผ่สีสุก	2.7 - 4.0	150.0
2. ลำต้นข้าว	0.5 - 1.0	8.0 - 10.0
3. ชานอ้อย	1.0 - 1.5	15.0
4. ต้นฝ้าย	0.6 - 0.8	20.0 - 30.0
5. เยื่อจากข้าวสาลี	1.5	15.0

(Joseph E. Atchison and John N. McGovern 1983 : 164)

ได้เยื่อลิกนินต่ำเพื่อให้ฟอกสีได้ง่ายขึ้น การที่จะทราบว่าเยื่อที่น้อยเหมาะกับการฟอกหรือไม่ก็นำเอาเยื่อนั้นมาวิเคราะห์หา Permanganate number หรือ kappa number ถ้าได้ค่าสูงกว่า ก็แสดงว่ายังมีลิกนินอยู่ในเยื่อมาก การฟอกสีจะสิ้นเปลืองเงินและเวลาด้วย ดังนั้นก่อนที่จะนำเยื่อไปฟอกจำเป็นต้องมีการศึกษาเครื่องมือ สารเคมี ให้ถูกต้องและพร้อมอยู่เสมออย่างเพียงพอ การทดลองฟอกเยื่อชานอ้อยเป็นการทดลองเพื่อหาสภาวะการฟอกที่ให้ผลดีที่สุดโดยใส่คลอรีนในการฟอกเท่ากัน และใช้สารละลายโซดาไฟในการล้างเยื่อเท่าๆ กัน เยื่อชานอ้อยซึ่งในการทดลองฟอกนี้ เป็นเยื่อที่น้อยด้วยโซดา เยื่อนี้มี Permanganate number 12 มีความขาวสว่างร้อยละ 36 (รุ่งอรุณ ศิริพันธุ์ และคณะ. 2518 : 3) การฟอกแบบต่อเนื่องมีวิธีการฟอกหลายขั้นตอนที่สำคัญของการฟอกและระยะเวลาแตกต่างกัน การฟอกแบบ 3 ขั้นมีลำดับคือ

ขั้นที่ 1 เรียกว่าคลอรีเนชัน (chlorination) เป็นขั้นตอนการฟอกที่เรียกว่าการทำให้บริสุทธิ์ (purifying) ใช้คลอรีนเป็นตัวฟอก ค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 1 ใช้เวลาการฟอกประมาณ 40 นาที แล้วตรวจหาปริมาณคลอรีนที่เหลืออยู่เพื่อจะได้ทราบปริมาณคลอรีนที่ใช้ในการฟอก สำหรับการฟอกในขั้นนี้ปริมาณคลอรีนที่ใช้ไปเท่ากับการฟอกแบบอื่น แต่ใช้คลอรีนผสมกับคลอรีน

ไดออกไซด์ดังนี้ ใช้คลอรีนร้อยละ 3.5 รวมกับคลอรีนไดออกไซด์ของเยื่อแห้งร้อยละ 0.2 ร้อยละ 3.7 ของ available chlorine

ขั้นที่ 2 เรียกว่า การฟอกขาวโดยไฮโปคลอไรท์ (hypochlorite bleach) ใช้สารละลาย แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ (calcium hypochlorite) เป็นตัวฟอก ปริมาณแคลเซียมไฮโปคลอไรท์คิดเป็น ร้อยละ 1 ของเยื่อแห้ง ความเข้มข้นเยื่อร้อยละ 5 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ร้อยละ 9 อุณหภูมิ ที่ใช้คืออุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 2.30 ชั่วโมง และควรหาปริมาณคลอรีนที่เหลือ (วันທີ สัตราคม และคณะ. 2518 : 3-4)

ขั้นที่ 3 เรียกว่า การฟอกขาวโดยไฮโปคลอไรท์ หรือคลอรีนไดออกไซด์ (hypochlorite หรือ chlorine dioxide-bleach) หลังจากล้างด้วยโซดาแล้วนำไปฟอก สำหรับการฟอกตอนนี้ ฟอกด้วย แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ใช้สภาวะการฟอกเหมือนขั้นที่ 2 จากนั้นตามด้วยคลอรีนไดออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 5 ค่าความเป็นกรด-ด่างร้อยละ 3-4 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ใช้ในการฟอก 2 ชั่วโมง 30 นาที แล้วตรวจหาปริมาณคลอรีนในน้ำยา เมื่อเสร็จแล้วล้างเยื่อฟอกให้สะอาด แล้วนำมาล้างด้วยสารละลาย SO_2 ร้อยละ 0.1 เพื่อกันเยื่อไม่ให้กลับสี หาปริมาณเยื่อฟอก และหาปริมาณคลอรีนทั้งหมดที่ใช้ในการฟอก และวัดความขาวของเยื่อเมื่อนำมาทำเป็นแผ่น

การทำแผ่นทดสอบขนาด 60 กรัมต่อตารางเมตร แล้วเก็บไว้ในห้องอุณหภูมิ 27 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ต่อจากนั้นจึงทดลองคุณสมบัติของแผ่นกระดาษที่ทำขึ้นการทดสอบคุณสมบัติของกระดาษให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.758-2531 (วันທີ สัตราคม และคณะ. 2518 : 5)

5. การเตรียมเยื่อและผสมสารกันซึม

สารกันซึม (sizing agents) ช่วยให้กระดาษมีคุณภาพและคุณสมบัติด้านการดูดซึม น้ำ

กลุ่มที่ 1 ได้แก่ ชันสน (resin) เป็นสารหลักต้องทำการย่อยให้โมเลกุลเล็กลงด้วยสารละลายโซดาไฟ และเติมสารสัมผัสไปด้วยเพื่อเป็นตัวเชื่อมให้เส้นใยและชันสน สามารถยึดติดกันได้ ทำให้ชันสนที่ไม่เข้ากับน้ำเคลื่อนตัวต่อไปอยู่ที่ผิวกระดาษได้ สารกลุ่มนี้จะทำให้แผ่นกระดาษมีสภาพเป็นกรดมีค่า pH ประมาณ 4.5-4.7

กลุ่มที่ 2 ได้แก่ สารประเภทอัลคิล คีทีน ไดเมอร์ (alkyl ketene dimer) ซึ่งไม่จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนการย่อยโมเลกุลให้เล็กลง และสารเคมีกลุ่มนี้จะมีผลทำให้แผ่นกระดาษที่ได้มีสภาพเป็นด่าง

สารเติมเต็ม (fillers) เป็นผงสีขาวใช้อุดรูช่องหรือช่องว่างระหว่างเส้นใยเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของผิวกระดาษให้เหมาะสมกับสภาพพิมพ์ ตัวอย่างสารเติมเต็มนี้ ได้แก่ ดินขาว มีคุณสมบัติเป็นกลาง ดังนั้นจึงสามารถใช้รวมกันได้กับสารกันซึมทั้ง 2 กลุ่ม แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) มีคุณสมบัติเป็นด่าง จึงใช้ได้กับสารกันซึมกลุ่มที่ 2 เท่านั้น ทิตาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) และผงสีอื่นๆ แป้งมันสำปะหลัง มีลักษณะเป็นผงละเอียดเวลาใช้จะผสมกับน้ำฟุ้งเป็นฝอยลงบนน้ำเยื่อบนเครื่องเดินแผ่น จุดประสงค์เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ผิวกระดาษทำให้เวลาพิมพ์ผิวกระดาษไม่หลุดง่าย นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มน้ำหนักกระดาษและทำให้ผิวกระดาษเป็นมันวาวด้วย สารสีเพื่อเปลี่ยนหรือย้อมสีให้กระดาษมีสีตามต้องการโดยเฉพาะกระดาษประเภทผิวกล่อง ตัวอย่างสารสีที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ ได้แก่ pinura red หรือ bismark brown เป็นต้น (พรทวี พึ่งรัศมี และอรุณ หาญสืบสาย. 2537 : 28)

6. การทำแผ่นโดยเครื่องทำแผ่น

เยื่อที่ทำการฟอกแล้วจะถูกนำไปทำเป็นแผ่นแห้งหรือแผ่นเปียกหมาดๆ ที่มีความชื้นเพิ่มร้อยละ 60 เพื่อนำไปขายให้แก่โรงงานผลิตกระดาษต่อไป

ขั้นตอนการผลิตกระดาษของผู้ทดลองกับพืชหลายชนิด แม้กระบวนการทดลองการใช้วัตถุดิบและวิธีการต่างกัน แต่การทำแผ่นจะมีลำดับขั้นตอนที่เหมือนกันดังนี้คือ

การนำเยื่อแห้งมาหาความชื้น เมื่อทราบความชื้นแล้ว ก็นำเยื่อมาชั่งน้ำหนักต่อแผ่นคิดเป็นจำนวนต่อพื้นที่ของกระดาษออกมาโดยการเฉลี่ย เมื่อได้เยื่อทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว ก็นำเยื่อไปละลายน้ำ หรือแช่น้ำไว้ประมาณ 15 ชั่วโมง โดยใช้น้ำสะอาด

นำเยื่อที่แช่ไว้เมื่อครบ 15 ชั่วโมงแล้วมาทำให้เยื่อกระจายด้วยเครื่องกระจายเยื่อ โดยต้องควบคุมอุณหภูมิที่ 4-6 องศาเซลเซียส ให้เครื่องทำการกระจายเยื่อนาน 25 นาที แล้วนำเยื่อมาใส่เครื่องตีเยื่อให้เยื่อมีขนาดสม่ำเสมอ ที่อุณหภูมิห้องด้วยความเร็วรอบสูง ใช้เวลานาน 20 นาที เมื่อถึงเวลาที่กำหนดแล้วนำเยื่อที่ทำการกระจายนี้ไปใส่เครื่องกวนเยื่อความเร็วรอบต่ำ โดยใช้น้ำสะอาดเติมลงไปกวนนาน 15 นาที ก่อนที่จะนำเข้าสู่เครื่องทำแผ่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระดาษตัวอย่าง ยาว 10 เซนติเมตร เมื่อกวนเข้ากันดีแล้วนำน้ำเยื่อมา 400 มิลลิลิตร ใส่ในเครื่องทำแผ่น พร้อมน้ำสะอาดอีก 200 มิลลิลิตร จากนั้นดูความสม่ำเสมอของน้ำและเยื่อ ปล่อยน้ำล้างเยื่อจะค้างบนตะแกรงของเครื่อง ซึ่งจะมีน้ำปนอยู่ใช้กระดาษแข็งทาบข้างบนแล้วค่อยๆ ยกกระดาษออกเพื่อซับน้ำ ทำเช่นนี้จนครบ 10 แผ่น นำมาซ้อนกันแล้วนำเข้าเครื่องรีดน้ำออกอีกครั้งที่ความดันประมาณ 3000 PSI จากนั้นนำกระดาษออกจากเครื่องอัดรีดน้ำ นำกระดาษที่ได้ไปทดสอบหา

ความชื้นของกระดาษโดยนำเข้าห้องปฏิบัติการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น แล้วจึงทำการทดสอบกระดาษ

กระดาษที่จะทำการทดสอบต้องทราบน้ำหนักความชื้นและน้ำหนักมาตรฐานต่อแผ่น แล้วจึงนำกระดาษไปทำการทดสอบหาค่าต่างๆ ได้

7. การทดสอบคุณภาพของกระดาษทั่วๆ ไป

การวิเคราะห์คุณสมบัติของกระดาษและภาชนะบรรจุที่ทำจากกระดาษมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการออกแบบโครงสร้าง ตลอดจนการปรับปรุงคุณภาพของการทำภาชนะบรรจุหีบห่อ เพื่อประโยชน์ในการลดความเสียหาย ลดต้นทุน รวมทั้งการตรวจสอบข้อกำหนดในการซื้อขาย

เนื่องจากกระดาษมีคุณสมบัติที่แปรเปลี่ยนตามสภาวะอากาศแวดล้อม ดังนั้นในการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ จำเป็นต้องมีการปรับสภาวะ ขึ้นทดสอบให้สอดคล้องกับสภาวะทดสอบมาตรฐานเสมอ สภาวะดังกล่าวจะแตกต่างกันไปตามภูมิอากาศของแต่ละประเทศ เช่น

ประเทศไทย	27±2°ซ.	ความชื้นสัมพัทธ์ 65±2%
ประเทศสหรัฐอเมริกา	23±2°ซ.	ความชื้นสัมพัทธ์ 50±2%
ประเทศในยุโรป	20±2°ซ.	ความชื้นสัมพัทธ์ 65±2%

ส่วนวิธีการวิเคราะห์คุณสมบัตินั้น จะยึดถือมาตรฐานของชาติ หรือมาตรฐานสากล ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลก ทั้งนี้เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความถูกต้อง และสามารถเปรียบเทียบในแต่ละครั้งได้ มาตรฐานที่นิยมใช้ เช่น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ประเทศไทย

International Standard Organization (ISO)

American Society for Testing and Materials (ASTM)

British Standard (BS)

Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI)

Federal Test Method Standard

ปริมาณความชื้น (moisture content) หมายถึง ปริมาณของน้ำในกระดาษคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักเดิม คุณสมบัตินี้มีความสัมพันธ์กับการพิมพ์ การประกบ การเคลือบ การตัด การทากาว และกรรมวิธีอื่นๆ ในการทำเป็นภาชนะบรรจุ วิธีการทดสอบอาศัยหลักการอบขึ้นทดสอบจนมีน้ำหนักคงที่ มาตรฐานที่ใช้ได้แก่ ISO 278, ASTM D 466 และ TAPPI T 412

ความหนา (thickness) หมายถึง ระยะทางตั้งฉากระหว่างผิวหน้าทั้งสองของกระดาษ เป็นไมครอนหรือมิลลิเมตร ความหนาของกระดาษนี้บางครั้งก็เรียกว่าคาลิเปอร์ (caliper) จะมีส่วนสัมพันธ์กับคุณสมบัติที่เกี่ยวกับความเหนียวในการโค้งงอ และความแข็งตึง ราคา และกรรมวิธีต่างๆ ในการแปรรูปเป็นภาชนะบรรจุ เช่น การพิมพ์ การตัด เป็นต้น เครื่องมือที่ใช้วัดความหนาของกระดาษบางคือ ไมโครมิเตอร์ (micrometer) ถ้าเป็นกระดาษหนา เช่น แผ่นกระดาษลูกฟูกและแผ่นกระดาษแข็งจะใช้เวอร์เนีย มาตรฐานที่ใช้ได้แก่ ASTM D 645 และ TAPPI T 411

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

ความเรียบ (smoothness) ความเรียบของกระดาษจะสัมพันธ์กับความเหมาะสมในการพิมพ์ กล่าวคือ ถ้ากระดาษมีผิวเรียบจะช่วยให้การพิมพ์ดีขึ้น เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์คุณสมบัตินี้คือ Bendtsen smoothness tester โดยวัดในค่าอัตราการไหลของอากาศ มาตรฐานที่ใช้คือ TAPPI T 470 และ ISO 2494

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

การต้านแรงฉีกขาด (tear resistance) หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงซึ่งทำให้ชั้นทดสอบขาดต่อจากรอยเดิม มีหน่วยเป็นมิลลินิวตันหรือกรัมแรง คุณสมบัตินี้บอกถึงความแข็งแรงของกระดาษ และสัมพันธ์กับค่าความต้านแรงตันทะลุ เครื่องมือที่ใช้คือ Elmendorf tear tester โดยอาศัยมาตรฐาน ASTM D 607 และ TAPPI T 414

การต้านแรงดึงขาดและการยืดตัว (tensile strength and elongation) หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงดึง ซึ่งกระทำที่ปลายข้างใดข้างหนึ่งของชิ้นทดสอบที่มีความกว้างคงที่จนชิ้นทดสอบนั้นขาด มีหน่วยเป็นนิวตันต่อความกว้างเป็นเมตร ส่วนการยืดตัว หมายถึง ระยะที่ชิ้นทดสอบยืดตัวออกจนขาด มีหน่วยเป็นร้อยละของความยาวเดิมของชิ้นทดสอบ คุณสมบัตินี้สัมพันธ์กับความแข็งแรงของกระดาษ การต้านแรงตันทะลุ การต้านแรงทิ่มทะลุ การต้านแรงฉีกขาด คุณภาพในการโค้งงอ ตลอดจนความแข็งแรงของรอยต่อ เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า tensile tester โดยใช้มาตรฐาน ASTM D 828, ASTM D 829, TAPPI T 404 และ TAPPI T 456

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

ความแข็งตึง (stiffness) หมายถึง ความทนทานต่อการโค้งงอของกระดาษ ซึ่งสัมพันธ์กับความแข็งแรงของภาชนะบรรจุ ความสามารถในการต้านการกดทับ และสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสียรูปต่างๆ เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์คุณสมบัตินี้มีหลายแบบ ขึ้นกับลักษณะของกระดาษ ตัวอย่างเช่น กระดาษที่มีน้ำหนักน้อยจะใช้ Taber stiffness tester มีหน่วยเป็นดาเบอร์ (Taber) ถ้าเป็นกระดาษแข็งหรือแผ่นลูกฟูกจะใช้ Kodak stiffness tester มีหน่วยเป็นเกอร์เลย์ (gurley) มาตรฐานที่ใช้ได้แก่ TAPPI T 451 และ TAPPI T 489

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

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

การต้านแรงกดลอนลูกฟูกของกระดาษทำลูกฟูก (flat crush resistance of corrugating medium) อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า “concora medium test” หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงกดบนลอนลูกฟูกจนลอนลูกฟูกนั้นยุบลงจนแบน มีหน่วยเป็นนิวตัน หรือกิโลกรัมแรง เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องทำลอนลูกฟูก (medium fluter) และเครื่องกด (crush tester) วิธีการทดสอบใช้มาตรฐาน มอก. 321, ASTM D 2806 และ TAPPI T 809

การต้านแรงกดวงแหวน (ring crush resistance) หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงที่มากที่สุดในแนวระนาบกับกระดาษจนขอบหักพับ มีหน่วยเป็นนิวตัน หรือกิโลกรัมแรง ค่านี้มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงในการเรียงซ้อนของกล่องกระดาษและถังกระดาษ เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องกด (crush tester) และที่จับขึ้นทดสอบ (ring crush holder) มาตรฐานที่ใช้ทดสอบคือ มอก. 321 และ TAPPI T 427

ความต้านแรงดันทะลุ (bursting strength) หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงดันที่กระทำบนพื้นที่ทดสอบด้วยอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ จนทำให้พื้นที่ทดสอบนั้นขาด มีหน่วยเป็นกิโลปาสกาล (kPa) หรือกิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร (kgf/cm^2) คุณสมบัตินี้มีความสัมพันธ์กับการต้านแรงดึงขาด และการต้านแรงฉีกขาด เครื่องมือที่ใช้คือ Mullen tester มาตรฐานที่ใช้ได้แก่ มอก. 550, ISO 2759, ASTM D 774, ASTM D 2738, TPPI T 403 และ TAPPI T 810

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

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

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

8. การตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งจากการทดลองทำกระดาษ

การทดสอบคุณภาพน้ำเป็นวิธีการทดสอบตามสภาพหรือความเป็นไปของแหล่งน้ำ หรือแหล่งระบายน้ำ ซึ่งสามารถนำมาเป็นข้อมูล ในการวางแผนจัดการเกี่ยวกับแหล่งน้ำเพื่อให้มีการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมที่สุดและเพื่อรักษาแหล่งน้ำ เพื่อให้มีคุณภาพที่เป็นแหล่งทรัพยากร ตลอดจนใช้ประโยชน์ได้ (นิสกร โฆษิตรัตน์. 2529:120)

ดัชนีที่แสดงคุณภาพน้ำ

1. ดัชนีที่แสดงคุณภาพน้ำด้านกายภาพ เช่น อุณหภูมิ สี กลิ่น ความขุ่น สภาพการนำไฟฟ้า และอื่นๆ

2. ดัชนีที่แสดงคุณภาพน้ำด้านเคมี เช่น ค่าพีเอช ออกซิเจนละลาย บีโอดี ซีโอดี และตะกอนอื่นๆ

3. ดัชนีที่แสดงคุณภาพน้ำด้านชีวภาพ เช่น โคลิฟอร์ม การนับจากจานเพาะเชื้อมาตรฐานและการตรวจหาจุลินทรีย์ (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2529 : 121)

8.1 การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ วิเคราะห์หาสิ่งต่างๆ จากตัวอย่างน้ำที่รองรับมาเพื่อวิเคราะห์คุณภาพ เช่น สี กลิ่น ความขุ่น และการนำไฟฟ้า ซึ่งมีการวิเคราะห์ของแต่ละอย่างแตกต่างกันออกไปคือ

8.1.1 ลักษณะสีของน้ำ วัดโดยนำตัวอย่างน้ำมาแยกโดยใช้แรงเหวี่ยงเพื่อให้ของแข็งที่แขวนลอยอยู่ตกตะกอนจนหมด ได้น้ำใส นำน้ำใส่นั้นใส่ลงในหลอดเนสเลอร์ นำไปเปรียบเทียบกับสารละลายสีมาตรฐานที่เตรียม ไว้ในกรณีที่สีของน้ำมีความเข้มข้นมากจะต้องเจือจาง

8.1.2 ลักษณะกลิ่น การตรวจสอบกลิ่นจะต้องนำตัวอย่างน้ำมาเจือจางด้วยน้ำที่ปราศจากกลิ่น จนได้กลิ่นน้ำที่น้อยที่สุดจะต้องมีผู้สูดกลิ่นอย่างน้อย 5 คน และต้องเก็บไว้ในขวดแก้วและต้องวิเคราะห์ทันทีที่เก็บมา แต่ถ้าจำเป็นจะต้องเก็บไว้จะต้องเก็บโดยปิดฝาขวดแน่นที่ปราศจากกลิ่นใดๆ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (สมาคมสิ่งแวดล้อมไทย. 2535 : 23)

8.1.3 ความขุ่น การวัดความขุ่นของน้ำเนื่องจากมีสารแขวนลอยต่างๆ อยู่ เช่น ดิน ตะกอน สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ แผลงตอนและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอื่นๆ ควรวิเคราะห์ทันทีที่เก็บตัวอย่างมา แต่ถ้าจำเป็นไม่สามารถวิเคราะห์ได้ในวันนั้นจะต้องเก็บรักษาตัวอย่างไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส และควรทำการวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง (สมาคมสิ่งแวดล้อมไทย. 2535 : 24)

8.1.4 สภาพการนำไฟฟ้า สภาพการนำไฟฟ้าเป็นตัวเลขที่บอกถึงความสามารถของตัวอย่างน้ำในการนำกระแสไฟฟ้า จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นทั้งหมดของสารที่มีประจุที่ละลายอยู่ในตัวอย่างน้ำและอุณหภูมิขณะทำการวัด นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดของความเข้มข้นของสารประกอบในน้ำที่มีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้า สารประกอบอนินทรีย์ของกรด ด่าง และเกลือตามลำดับ ในทางกลับกันสารประกอบอินทรีย์ เช่น ซูโครส เบนซิน จะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ไม่ดี (สมาคมสิ่งแวดล้อมไทย. 2535 : 27)

8.2 การวิเคราะห์ทางด้านเคมี การตรวจวัดลักษณะน้ำทางด้านเคมีเป็นการศึกษาและทดสอบคุณสมบัติของน้ำ ที่จัดไว้ในชนิดของน้ำประเภทที่ 4 คือ น้ำจากอุตสาหกรรม จากกิจกรรม

ประเภทเชื้อปนสามารถทำประโยชน์อื่น เช่น เพื่อการอุปโภคบริโภคต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงน้ำโดยจัดทำเป็นพิเศษ (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2529 : 91) กระบวนการทดสอบขั้นพื้นฐานของน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมที่จำเป็นจะต้องทดสอบ ได้แก่ การวัดค่าพีเอช (pH) ค่าออกซิเจนละลาย ค่าบีโอดี ค่าซีโอดี

8.2.1 การวัดค่าพีเอช ค่าพีเอชเป็นค่าปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคไฮโดรเจน (H^+) ในน้ำ มีหน่วยเป็นโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ในทางปฏิบัติค่าพีเอช จะแสดงความเป็นกรดและด่างของน้ำ ค่าที่วัดได้จะบอกค่าเป็นสีหรือตัวเลข อยู่ที่เครื่องมือวัดโดยบอกเป็นค่าโดยประมาณ หรือ ค่าเฉลี่ย (สมาคมสิ่งแวดล้อมไทย. 2535 : 31)

8.2.2 การหาค่าออกซิเจนละลาย การหาค่าออกซิเจนละลาย คือการหาปริมาณของออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ อันเป็นลักษณะที่สำคัญที่จะบอกให้ทราบว่าน้ำนั้นมีความเหมาะสมเพียงใดต่อการดำรงชีวิตของสิ่งที่มีชีวิตอยู่ในน้ำ และแนวทางการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในน้ำว่าเป็นแบบใช้ออกซิเจนอิสระ หรือไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ (anaerobic) (สมาคมสิ่งแวดล้อมไทย. 2535 : 64)

8.2.3 การหาค่าบีโอดี การวิเคราะห์หาค่าบีโอดีเป็นการวิเคราะห์ที่จะทราบถึงปริมาณความสกปรกของน้ำ เช่น แม่น้ำลำคลอง น้ำทิ้ง จากอุตสาหกรรม การหาค่าบีโอดี โดยทั่วไปเป็นการวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไปในเวลา 5 วัน ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (สมาคมสิ่งแวดล้อมไทย. 2535 : 67)

8.2.4 การหาค่าซีโอดี การวิเคราะห์หาค่าซีโอดีเป็นการวัดค่าความสกปรกของน้ำเสียอีกวิธีหนึ่ง โดยการคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์โดยใช้สารเคมี ซึ่งมีอำนาจในการออกซิไดส์สูงในสารละลายที่เป็นกรด (สมาคมสิ่งแวดล้อมไทย. 2535 : 79)

ตาราง 2 แสดงมาตรฐานกำหนด การตรวจสอบน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมทางด้านกายภาพ

ลักษณะการตรวจสอบ	มาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบ
1. ลักษณะสีของน้ำ	ทดสอบตามวิธีของสมาคมสิ่งแวดล้อมไทย ข้อ 3.2
2. ลักษณะกลิ่น	ทดสอบตามวิธีของสมาคมสิ่งแวดล้อมไทย ข้อ 3.3
3. ความขุ่น	ทดสอบตามวิธีของสมาคมสิ่งแวดล้อมไทย ข้อ 3.4
4. การนำไฟฟ้า	ทดสอบตามวิธีของสมาคมสิ่งแวดล้อมไทย ข้อ 3.5

(สมาคมสิ่งแวดล้อมไทย. 2535 : 21)

ตาราง 3 แสดงมาตรฐานกำหนด การตรวจสอบน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมทางด้านเคมี

ลักษณะการตรวจสอบ	มาตรฐานควบคุมน้ำทิ้ง
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง	อยู่ระหว่าง 4.5 ถึง 8.5
2. ค่าออกซิเจนละลาย	ไม่น้อยกว่า 3.00 มิลลิกรัมต่อลิตร
3. ค่าบีโอดี	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และอนูโลมสูงสุด ไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อน้ำทิ้ง 1 ลิตร
4. ค่าซีโอดี	ไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร อนูโลมสูงสุด ไม่เกิน 60 มิลลิกรัมต่อลิตร

(สมาคมสิ่งแวดล้อมไทย. 2535 : 31)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้ทดลองได้นำฟางข้าวแห้งนำมาเป็นวัตถุดิบ โดยใช้การย่อยสลายฟางข้าวด้วยหม้อนวดย่อยสลาย ย่อยต่อไฮเดียมไฮดรอกไซด์แล้วนำเยื่อมาฟอกขาว จากนั้นทดลองทำแผ่นกระดาษเพื่อตรวจคุณสมบัติคุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐาน และเก็บน้ำทิ้งจากการทำกระดาษมาวิเคราะห์ ทางด้านกายภาพ และด้านเคมี มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประชากร
2. วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทดลอง
3. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง
4. วิธีดำเนินการทดลอง
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ กระดาษความขาวต่ำแบบแผ่นที่ทำขึ้นมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร และคัดเลือกเฉพาะแผ่นกระดาษที่สมบูรณ์เท่านั้นมาทำการทดสอบจำนวน 9 แผ่น

2. เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วัตถุดิบและอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการทดลองทำกระดาษ ดังนี้คือ

2.1 วัตถุดิบ ได้แก่ ฟางข้าว ไฮเดียมไฮดรอกไซด์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ยางสน กาวดินขาว น้ำสะอาด

2.2 เครื่องมือ ได้แก่ หม้อนวดชนิดเซรามิกส์ ลูกบด เครื่องควบคุมการบด เครื่องมือทดสอบคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.74-2524 และ

การทดสอบชนิดอื่นๆ เครื่องมือทดสอบกระดาษชนิดต่างๆ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มอก. 321-2522

2.3 เครื่องมือกลุ่มวิเคราะห์ ได้แก่ ตระแกรงลวด ภาชนะบรรจุวัตถุบ น้ำกลั่น เตาไฟฟ้า เทอร์มิเตอร์ บาร์โรมิเตอร์ กระบอกแก้วตวง เครื่องชั่งเพื่อวิเคราะห์ เครื่องชั่งชนิดกิโลกรัม

3. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

3.1 สถานที่ที่ใช้ในการทดลอง ในการศึกษาทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ต้องการและสมบูรณ์ ได้ใช้สถานที่ในการศึกษาทดลอง 3 แห่ง คือ

3.1.1 เตรียมวัตถุดิบสำหรับการย่อยสลายที่ห้องปฏิบัติการพัฒนาสูตร และชบวนการเคมี ฝ่ายวิจัยด้านเคมี สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

3.1.2 ทำผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องมือทำแผ่นทดสอบที่โรงงาน 5 ในฝ่ายพัฒนาวิศวกรรม โรงงานนำทางด้านการผลิต สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

3.1.3 ทดสอบกระดาษที่สร้างขึ้นและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง ที่ห้องปฏิบัติการเคมีเส้นใยสิ่งทอ ฝ่ายวิจัยด้านเคมี สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

3.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาทดลอง การศึกษครั้งนี้ได้เตรียมวัตถุดิบเพื่อใช้ในการศึกษาทดลองไว้แล้ว ในการทดลองจะใช้ระยะเวลา 3 เดือนตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2539 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2539 โดยทดลองทำกระดาษเพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ และทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ และวิเคราะห์น้ำทิ้งให้ได้ตามระยะเวลาที่กำหนด

4. วิธีการดำเนินการศึกษาทดลอง

วิธีการทดลองทำกระดาษ ผู้ศึกษาได้กำหนดขั้นตอนในการทำ โดยได้เรียงหัวข้อตาม ลำดับดังต่อไปนี้คือ

4.1 การเก็บวัตถุดิบและการย่อยสลายขั้นต้น

4.2 การเตรียมวัตถุดิบเพื่อย่อยสลายด้วยวิธีทางกล

- 4.3 การตรวจสอบความละเอียดและวิธีแยกเยื่อ
- 4.4 การย่อยเยื่ออย่างสมบูรณ์ด้วยสารละลายต่าง
- 4.5 การฟอกสีด้วยสารละลาย
- 4.6 การทำแผ่นทดสอบด้วยเครื่องจักร
- 4.7 การทดสอบกระดาษที่ทำขึ้นตามมาตรฐานกำหนด
- 4.8 การวิเคราะห์น้ำทิ้งจากการทดลองทำกระดาษ
- 4.1 การเก็บวัตถุดิบและการย่อยสลายขั้นต้น

4.1.1 ได้ฟางข้าวจากฤดูหลังการเก็บเกี่ยว ในบริเวณที่มีการเพาะปลูกข้าวตามชนบท ตัวอย่างฟางข้าวที่เก็บบริเวณกองฟาง สำหรับเก็บไว้เลี้ยงโคกระบือ โดยใช้กระสอบกว้าง 60 เซนติเมตร และลึกยาว 100 เซนติเมตร จำนวน 1 กระสอบ

4.1.2 ใช้ใส่ฟางข้าวที่เก็บไว้เป็นตัวอย่าง เก็บสูงจากพื้นดินในระยะ 1 เมตร โดยวิธีสุ่มแบบเจาะจง (purposive sample) จำนวนน้ำหนัก 5 กิโลกรัม

4.1.3 นำวัตถุดิบมาตัดด้วยกรรไกรกับมีดตัด ให้ได้ความยาว 2.5 ถึง 3.5 เซนติเมตร โดยเฉลี่ยตามจำนวนคือ 5 กิโลกรัม วัดความชื้นของฟางที่ตัดด้วยบาร์โรมิเตอร์ เพื่อหาความชื้นของวัตถุดิบโดยวางเครื่องมือวัดไว้นาน 30 นาที และอ่านค่าที่ได้

4.1.4 นำวัตถุดิบไปล้างน้ำโดยเปิดน้ำให้ไหลผ่าน แล้วปล่อยให้ไหลทิ้งไปเวลานาน 3 นาที แล้วใช้ตะแกรงลวด (sieve) ขนาดเบอร์ 4 ตักวัตถุดิบจากน้ำ แล้วนำไปตากกลางแจ้งเพื่อให้ฟางตัดแห้ง

4.2 การเตรียมวัตถุดิบเพื่อย่อยสลายด้วยวิธีทางกล

4.2.1 เตรียมหม้อบดชนิดโลหะจำนวน 9 ใบ เท่าๆ กันสำหรับจะบดฟางข้าวที่เตรียมไว้ น้ำหนักแห้ง 900 กรัม ใช้บดหม้อละ 100 กรัม

4.2.2 ชั่งน้ำหนักลูกบดให้ได้สัดส่วนกับวัตถุดิบที่จะบด น้ำหนัก 1,500 กรัม 2,000 กรัม และ 2,500 กรัม

4.2.3 นำฟางข้าวแห้งที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนที่เตรียมไว้วางลงหม้อบด และน้ำสะอาดปริมาตร 2,000 มิลลิลิตร ลงไปในหม้อบดทุกใบ ปิดฝาหม้อบด

4.2.4 นำหม้อบดทุกใบใส่เครื่องบด ตั้งระยะเวลาการบดทุก 6 ชั่วโมง เครื่องต้องหยุดเพื่อตรวจสอบความละเอียดของการบดทุกหม้อ

4.3 การตรวจสอบความละเอียดและวิธีแยกเยื่อ การตรวจสอบการบดวัตถุดิบ โดยวิธีทางกล มีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.3.1 การหมุนของหม้อบด จะบดตัวอย่างให้เป็นชิ้นเล็กลงได้ด้วยเครื่องควบคุมการบด โดยเครื่องจะหมุนต่อเนื่องไปตลอดจนถึงเวลาที่กำหนด แล้วเปิดตรวจสอบดูความละเอียดของวัตถุดิบที่บด ทุก 6 ชั่วโมง

4.3.2 ฟางข้าวที่ละเอียดแล้วนำมาล้าง กรองผ่านตะแกรงลวด ขนาด 100 เมช ล้างจนไม่มีสีละลายออกมา

4.3.3 นำเยื่อที่บดได้ มาแยกด้วยตระแกรงลวดเบอร์ 70 เอาน้ำออก หมดๆ นำมาประมาณ 5 กรัม หาความชื้นของฟางบดเป็นร้อยละเพื่อนำไปคำนวณหาความชื้นของเยื่อต่อไป

4.4 การย่อยเยื่ออย่างสมบูรณ์ด้วยสารละลายต่าง การย่อยอย่างสมบูรณ์ด้วยสารละลายต่าง การทดลองในครั้งนี้ ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งมีความเข้มข้นต่ำ คือเข้มข้นร้อยละ 0.2 ร้อยละ 0.5 และร้อยละ 0.8 โดยมีการฟอกสีดังนี้คือ

4.4.1 นำฟางบดไปย่อยให้สมบูรณ์ต่อกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.2, 0.5 และ 0.8 โดยน้ำหนัก

4.4.2 ย่อยสลาย โดยใช้ความร้อน 100 องศาเซลเซียส

4.4.3 แล้วนำฟางบดใส่ลงไปเบาๆ ที่ละน้อยๆ (ปฏิกิริยากับน้ำต้มสารเคมีจะรุนแรงขณะเดือดอุณหภูมิสูง) จนหมดขณะย่อยจับเวลาเพียง 4 นาที แล้วยกลง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

4.4.4 เมื่อเย็นแล้ว ล้างน้ำจนหมดต่าง-กรองด้วยตะแกรงลวด 120 เมช

4.4.5 นำเยื่อที่ได้ไปตีย่อยต่อและใช้น้ำสะอาดละลายเยื่อ ใช้เครื่องกวนชนิดแม่เหล็ก กวนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาล้างน้ำสะอาด 1 ครั้ง จึงนำไปฟอกขาวตามต้องการต่อไป

4.5 การฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ฟอกสีของเยื่อที่ย่อยในขั้นสุดท้ายของการย่อยสลายเยื่อที่ผ่านการบด และล้างเอาสิ่งที่ไม่ต้องการทิ้งไป ในกรณีนี้ยังมีความจำเป็นที่จะต้องเก็บน้ำไว้เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพน้ำอีกครั้งก่อนปล่อยทิ้ง ซึ่งการฟอกสีมีขั้นตอนดังนี้

4.5.1 นำสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 35 ใส่บีกเกอร์ความจุ 1 ลิตร

4.5.2 ปิดด้วยกระจกนาฬิกาไว้แล้วใช้กระดาษอลูมิเนียมกันแสง โดยหุ้มที่บีกเกอร์ให้รอบ วางในที่ร่มมีแสงน้อยกันการเกิดปฏิกิริยากับแสง

4.5.3 นำเยื่อที่เตรียมไว้ทั้งหมดใส่ลงในสารละลาย ทิ้งไว้ให้ฟอกขาว 90 นาที ณ อุณหภูมิห้อง

4.5.4 เมื่อครบเวลาเอาเยื่อมาล้างผ่านตะแกรงขนาด 120 เมช

4.5.5 การล้างในขั้นตอนนี้จะเก็บน้ำ เพื่อนำไปทดสอบทั้งหมด 5 ลิตร โดยเก็บน้ำที่ล้างไว้ในขวดสีชาและปิดฝาสนิทที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส น้ำล้างที่เกิน 5 ลิตรทิ้งไป

4.5.6 นำเยื่อที่ได้จากการล้างสะอาดแล้วมาแช่ในแอลกอฮอล์ 95% เพื่อกันเยื่อกลับคืนสีคล้ำอีก

4.6 การทำแผ่นทดสอบด้วยเครื่องจักร ทำแผ่นกระดาษจากเยื่อที่บดและฟอกให้ขาว โดยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 35 เรียงร้อยแล้ว โดยนำเยื่อแห้งมาซึ่งน้ำหนักให้ได้ 55 กรัม แล้วเติมน้ำสะอาดลงไป 5 ลิตร ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง มีขั้นตอนทำแผ่นมีดังนี้

4.6.1 นำเยื่อมาตีให้ละเอียดโดยเครื่องปั่นกวนแล้วนำก้อนน้ำแข็งขนาด 6x7 นิ้ว แช่เป็นเวลา 20 นาที

4.6.2 จากนั้นนำเยื่อทั้งหมดมาใส่เครื่องตีเยื่อแบบตัดเป็นเวลา 20 นาที

4.6.3 นำเยื่อทั้งหมดมาใส่เครื่องปั่นซ้ำเพื่อให้เยื่อเกาะกลุ่มกันครั้งละ 1,000 มิลลิเมตร แล้วเปิดก๊อกด้านล่าง นำน้ำเยื่อ 50 มิลลิลิตร มาใส่เครื่องทำแผ่น

4.6.4 เครื่องทำแผ่นเปิดน้ำหล่อเครื่องอยู่ มีน้ำประมาณ 3,000 มิลลิลิตร แล้วนำน้ำเยื่อกวนให้เยื่อเข้ากันแล้วเทลงเครื่องให้หมด 50 มิลลิลิตร

4.6.5 ต่อจากนั้นเปิดน้ำทิ้งโดยผ่านตะแกรงลวด จะเหลือแต่เยื่อค้างอยู่ ชับน้ำให้แห้งด้วยกระดาษ

4.6.6 รีดด้วยลูกกลิ้งทุกแผ่น แล้วอบด้วยแสงสว่างด้วยหลอดไฟจนแห้ง เตรียมไปทดสอบคุณสมบัติต่อไป

4.7 การทดสอบคุณภาพกระดาษที่ทำขึ้นตามมาตรฐานกำหนด ในการทดลองทำกระดาษจากฟางข้าว จะใช้คุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหนังสือพิมพ์แบบแผ่น (มอก. 758-2531)

ในการทดสอบชิ้นงานที่ทำขึ้นครั้งนี้ ได้ใช้ภาวะทดสอบความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 2.0 อุณหภูมิ 27.0 ± 2.0 องศาเซลเซียส ก่อนทำการทดสอบ กระดาษอยู่ในมลภาวะทดสอบ 24 ชั่วโมง ยกเว้นกระดาษที่ต้องการหาความชื้น โดยทดสอบในภาวะทดสอบวัดฤติบที่ผ่านการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์และผ่านการฟอกสีของเยื่อให้ขาวตามคุณลักษณะกระดาษหนังสือพิมพ์แบบแผ่นคุณภาพของกระดาษ และทดสอบชิ้นงานที่ทำขึ้นในด้านต่างๆ ที่มีความจำเป็นต่อการใช้งาน โดยแบ่งการทดสอบกระดาษออกเป็น 4 อย่าง ได้แก่ วัดความขาวสว่าง วัดความหนา ทดสอบแรงดึงขาด และวัดการดูดซึมน้ำ

4.7.1 การวัดความขาวสว่างของกระดาษ การวิเคราะห์และทดสอบใช้วิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 74-2524 โดยเครื่องมือวัดความขาวสว่าง (brightness) การสะท้อนแสงที่วัดจากแผ่นกระดาษเทียบกับแสงในช่วงคลื่นเดียวกัน เมื่อกำหนดให้มักเนซีียมออกไซด์สะท้อนได้ร้อยละ 10 เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์คือ reflectometer โดยอาศัยมาตรฐาน ASTM D 785 และ TAPPI T452 (ศูนย์บรรจุหีบห่อไทย 2532 : 86)

4.7.2 การวัดความหนาของกระดาษ การทดสอบใช้วิธีการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 321-2522 โดยเครื่องมือไมโครมิเตอร์ ชนิดเดดเวต (dead weight) (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2522 : 6)

4.7.3 การทดสอบแรงดึงขาด การทดสอบใช้วิธีการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 170-2519 โดยใช้เครื่องมือทดสอบการดำน มอก. 170-2519 และใช้เครื่องมือทดสอบการดำนแรงดึงขาด (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2519 : 30)

4.7.4 การทดสอบปริมาตรการดูดซึมน้ำ การทดสอบใช้วิธีการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 170-2519 ข้อ 7.4 โดยใช้วิธีของคอบบี้ (water absorptiveness of sized (non-bibulous) paper and paperboard Cobb test. (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2519 : 23)

4.8 การวิเคราะห์น้ำทิ้งจากการทดลองทำกระดาษ การทดลองทำกระดาษโดยใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบ ในขั้นตอนของขบวนการย่อยสลายวัตถุดิบโดยการบดแล้วฟอกเยื่อ จะใช้น้ำล้างเพื่อให้เยื่อสะอาด น้ำล้างในขั้นตอนนี้จะเป็น้ำทิ้ง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อม

ดังนั้น จึงต้องทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากการทดลองทำกระดาษ โดยนำน้ำจากกระบวนการล้างวัตถุดิบ น้ำจากการล้างเยื่อหลังการบดน้ำฟอกเยื่อให้ขาว น้ำจากการกวนเยื่อและน้ำจากการทำแผ่น รวบรวมมาไว้ในที่เดียวกัน รวมจำนวนเกิน 8,000 มิลลิลิตร ใช้เวลา 5 วัน รวบรวมแล้วสุ่มมาจำนวน 5,000 มิลลิลิตร แบ่งออกมาวิเคราะห์ด้านกายภาพ และด้านเคมี ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ตามข้อมูล

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการทดลอง ผู้ศึกษาจะวิเคราะห์ผลที่ได้ ข้อมูลด้านคุณภาพของวัตถุดิบคือฟางข้าว ตัวอย่างข้อมูลด้านคุณลักษณะที่ต้องการของกระดาษที่ทำขึ้น และวิเคราะห์ข้อมูลด้านคุณภาพน้ำทิ้งที่เกิดจากการฟอกเยื่อ ตามลำดับดังนี้

5.1 การวิเคราะห์คุณภาพของชิ้นงาน

นำตัวอย่างกระดาษที่ทำขึ้นมาวิเคราะห์คุณภาพดังต่อไปนี้

5.1.1 ความขาวสว่าง ใช้เครื่องมือวัดแบบ Photovolt ค่าที่อ่านได้เป็นหน่วยเข้มข้น รายงานผลค่าเฉลี่ยเป็น มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

5.1.2 ความหนา ใช้เครื่องมือ ไมโครมิเตอร์ชนิดเดดเวต (dead wight) ค่าที่วัดได้เป็นหน่วยความยาว รายงานผลค่าเฉลี่ยเป็นมิลลิเมตร (ให้ค่าละเอียดถึง 0.001 มิลลิเมตร)

5.1.3 ความต้านแรงดึงขาดใช้เครื่องมือ Tensile ค่าที่อ่านได้หน่วยนิวตัน รายงานผลค่าเฉลี่ยเป็น นิวตันต่อตารางเซนติเมตร (ที่อุณหภูมิ 27 องศา และความชื้น 65%)

5.1.4 คุณลักษณะการดูดซึมน้ำ ใช้บุเรตบรรจุน้ำ เพื่อให้หยดลงบนกระดาษทดลอง ค่าที่อ่านได้หน่วยปริมาตรต่อเวลา รายงานผลค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำเป็นวินาที

5.2 การวิเคราะห์น้ำทิ้งจากการฟอกเยื่อ

น้ำทิ้งจากการฟอกเยื่อได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ด้านคือ

5.2.1 ด้านกายภาพ แบ่งออกได้ 4 ประเภท ได้แก่

ลักษณะสี ใช้เครื่องมือ คือ หลอดเนสเลอร์ทรงสูง ปริมาตรความจุ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าที่อ่านได้เป็นหน่วยโลวิบอลด์

กลิ่น ใช้น้ำตัวอย่างมา 200 มิลลิลิตร ทำให้ปราศจากกลิ่น แล้วให้สูดกลิ่นอย่างน้อย 5 คน แล้วนำมาทำให้เป็นปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร ค่าที่ได้จากการสูดกลิ่น บอกได้ว่าไม่เป็นที่รังเกียจหรือ (50) มาตรฐาน

ความขุ่น ใช้เครื่องวัดความขุ่น (nephelometric methods) ค่าที่อ่านได้เป็นหน่วยเอ็นทียู (nephelometric turbidity ,NTU) รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย

การวัดการนำไฟฟ้า ใช้เครื่องมือวัดการนำไฟฟ้า โดยขณะการวัดจะใช้วัดที่อุณหภูมิปกติ ค่าที่ได้มีหน่วยเป็นไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (Microsiemens/cm) รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย

5.2.2 ด้านเคมี แบ่งออกได้ 4 ประเภท ได้แก่

พีเอช ใช้เครื่องวัดมาตรพีเอช pH/mV/Temp. meter โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์ (buffer) ที่มีค่าพีเอช 7 ค่าที่อ่านได้เป็นหน่วยความเข้มข้น รายงานผลค่าเฉลี่ยเป็น มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์-เดซิเมตร

ค่าออกซิเจน ละลายหรือดีไอใช้วิธีการไตเตรต เปรียบเทียบกับการละลายมาตรฐาน ค่าที่ได้เป็นหน่วยความเข้มข้น รายงานผลค่าเฉลี่ยเป็นโมลต่อลิตร

ค่าบีไอดี ใช้วิธีการไตเตรตแล้วเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้ และรายงานผลตามตารางผลวิเคราะห์

ค่าซีไอดี ใช้วิธีการไตเตรตตัวอย่างที่ทดลองเปรียบเทียบกับสารละลายที่เป็นมาตรฐาน และรายงานผล

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองทำการกระดาศความขาวดำจากฟางข้าว โดยวิธีกึ่งเคมีตามกระบวนการที่ได้กำหนดไว้แล้วทำการทดสอบคุณสมบัติของกระดาศที่ทำขึ้นด้านกายภาพ 4 ด้าน ได้แก่ ความขาวสว่าง ความหนา การต้านทานแรงดึงขาด และการดูดซึมน้ำ โดยทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาศหนังสือพิมพ์แบบแผ่น นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากกระบวนการทดลองทำการกระดาศใน 2 ด้าน คือ ทางด้านกายภาพ และทางด้านเคมี

ด้านกายภาพ ได้แก่ ลักษณะกลิ้ง สี ความชุ่ม และสภาพการนำไฟฟ้า

ด้านเคมี ได้แก่ ค่าพีเอช ค่าดีไอ ค่าบีไอดี และค่าซีไอดี ตามเกณฑ์มาตรฐาน วิธีการทดสอบของสมาคมสิ่งแวดล้อมไทย จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลนำเสนอในรายละเอียด โดยแยกออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ตอนที่ 1 การทดสอบคุณภาพของกระดาศที่ทำขึ้น

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง จากกระบวนการทดลองทำการกระดาศ

1. การทดสอบคุณภาพของกระดาศที่ทำขึ้น

การทดลองทำการกระดาศความขาวดำจากฟางข้าว โดยวิธีกึ่งเคมีเริ่มจากการบดวัตถุดิบแล้วนำมาฟอกขาว จากนั้นนำมาตีเยื่อให้กระจายเพื่อเข้าเครื่องทำแผ่น และทดสอบคุณภาพของกระดาศ ด้วยวิธีการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นกระดาศเพื่อทดสอบมีจำนวน 9 แผ่น ค่าทดสอบจะนำมาแบ่งตามขนาดของชนิดการทดสอบ รวม 9 ค่า ต่อ 1 การทดสอบ เช่น การวัดความหนาใช้ 9 แผ่น 27 ค่าใน 3 ตัวแปร คือที่ 1,500, 2,000 และ 2,500 กรัมของน้ำหนักลูกบด

1.1 ความขาวสว่างของกระดาศที่ทำขึ้น ค่าความขาวสว่างจะขึ้นอยู่กับสารละลายที่ใช้ในการฟอกขาว คือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 35 ค่าความขาวของกระดาศที่ได้จากการวัดดังตาราง

ตาราง 4 แสดงผลการวัดความขาวสว่างของกระดาษที่ทำขึ้น

น้ำหนักลูกบด (กรัม)	NaOH g/cm ³ %	H ₂ O ₂ cm ³ /cm ³ %	จำนวนครั้งที่วัด (N)			%ความขาวสว่าง $\bar{X}$
			x ₁	x ₂	x ₃	
(1)	0.2		29.0	28.2	28.9	28.70
1500	0.5	35	29.0	29.0	28.5	28.83
	0.8		28.0	28.0	28.5	28.17
(2)	0.2		30.0	28.8	29.0	29.27
2000	0.5	35	30.2	29.5	29.2	29.57
	0.8		28.0	29.5	29.3	29.67
(3)	0.2		28.0	28.5	28.2	28.23
2500	0.5	35	28.6	29.2	30.0	29.27
	0.8		29.5	30.0	29.5	29.67

จากตาราง สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองทำกระดาษความขาวต่ำจากฟางข้าว โดยวิธี
กึ่งเคมี ในด้านคุณภาพของกระดาษที่ทำขึ้น พบว่าตัวแปรที่มีค่าแตกต่างกันน้อยจะให้ค่าความขาว
สว่างของกระดาษไม่แตกต่างกัน และความเข้มข้นของสารละลาย ซึ่งทำให้วัตถุดิบมีขนาดเล็กลง
ก็ไม่สามารถทำให้ความขาวสว่างเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด ถึงแม้ว่าตัวแปรต้นที่น้ำหนักของลูกบดเป็น
1500 กรัม 2000 กรัม และ 2500 กรัม จะแตกต่างกันที่น้ำหนักที่ 1500 กรัม ความขาวสว่างอยู่ที่
ร้อยละ 28.70, 28.83 และ 28.17 น้ำหนัก 2000 กรัม ความขาวสว่างอยู่ที่ร้อยละ 29.27, 29.57 และ
29.67 น้ำหนักที่ 2500 กรัม ความขาวสว่างอยู่ที่ร้อยละ 28.23, 29.27 และ 29.67 จากข้อมูลที่ได้
ความขาวสว่างโดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ต่ำและไม่ผ่านการทดสอบเมื่อเทียบกับกระดาษหนังสือพิมพ์
เพราะเหตุว่าสารละลายที่ใช้ฟอกเยื่อยังให้อยู่ในปริมาณที่น้อย

1.2 ความหนาของกระดาษที่ทำขึ้น ค่าความหนาของกระดาษขึ้นอยู่กับความละเอียดของเยื่อที่นำมาทำแผ่น ดังนั้น ตัวแปรต้นที่ทำการบดอยู่ที่น้ำหนัก 1500 กรัม 2000 กรัม และ 2500 กรัม จะมีผลต่อความหนาของกระดาษได้ ถ้าเยื่อละเอียดมาก อาจทำให้กระดาษสามารถรีดเป็นแผ่นเรียบได้ดี แต่ถ้าเยื่อหยาบ กระดาษที่ได้อาจมีความไม่สม่ำเสมอ ข้อมูลที่ได้จากการวัดความหนาดังตาราง

ตาราง 5 แสดงผลการวัดความหนาของกระดาษที่ทำขึ้น

น้ำหนักของลูกบด ที่ใช้ (กรัม)	NaOH g/cm ³ %	H ₂ O ₂ cm ³ /cm ³ %	จำนวนครั้งที่วัด (N)			$\bar{X}$	ความหนาของ กระดาษ (มม.)
			x ₁	x ₂	x ₃		
(1) 1,500	0.2	35	57.0	54.6	54.9	55.5	0.556
	0.5		57.0	58.3	55.8	57.03	0.570
	0.8		58.0	55.9	56.8	56.9	0.569
(2) 2,000	0.2	35	54.1	54.0	55.9	54.67	0.547
	0.5		54.0	55.5	54.2	54.56	0.546
	0.8		55.0	54.5	55.8	55.1	0.551
(3) 2,500	0.2	35	55.5	55.3	55.5	55.43	0.56
	0.5		55.6	55.5	56.4	55.83	0.56
	0.8		56.8	56.7	55.8	56.43	0.564

จากตารางสามารถวิเคราะห์ผลการวัดความหนาของกระดาษได้ ค่าตัวแปรต้นที่แตกต่างกันคือน้ำหนัก 1500 กรัม 2000 กรัม และ 2500 กรัม ไม่สามารถทำให้กระดาษมีค่าความหนาต่างกันแต่อย่างใด ความแตกต่างของตัวแปรต้น สามารถให้ค่าความหนาได้โดยเฉลี่ยเป็น 0.556, 0.570 และ 0.569 มิลลิเมตร 0.547, 0.546 และ 0.551 มิลลิเมตร 0.56, 0.56 และ 0.564 มิลลิเมตร

ค่าความหนาของกระดาษสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดคือ 0.30-0.40 มิลลิเมตร ซึ่งความเข้มข้นของ NaOH ไม่มีผลต่อความหนาของกระดาษ

ดังนั้นกระดาษที่ทำขึ้นมีความหนาผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากกระดาษที่ทำขึ้นใช้เครื่องมือทำแผ่นชนิดทำแผ่นทดสอบเท่านั้น และกระดาษที่ทำขึ้นน้ำหนักได้มาตรฐาน จึงสามารถให้ค่าที่ผ่านได้ผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดว่าด้วยการทดสอบกระดาษ

1.3 ค่าต้านแรงดึงของกระดาษขนานกับเครื่อง ค่าต้านแรงดึงของกระดาษขึ้นอยู่กับความยาวและแรงยึดเกาะกันของเส้นใยที่นำมาทำกระดาษและตัวแปรอื่นๆ ที่ทำให้เส้นใยสั้น หรือทำให้เส้นใยเปราะบาง และส่วนประกอบอื่นในการผสมทำกระดาษ สำหรับวัตถุดิบก็เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่มีส่วนทำให้การต้านแรงดึงของกระดาษมีค่าต่ำหรือค่าสูงได้ จากการทดลองมีการวิเคราะห์ได้ข้อมูลดังตาราง

ตาราง 6 แสดงค่าต้านแรงดึงของกระดาษขนานกับเครื่อง

น้ำหนักของลูกบด ที่ใช้ (กรัม)	NaOH g/cm ³ %	H ₂ O ₂ cm ³ /cm ³ %	จำนวนครั้งที่วัด (N)			$\bar{X}$	กิโลนิวตันต่อเมตร
			x ₁	x ₂	x ₃		
(1) 1,500	0.2	35	2.2	2.2	2.0	2.133	1.395
	0.5		2.2	2.2	2.3	2.233	1.460
	0.8		1.8	2.5	1.8	2.033	1.329
(2) 2,000	0.2	35	2.5	2.3	1.8	2.2	1.438
	0.5		1.8	2.5	2.2	2.17	1.467
	0.8		2.6	1.8	2.6	2.22	1.454
(3) 2,500	0.2	35	1.5	2.2	2.2	1.97	1.286
	0.5		2.2	1.5	2.3	2.0	1.308
	0.8		2.3	2.1	2.5	2.3	1.504

จากตารางวิเคราะห์ผลการต้านแรงดึงของกระดาษ ตัวแปรต้นที่แตกต่างกันไม่สามารถทำให้ความเหนียวของกระดาษเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าที่ได้จากตัวแปรต้นน้ำหนัก 1500 กรัม ค่าต้านแรงดึงอยู่ที่ 1.40, 1.46 และ 1.33 กิโลนิวตันต่อเมตร ส่วนตัวแปรต้นน้ำหนัก 2000 กรัม ค่าต้านแรงดึงอยู่ที่ 1.44, 1.47 และ 1.45 กิโลนิวตันต่อเมตร และตัวแปรต้นน้ำหนัก 2500 กรัม ค่าต้านแรงดึงอยู่ที่ 1.29, 1.31 และ 1.50 กิโลนิวตันต่อเมตร จากค่าที่ได้โดยเฉลี่ยกระดาษมีความเหนียวผ่านเกณฑ์มาตรฐานโดยเฉลี่ย ซึ่งค่ากำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 1.40 กิโลนิวตันต่อเมตร การทดสอบใช้ ISO 1924/1 ตามมาตรฐาน เพราะว่ากระดาษมีขนาดและการตัดทดสอบตามมาตรฐานกำหนดไว้

1.4 ค่าดูดซึมน้ำของกระดาษ ค่าดูดซึมน้ำของกระดาษที่ทำขึ้นมีความชื้นน้ำจะใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนาของกระดาษและส่วนผสมอื่นๆ ด้วย เช่น สารทึบแสง สารเพิ่มความขาวและสารเคลือบผิวกระดาษกระดาษที่ทำขึ้นใช้ค่าตัวแปรต้นที่แตกต่างกันคือ น้ำหนักลูกบดที่ 1500 กรัม 2000 กรัม และ 2500 กรัม นั้น ให้ค่าการดูดซึมน้ำดังตาราง

ตาราง 7 แสดงค่าดูดซึมน้ำของกระดาษที่ทำขึ้น

น้ำหนักของลูกบดที่ใช้ (กรัม)	NaOH g/cm ³ %	H ₂ O ₂ cm ³ /cm ³ %	วินาทีต่อน้ำ 0.50 ลบ.ซม.	หมายเหตุ
(1)	0.2		109	
1,500	0.5	35	111	
	0.8		109	
(2)	0.2		120	
2,000	0.5	35	114	
	0.8		110	
(3)	0.2		113	
2,500	0.5	35	112	
	0.8		116	

จากตารางการวิเคราะห์ค่าดูดซึมน้ำของกระดาษ ตัวเลขการดูดซึมน้ำไม่มีความแตกต่างกันมากนัก แสดงว่าค่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำของกระดาษแต่อย่างใด ส่วนผสมของน้ำหนักลูกบดที่ใช้ก็ไม่ผลเช่นกัน ถึงแม้ว่าค่าตัวแปรต้นที่เพิ่มขึ้นมีผลต่างกันอย่างมาก แต่ค่าดูดซึมน้ำของกระดาษให้ค่าใกล้เคียงกัน เช่น ตัวแปรต้นที่น้ำหนัก 1500 กรัม ค่าดูดซึมน้ำของกระดาษอยู่ที่ 109, 111 และ 109 ต่อวินาที ตัวแปรต้นที่ 2000 กรัม ค่าดูดซึมน้ำของกระดาษอยู่ที่ 120, 114 และ 110 ต่อวินาที ตัวแปรต้นที่ 2500 กรัม ค่าดูดซึมน้ำของกระดาษอยู่ที่ 113, 112 และ 116 ต่อวินาที จากการวิเคราะห์ค่าดูดซึมน้ำของกระดาษโดยเฉลี่ยมีความแตกต่างกัน เมื่อค่าตัวแปรต้นเพิ่มขึ้น โดยค่ามาตรฐานกำหนดไว้เพียง 30-40 กรัม ต่อวินาทีต่อน้ำ 0.05 ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนค่าทดสอบสูงกว่ามาตรฐานกำหนด

2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากกระบวนการทำกระดาษ

จากการทดลองทำกระดาษ โดยใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบ ด้วยกระบวนการทางเคมี ซึ่งในการทดลองในครั้งนี้มีสารเคมี 2 ชนิด ที่เข้ามาเกี่ยวข้องคือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) กับสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) จากการทดลองใช้น้ำจำนวนมากเกิน 8,000 ลูกบาศก์มิลลิเมตร การทดลองเริ่มจากเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากกระบวนการทำกระดาษ โดยวิธีนี้พบว่าจะไม่ก่อมลภาวะทางน้ำ หรือก่อมลภาวะทางน้ำค่อนข้างต่ำจากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำจากการล้างวัตถุดิบ ล้างเยื่อที่บดแล้ว น้ำย่อยสลายและล้างสารเคมีของการย่อยอย่างสมบูรณ์ ตลอดจนน้ำล้างเยื่อในกระบวนการฟอกขาว น้ำจากเครื่องกระจายเยื่อ น้ำจากเครื่องกวนเยื่อ และน้ำจากกระทำแผ่น ในขั้นตอนทั้งหมดนำมารวมกันใช้เวลารวม 6 วัน แล้วจึงสูบน้ำจำนวน 5,000 มิลลิเมตร เพื่อส่งวิเคราะห์ด้านเคมี ส่วนด้านกายภาพทำการวิเคราะห์ ตามวิธีการของสมาคมสิ่งแวดล้อมไทย ดังตารางผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำดังนี้

2.1 ลักษณะสีของน้ำทิ้ง จากการวิเคราะห์แล้ว นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานค่าที่ได้อยู่ที่ 75.0 โลวบอนด์ ค่าที่ได้นี้แสดงว่าน้ำมีความสะอาด เพราะจากเกณฑ์มาตรฐานน้ำต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 50 โลวบอนด์

2.2 ลักษณะกลิ่นของน้ำทิ้ง จากการวิเคราะห์สภาพกลิ่นผลที่ได้อยู่ที่ 20.0 ทีโอเอ็น ในการคำนวณจะใช้น้ำกลั่นมาทำให้ปราศจากกลิ่น แล้วนำน้ำในปริมาตรที่ปราศจากกลิ่นกับตัวอย่างน้ำทิ้ง นำมาคำนวณหาตัวเลข ได้ผ่านเกณฑ์กำหนด

ตาราง 8 แสดงผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากการทำกระดาษ

ประเภทของการวิเคราะห์ (หน่วย)	ผลการวิเคราะห์ คุณภาพน้ำทิ้ง	ค่ามาตรฐาน
ลักษณะสี (โลวิบอนด์)	75.0	ไม่มากกว่า 100 มก./ล.
ลักษณะกลิ่น (T.O.N)	20.0	ไม่มากกว่า 100 มก./ล.
ความขุ่น (JTU)	40.0	50
นำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนส์)	2.2-2.6	0.1
ค่าพีเอช	6.3-6.9	5.0-9.2
ค่าดีไอ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	8.0	ไม่น้อยกว่า 3.00 มก./ล.
ค่าซีไอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	26	ไม่มากกว่า 20 มก./ล.
ค่าบีไอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.5	ไม่มากกว่า 60 มก./ล.

2.3 ลักษณะความขุ่นของน้ำทิ้ง การวิเคราะห์พบว่า ความขุ่นอยู่ที่ 40.0 เจทียู แสดงว่ามีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ค่ามาตรฐานซึ่งอยู่ที่ 50 เจทียู ที่อุณหภูมิมากกว่า 40 องศาเซลเซียส ความขุ่นอยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐาน

2.4 สภาพการนำไฟฟ้า จากการวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำตัวอย่าง ค่าที่ได้อยู่ที่ 2.2-2.6 ไมโครซีเมนส์ แสดงว่าน้ำมีของผสมอยู่มากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

2.5 ค่าพีเอช การวัดสภาพกรด-ด่าง ของตัวอย่างน้ำทิ้งจากการทำกระดาษ ค่าที่ได้พีเอช 6.3-6.9 แสดงว่าน้ำมีสภาพเป็นกรดอ่อน กรดอ่อนไม่ทำลายสภาวะแวดล้อม เพราะสภาพน้ำพีเอช 7 เป็นกลาง ดังนั้นน้ำทิ้งจากการทดลองในครั้งนี้ มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม หรือเกิดมลภาวะทางน้ำไม่มากนัก

2.6 ค่าดีไอ จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากการทดลองทำกระดาษโดยวิธีกึ่งเคมี ค่าที่ได้ค่าดีไอหรือออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำอยู่ที่ 8.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากค่าที่ได้แสดงว่าน้ำยังมีออกซิเจนละลายอยู่ในปริมาณที่สูงเนื่องจากค่ามาตรฐานกำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 3.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.7 ค่าซีไอดี น้ำทิ้งจากการทดลองทำกระดาดานำมาหาค่าซีไอดี ค่าซีไอดีที่ได้เป็น 26 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่าในน้ำ 1 ลิตร มีปริมาณสารอินทรีย์ละลายอยู่ 26 มิลลิกรัม ซึ่งในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ต้องมีค่าซีไอดีของน้ำทิ้งไม่เกินกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงถือว่าผ่านเกณฑ์ จากตัวเลขที่ได้น้ำทิ้งจากการทดลองในครั้งนี้

2.8 ค่าบีไอดี ในการทดสอบวัดค่าบีไอดี หลังจากเก็บน้ำ 5 วัน จากวันแรกที่ทำ การตรวจวัด ผลที่ได้ค่าบีไอดีอยู่ที่ 2.6 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่าค่าต่ำกว่าข้อกำหนดค่อนข้างมาก ข้อกำหนดว่าบีไอดีของน้ำทิ้งจากแหล่งอุตสาหกรรมจะต้องมีค่าไม่เกิน 60 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากการทดลองค่าที่ได้แสดงว่า น้ำทิ้งมีค่าพีเอช ค่าซีไอดี ค่าบีไอดี และค่าดีไอนั้นผ่าน เกณฑ์มาตรฐาน ส่วนด้านกายภาพของน้ำทิ้งทำการทดสอบอยู่ 4 อย่าง คือ ลักษณะ, สี, กลิ่น, ความขุ่น และการนำไฟฟ้า จากการทดลองและทำการวิเคราะห์ น้ำทิ้งที่ส่งมาเป็นตัวอย่างปรากฏ ว่าค่าที่ผ่านการทดสอบคือ สี และกลิ่น ส่วนความขุ่นและการนำไฟฟ้าไม่สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบได้

บทที่ 5

สรุปอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การทดลองทำกระดาษความขาวต่ำ จากฟางข้าวโดยวิธีกึ่งเคมี ผู้ทำการทดลองได้ดำเนินการตามหัวข้อดังนี้ คือ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อทดลองทำกระดาษชนิดความขาวต่ำ จากใช้วัตถุดิบคือฟางข้าว โดยใช้กระบวนการทำแบบกึ่งเคมี
2. เพื่อทดสอบคุณภาพของกระดาษที่ทำขึ้น ในด้านคุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษหนังสือพิมพ์แบบแผ่น มอก. 758-2531
3. เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง จากกระบวนการทดลองทำกระดาษความขาวต่ำใน 2 ด้าน คือ ทางด้านภาพและด้านเคมี

ประชากรที่ศึกษา

ได้แก่ กระดาษความขาวต่ำแบบแผ่นที่ทำขึ้นมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร และคัดเลือกเฉพาะแผ่นกระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐาน และสมบูรณ์เท่านั้นมาทำการทดสอบคุณภาพ

ตัวแปรที่จะศึกษา

ในการทดลองในครั้งนี้ ผู้ทดลองได้กำหนดตัวแปรที่จะทำการศึกษาไว้ดังนี้

ตัวแปรต้น ได้แก่

1. น้ำหนักของลูกบดที่ใช้บดฟางข้าวต่อครั้ง แปรค่าเท่ากับน้ำหนัก 1,500 กรัม 2,000 กรัม และ 2,500 กรัม

2. ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรอกไซด์ ที่ใช้ย่อยสลายตัวแปรค่าคิดเป็นร้อยละ 0.2, 0.5 และ 0.8

การทดลองใช้ฟางข้าวแห้งมีน้ำหนักคงที่ คือ 100 กรัม ต่อการบด 1 หม้อบด โดยใช้ น้ำ 2,000 มิลลิลิตรต่อหม้อบด

ตัวแปรตาม

1. คุณลักษณะที่ต้องการของกระดาษที่ทำขึ้น เพื่อนำกระดาษที่ทำขึ้นมาทดสอบคุณภาพให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ซึ่งมีการทดสอบใน 4 ด้าน คือ ความขาวสว่างของกระดาษ ความหนา การต้านแรงดึงของกระดาษและการดูดซึมน้ำของกระดาษ

2. คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากการทำกระดาษวิเคราะห์คุณสมบัติ 2 ด้าน คือ ด้านกายภาพและด้านเคมี

เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการศึกษาทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้วัตถุดิบและอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้ คือ ใช้ฟางข้าวหนัก 1 กิโลกรัม หม้อบดชนิดโลหะ ลูกบดน้ำหนักที่ 1,500, 2,000 และ 2,500 กรัม ตะแกรงลวดเบอร์ 70 เมช และเบอร์ 120 เมช สารละลายไฮโดรอกไซด์ (NaOH) สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เครื่องตีเยื่อ เครื่องกระจายเยื่อ เครื่องกวนเยื่อความเร็วรอบต่ำ เครื่องทำแผ่น เครื่องรีดแผ่น และเครื่องอัดแรงดันแผ่นเรียบเพื่อรีดน้ำออก

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองทำกระดาษได้กำหนดขั้นตอนการทำไว้ดังนี้ คือ

1. การเก็บวัตถุดิบ
2. การเตรียมวัตถุดิบเพื่อย่อยสลายด้วยวิธีทางกล
3. การตรวจสอบความละเอียดขนาดและการแยกเยื่อ
4. การย่อยเยื่ออย่างสมบูรณ์
5. การฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
6. การตีเยื่อให้กระจาย และการทำแผ่นด้วยเครื่องทำแผ่น

7. การนำแผ่นกระดาษที่ทำขึ้นมาทดสอบคุณภาพ
8. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากการผลิตเยื่อ

การวิเคราะห์ข้อมูล

กระดาษที่ทำขึ้นนำมาทดสอบคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เพื่อให้ทราบว่าคุณภาพของกระดาษที่ทำขึ้นมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกระดาษมาตรฐาน หรือตามข้อกำหนดกระดาษหนังสือพิมพ์แบบแผ่นหรือไม่ กระดาษที่ทำขึ้นคัดเลือกมาทดสอบจำนวน 9 แผ่น ซึ่งมีการทดสอบรวม 4 ชนิดคือ การวัดความขาวสว่าง การวัดความหนา การวัดต้านแรงดึงขาดกับเครื่อง และการดูดซึมน้ำของกระดาษ

การวิเคราะห์น้ำทิ้งจากการทำกระดาษ ซึ่งมีการตรวจสอบอยู่ 2 ประเภท คือ ทางกายภาพ และทางด้านเคมี ทางด้านกายภาพ คุณลักษณะสีของน้ำ กลิ่น ความขุ่น และการนำไฟฟ้า การทดสอบด้านเคมี วัดค่าพีเอช ค่าดีไอ ค่าบีไอดี และซีไอดี

สรุปผลการทดลอง

กระดาษที่ทำขึ้นโดยกระบวนการทางกลและทางเคมีของการผลิตเยื่อ ได้เยื่อกระดาษที่ทราบน้ำหนักแห้งคงที่แล้ว จะนำเข้าสู่กระบวนการทำแผ่น ได้แผ่นกระดาษที่ทำขึ้นจากฟางข้าว จากนั้นนำมาทดสอบคุณสมบัติต่อไปนี้

1. การทดสอบกระดาษที่ทดลองทำขึ้น

กระดาษที่ทำขึ้นที่นำมาทดสอบคุณภาพ จะมีค่าตัวแปรเหมือนกันคือ น้ำหนักลูกบดวัตถุดิบที่ 1,500 กรัม 200 กรัม และ 2,500 กรัม ส่วนการย่อยให้สมบูรณ์ต่อการบดคือ ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2, 0.5 และ 0.8 กระดาษที่ได้นำมาทดสอบค่าต่างๆ รวม 4 ด้านดังนี้คือ

1.1 วัดค่าความขาวสว่างของกระดาษ คัดเลือกกระดาษตัวอย่างที่ทำขึ้นกับตัวแปรต้นดังกล่าวข้างต้น ได้ความขาวสว่างดังนี้ โดยค่าเฉลี่ยที่น้ำหนักตัวแปร 1,500 กรัม ย่อยด้วยสารเคมีที่มีความเข้มข้นคิดเป็นร้อยละที่ 0.2, 0.5 และ 0.8 ความขาวสว่างมีค่า 28.70, 28.83 และ 28.17

น้ำหนักตัวแปรค่า 2,000 กรัม ย่อยสารละลายเท่าเดิมได้ความขาวสว่างมีค่า คิดเป็นร้อยละ 29.27, 29.57 และ 29.67 น้ำหนักตัวแปร 2,500 กรัม ย่อยสารละลายเท่าเดิมได้ค่าความขาวสว่างมีค่าคิดเป็นร้อยละ 28.23, 29.27 และ 29.67 จากการวัดความขาว และค่าที่ได้ไม่ผ่านเกณฑ์ทดสอบ

1.2 ความหนาของกระดาษที่ทำขึ้น นำตัวอย่างกระดาษจากการวัดความขาวสว่างแล้วทั้งหมด นำมาวัดความหนาต่อ โดยการแปรค่า คือ น้ำหนัก 1,500 กรัม ความเข้มข้นคิดเป็นร้อยละของสารละลายที่ย่อยอย่างสมบูรณ์ที่ 0.2, 0.5 และ 0.8 ค่าที่ได้โดยเฉลี่ยคือ 0.556, 0.570 และ 0.569 มิลลิเมตร แปรค่าน้ำหนักที่ 2,000 กรัม ความเข้มข้นของสารละลายเท่าเดิม ค่าที่ได้โดยเฉลี่ย 0.547, 0.546 และ 0.551 มิลลิเมตร แปรค่าน้ำหนักที่ 2,000 กรัม ความเข้มข้นเท่าเดิม ค่าที่ได้โดยเฉลี่ย 0.56, 0.56 และ 0.564 มิลลิเมตร ดังนั้นค่าความหนาของกระดาษมีค่าความหนาแตกต่างกันน้อย และค่าที่ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

1.3 ค่าต้านแรงดึงขาดของกระดาษขนานเครื่อง ใช้กระดาษที่ใช้วัดความหนา มาแบ่งครึ่งแล้วนำมาทำการดึงโดยเครื่องดึงทดสอบคุณสมบัติ แปรค่าน้ำหนัก 1,500 กรัม ความเข้มข้นคิดเป็นร้อยละที่ 0.2 0.5 และ 0.8 ค่าที่ได้จากการทดสอบ คือ 1.395, 1.460 และ 1.329 กิโลนิวตันต่อเมตร แปรค่าน้ำหนักที่ 2,000 กรัม ความเข้มข้นเท่าเดิม ค่าที่ได้โดยเฉลี่ย 1.438, 1.467 และ 1.454 กิโลนิวตันต่อเมตร น้ำหนักแปรค่าที่ 2,500 กรัม ความเข้มข้นเท่าเดิม ค่าที่ได้โดยเฉลี่ยคือ 1.286, 1.308 และ 1.504 กิโลนิวตันต่อเมตร จากการวัดและทดสอบข้อมูล ค่าที่ได้จากการต้านแรงดึงของกระดาษมีค่าโดยเฉลี่ย มีความแตกต่างกันน้อยข้าง และค่าตัวเลขที่ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

1.4 ค่าดูดซึมน้ำของกระดาษ นำกระดาษครึ่งหนึ่งของการทดสอบการต้านแรงดึงมาทำการทดสอบการดูดซึมน้ำของกระดาษ แปรค่าที่น้ำหนัก 1,500 กรัม โดยความเข้มข้นคิดเป็นร้อยละของสารละลายในการย่อยสลายที่ 0.2, 0.5 และ 0.8 จากการให้น้ำซึมในตัวอย่างที่ทดสอบ ค่าที่ได้โดยเฉลี่ยเป็น 109, 111 และ 109 วินาทีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แปรค่าที่ 2,000 กรัม โดยความเข้มข้นเท่าเดิม ค่าที่ได้โดยเฉลี่ยคือ 120, 114 และ 110 วินาทีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แปรค่าที่ 2,500 กรัม ความเข้มข้นเท่าเดิม ค่าที่ได้โดยเฉลี่ยคือ 113, 112 และ 116 วินาทีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จากการทดสอบค่าที่ได้ทั้ง 3 ตัวแปร รวมค่า 9 ค่า มีค่าที่แตกต่างกันน้อย ซึ่งค่ามาตรฐานกำหนดไว้ที่ 30-40 วินาทีต่อ 0.50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าที่ทำทดลองสูงกว่ามาตรฐานกำหนด

การทดสอบคุณภาพของกระดาษที่ทำขึ้นคุณภาพโดยรวม กระดาษหลังจากทดสอบแล้วมีเพียง 2 ประเภทเท่านั้นที่ผ่านการทดสอบคือ ความหนาของกระดาษ และการต้านแรงดึง ส่วนความขาวสว่างและค่าดูดซึมน้ำของกระดาษไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เพราะเหตุว่าการฟอกสีใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีความเข้มข้นน้อยไป ความขาวจึงอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ค่าดูดซึมน้ำ

ของกระดาษ กระดาษมีความหนาไปดูดซับน้ำได้ดีและการดูดน้ำได้ดีนี้ไม่เหมาะกับการพิมพ์ จึงไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ส่วนค่าตัวแปรไม่มีผลต่อคุณภาพของกระดาษ เพราะว่าช่วงน้ำหนักตัวแปรอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน และความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ก็ไม่มีผลต่อค่าดูดซึมน้ำของกระดาษ สำหรับวัตถุดิบใช้ฟางข้าวแห้งนั้น มีความง่าย สะดวก และประหยัด ในการนำมาทำกระดาษในครั้งนี้นี้มีความเหมาะสม

2. การทดสอบน้ำทิ้ง

2.1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากการทดลองผลิตกระดาษทางด้านกายภาพน้ำทิ้ง

จากกระบวนการทำกระดาษจะนำมารวมเก็บไว้ที่เดียวกัน ตั้งแต่กระบวนการล้างวัตถุดิบ บดวัตถุดิบ ล้างเยื่อหลังการฟอก การตีเยื่อจนถึงน้ำ และจากการทำแผ่นใช้เวลารวบรวมแล้ววิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ทำการวิเคราะห์คุณภาพ ปรากฏผลดังนี้คือ

2.1.1 สีของน้ำทิ้ง จากกระบวนการผลิตกระดาษจากค่าที่ได้สีของน้ำมีค่าอยู่ที่ 75 โลวบินอนด์ แสดงว่าน้ำมีสีขุ่นใสในเกณฑ์มาตรฐานจะถึงว่าน้ำไม่มากกว่า 100 โลวบินอนด์คือค่ามาตรฐาน

ดังนั้น สีของน้ำทิ้งจากการทดลองทำกระดาษในครั้งนี้ ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด เพราะว่าการทดสอบสีของน้ำทิ้งทันทีที่เก็บตัวอย่างมาวัดค่าได้ 75 โลวบินอนด์

2.1.2 กลิ่นของน้ำทิ้ง จากการส่งตัวอย่างเพื่อสุ่มดมจำนวนผู้สุ่มดมกลิ่นน้ำเสีย จำนวน 5 คน น้ำเจือจางค่าให้กลิ่นน้อยลง มีปริมาณน้ำเจือจางประมาณครึ่งหนึ่งของน้ำทิ้ง เมื่อนำปริมาตรน้ำมาวัดความจุนำไปคำนวณค่าตามสูตรค่าที่ได้อยู่ที่ 20.0 T.O.N. ส่วนค่ามาตรฐานกำหนดไม่มากกว่า 100 T.O.N.

ดังนั้น สามารถบอกได้ว่าน้ำทิ้งจากการทำกระดาษ กลิ่นที่เกิดขึ้นกับน้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดคือ น้ำไม่เป็นที่รังเกียจ

2.1.3 ความขุ่น น้ำตัวอย่างนำมาวัดหาความขุ่น ค่าที่ได้อยู่ที่ 40 JTU โดยดูจากเครื่องวัดน้ำทิ้งมาตรฐานกำหนดไว้ต้องมีค่าเกินกว่า 50 จึงจะผ่านเกณฑ์กำหนด

ดังนั้น บอกได้ว่าความขุ่นของน้ำทิ้งที่ทดลองทำในครั้งนี้ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด เพราะว่ามีสีเปลี่ยนไปหลังเก็บไว้ในภาชนะปิด การเก็บตัวอย่างวัดความขุ่นจะต้องวัดภายใน 24 ชั่วโมงเท่านั้น

2.1.4 การนำไฟฟ้าของน้ำทิ้ง ค่าที่ได้จากการวัดค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเกินมาตรฐานกำหนดคือ วัดได้ค่า 2.2-2.6 ไมโครซีเมนส์ ส่วนค่ามาตรฐานอยู่ที่ 1 ไมโครซีเมนส์ เพราะว่าการนำไฟฟ้าจะต้องวัดในน้ำที่เก็บมาใหม่ๆ เช่นเดียวกับค่าอื่นๆ คือ ความขุ่น, กลิ่น และสี จึงจะถูกหลักและวิธีวัดค่าความเข้มข้นการนำไฟฟ้า

2.2. การวิเคราะห์น้ำทิ้งจากการทดลองผลิตกระดาษทางด้านเคมี การทดสอบโดยส่งตัวอย่างน้ำให้ห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีการทดสอบค่าต่างๆ ดังนี้

2.2.1 พีเอชของน้ำ จากการวัดสภาพของน้ำอยู่ที่ค่าพีเอช 6.3-6.9 แสดงว่าน้ำมีความเป็นกรดอ่อน โดยค่าน้ำที่เทียบมาตรฐานสภาพกรด-ด่าง คือ 7 ดังนั้นจึงสามารถบอกได้ว่าค่าที่ได้จากการทดลองทำกระดาษ ไม่มีผลกระทบต่อแหล่งน้ำแต่อย่างใดและผ่านเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบสภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำทิ้งจากหลังอุตสาหกรรม

2.2.2 ดีไอ จากการวัดสภาพของตัวอย่างน้ำ ค่าที่ได้อยู่ที่ดีไอ 8.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าที่ได้บอกถึงปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ 1 ลิตร จากตัวเลขที่ได้แสดงว่าน้ำทิ้งจากการทดลองทำกระดาษ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ซึ่งกำหนดไว้เพียงไม่ต่ำกว่า 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.2.3 ซีไอดี จากการวิเคราะห์ค่าซีไอดี พบว่าความสกปรกของน้ำเสียในเทอมของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนนั้น ค่าที่ได้ 26 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่าน้ำตัวอย่างมีสารอินทรีย์ปนอยู่จำนวนน้อย ซึ่งค่ามาตรฐานกำหนดน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตจากโรงงานอุตสาหกรรม อนุโลมให้มีได้สูงสุดถึง 60 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงสามารถบอกได้ว่าการผลิตกระดาษโดยวิธีนี้ส่งผลให้น้ำมีความสกปรกในปริมาณที่น้อย และค่าที่ได้จากการวัดผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

2.2.4 บีไอดี ค่าที่ได้จากการส่งตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ มีค่าบีไอดีของน้ำทิ้งอยู่ที่ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่าความสกปรกของน้ำเสียในเทอมของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนนั้นมีสารอินทรีย์อยู่จำนวนน้อย โดยใช้เวลาถึง 5 วัน การย่อยสลายได้เพียง 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตรเท่านั้น ซึ่งค่ามาตรฐานกำหนดค่าบีไอดี สำหรับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมีค่าสูงสุดได้ไม่เกิน 60 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงสามารถบอกได้ว่าการผลิตกระดาษโดยวิธีนี้ส่งผลให้น้ำมีความสกปรกในปริมาณที่ต่ำ และค่าที่ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

การทดสอบน้ำทิ้งจากการทำกระดาษความขาวต่ำด้านกายภาพจะมีค่าที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดอยู่ 2 อย่าง จากการทดสอบคุณภาพ 4 อย่าง ค่าที่ผ่านคือ สีของน้ำและกลิ่น

ของน้ำส่วนอีก 2 อย่างคือความขุ่นและการนำไฟฟ้าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดว่าด้วยคุณภาพน้ำทิ้งจากแหล่งอุตสาหกรรม สาเหตุที่ทดสอบแล้วไม่ผ่านเป็นเพราะการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์นั้นผิดวิธี เมื่อเก็บมาแล้วจะต้องวัดภายใน 24 ชั่วโมง กลับกันวัดภายใน 7 วัน น้ำเลยเปลี่ยนสภาพค่าที่ได้เลยต่ำกว่าเกณฑ์

ส่วนด้านเคมี ซึ่งทำการทดสอบ 4 อย่าง คือ ค่าพีเอช ค่าดีโอ ค่าบีโอดี และค่าซีโอดี จากการทดสอบค่าที่ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้ง 4 อย่าง

อภิปรายผล

กระดาษที่ทดลองทำขึ้นเป็นกระดาษชนิดความขาวต่ำ ซึ่งใช้วัตถุดิบคือ ฟางข้าว นำมาย่อยสลายแล้วทำเป็นแผ่น โดยใช้ลูกบด บดให้วัตถุดิบมีขนาดเล็กลง โดยที่ลูกบดมีน้ำหนักที่แตกต่างกันคือ ลูกบดน้ำหนัก 1500 กรัม 2000 กรัม และ 2500 กรัม จากนั้นนำมาย่อยให้เยื่อมีขนาดเท่าๆ กัน โดยใช้สารเคมี คือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้นที่ต่างกันคือ 0.2, 0.5 และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ การนำเยื่อทั้งหมดมาทำการฟอกขาว โดยใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เวลาเท่าๆ กันคือ 4 นาที เพื่อให้ได้เยื่อที่ไม่ต้องการความขาวมากนัก เพราะในอุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์บางอย่างชนิดไม่ต้องการความคงทนของกระดาษเท่าใดนักและกระดาษที่ใช้เยื่อนี้ทำขึ้น ต้องทราบคุณสมบัติด้านต่างๆ ที่สำคัญคือ ความขาวสว่าง ความหนา ความต้านทานแรงดึง และการดูดซึมน้ำ

จากผลการทดสอบกระดาษมีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบคุณภาพกระดาษ กระดาษหนังสือพิมพ์อยู่ 2 อย่างคือ ความหนาและการต้านแรงดึงของกระดาษ ส่วนอีก 2 การทดสอบ คือ ความขาวสว่าง และการดูดซึมน้ำที่ไม่สามารถผ่านเกณฑ์ได้ เพราะเหตุว่ากระดาษมีการฟอกด้วยสารละลายฟอกขาวอยู่ในระดับต่ำไป การแก้ไขคือ เพิ่มความเข้มข้นของสารละลายที่ฟอกอีกจาก 35 เป็น 55-65% ความขาวสว่างคงเพิ่มขึ้น ส่วนค่าดูดซึมน้ำไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด มีค่าสูงกว่ามาตรฐาน เพราะว่ากระดาษมีผิวเรียบและมัน แผ่นอัดแน่น และมีความสม่ำเสมอจึงดูดน้ำช้า การแก้ไขลดอัตราแรงอัดและรีดน้ำลงให้น้อยลง กระดาษก็จะไม่เรียบมากดูดซึมน้ำได้เร็ว

น้ำทั้งจากการทำกระดาษทุกขั้นตอนจะนำมารวมไว้เพื่อสูมให้ได้ตัวอย่างน้ำที่เป็นตัวแทนของน้ำทั้งหมด จำนวน 5 ลิตร สีของน้ำจากการวัดสีน้ำตัวอย่างจากการทดลองสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือ สีและกลิ่น ส่วนค่าความขุ่นและการนำไฟฟ้า ค่าที่ได้ไม่สามารถผ่านเกณฑ์

มาตรฐาน เพราะว่าค่าความขุ่นและการนำไฟฟ้าในน้ำตะกอนเยื่อที่ย่อยละเอียดมากเกิดความต้องการผสมอยู่มาก เมื่อนำน้ำมาวัดแล้วค่าที่ได้เกินมาตรฐาน การแก้ไขก็กรองด้วยตะแกรงลวดตาถี่ตะแกรงเบอร์ 150-200 เมชใช้ได้ จึงจะทำให้ค่าความขุ่น และการนำไฟฟ้าสามารถผ่านมาตรฐานกำหนดได้

ส่วนด้านเคมีของน้ำทั้งทำการวิเคราะห์ด้วยกัน 4 อย่างคือ วัดค่าพีเอช ค่าดีไอ ค่าบีโอดี และค่าซีโอดี ค่าเหล่านี้ส่งตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์โดยตรง ค่าที่ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานหมด โดยมีใบรายงานผลวิเคราะห์ในภาคผนวก ค่าที่ได้ผ่านเกณฑ์ตรวจสอบโดยห้องปฏิบัติการ เพราะว่าเยื่อกระดาษได้ตกตะกอนไป ทำให้มีสารอินทรีย์ปนอยู่ในน้ำทิ้งน้อย

ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาทำกระดาษชนิดความขาวต่ำ เพื่อให้ได้กระดาษตามที่ต้องการนั้น อาจเพิ่มเติมกระบวนการ จากการวิจัยนี้ทำได้ตามลำดับ ดังนี้
 - 1.1 ความแตกต่างของตัวแปรที่ให้ค่าผลต่างที่ต่างกันน้อย จะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีผลแตกต่างกัน จึงควรเพิ่มค่าตัวแปรให้มีผลต่างกันสูงขึ้นจากที่ทำนี้ 2-3 เท่า
 - 1.2 ควรนำวัตถุดิบ (ฟางข้าว) ที่ตัดสั้นแล้วไปต้มกับน้ำสะอาดก่อนนำมาบดเป็นเวลาไม่เกิน 2 ชั่วโมง
 - 1.3 การย่อยอย่างสมบูรณ์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ควรเพิ่มความเข้มข้นจากการทดลองนี้ 4-5 เท่า
 - 1.4 เพิ่มอุณหภูมิขณะทำการย่อยสลายวัตถุดิบ โดยใช้ความร้อนเข้าช่วย จะทำให้วัตถุดิบย่อยได้เร็วขึ้น
2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำการวิจัยครั้งต่อไปเกี่ยวกับการทำกระดาษ
 - 2.1 ศึกษาวิจัยกระบวนการย่อยสลายโดยวิธีทางกลอย่างเดียว แล้วพอกขาวทันที
 - 2.2 ศึกษาความเข้มข้นของสารพอกขาวอย่างเดียว ที่ทำให้กระดาษชนิดต่างๆ ว่ากระดาษแต่ละประเภท ความสิ้นเปลืองสารพอกขาวมากน้อยเท่าใด ก่อนนำไปทำแผ่นกระดาษ
 - 2.3 ศึกษาผลต่างของเวลาต่อตัวแปรและความเร็วรอบการบด
 - 2.4 ศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากการทำกระดาษ ว่านำไปใช้ทำอะไรได้บ้าง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรรณิการ์ พิสุทธิศักดิ์. รายงานผลการวิจัยปัญหาและอุปสรรคในธุรกิจการผลิตกระดาษและกล่องกระดาษลูกฟูก. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2530.
- กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. รายงานภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมกระดาษคราฟท์. กรุงเทพฯ : สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงอุตสาหกรรม, 2526.
- ชาญ มงคล. ข้าว. กรุงเทพฯ : หน่วยศึกษานิเทศ กรรมการฝึกหัดครู, กรุงเทพฯ, 2536.
- ดวงใจ วิบุรณรัตน์. รายงานศึกษาความเร็วของปฏิบัติการต้มเยื่อฟางข้าวโดยกระบวนการไฮโดร. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2525.
- นิพนธ์ กมลรัตนกุล. “เยื่อกระดาษ,” ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2533.
- นิตยา มหาผล และประนอม ภูวนัตถ์. เอกสารประกอบการอภิปรายการปนเปื้อนของสิ่งแวดล้อมและการป้องกัน. กรุงเทพฯ : กองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2532.
- นัยนา นิยมวัน และคณะ. การสำรวจและการศึกษาความต้องการงานวิจัยในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2526.
- นิสสาร โฆษิตรัตน์. การกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำและการติดตามตรวจสอบ. กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2529.
- พิพิธ ศุภพิพัฒน์ และนิพนธ์ กมลรัตนกุล. วัสดุเส้นใยสำหรับการผลิตเยื่อกระดาษ. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2518.
- พรทวี พึ่งรัศมี และอรุณ หาญสืบสาย. สารความรู้เรื่องกระดาษพิมพ์. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.
- รัตนา เขียมคณิตชาติ. รายงานการศึกษาสู่ทางการลงทุนอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ. เชียงใหม่ : ศูนย์เศรษฐกิจอุตสาหกรรมภาคเหนือ, 2534.
- เยื่อกระดาษสยาม จำกัด บริษัท, กรุงเทพฯ : มปป.
- รมณีย์ หวังดีธรรม. “อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษกับสภาวะแวดล้อม,” แนวหน้า. 26 มีนาคม 2537. หน้า 2
- รุ่งอรุณ ศิริพันธุ์ และคณะ. การศึกษาการฟอกเยื่อขานอ้อยไฮโดร. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2518.

รุ่งอรุณ วัฒนวงศ์. การใช้ AMS ในการต้มเยื่อขานอ้อยด้วยกระบวนการไฮดา. กรุงเทพฯ :

กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2527.

วันฉวี สาตราคม และคณะ. การศึกษาการฟอกเยื่อ. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์บริการ,

2518.

ศิริกัลยา สุจิตานนท์ และนัยนา นิยมวัน. การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของกากอ้อยที่ใช้
เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2528.

ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย. “การบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม,” เอกสารการสัมมนา. กรุงเทพฯ :

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2534.

สมาคมสิ่งแวดล้อมไทย. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. กรุงเทพฯ : 2535.

สาคร คันทิชาติ. วัสดุผลิตภัณฑ์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2535.

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. “มลพิษทางน้ำ,” รายงานการฝึกอบรม 19-22

สิงหาคม. กรุงเทพฯ : 2529.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กระดาษหนังสือพิมพ์. (มอก. 758-2531)

กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม, 2531.

_____. ขนาดกระดาษก่อนตัดรีม. (มอก. 262-2521) กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม, 2521.

_____. กระดาษทำลูกฟูก. (มอก. 321-2530) กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม, 2522.

_____. กระดาษเหนียว. (มอก. 170-2519) กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม, 2519.

_____. ดินขาวสำหรับใช้ผสมกระดาษ. (มอก. 74-2529) กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม 2529.

อร่าม อุดล. “การผลิตเยื่อจากกากอ้อยและอิทธิพลของขุยมะพร้าว”. กองอุตสาหกรรมโรงงานวารสาร

โรงงาน. ปีที่ 4. ฉบับที่ 1. กรกฎาคม-ตุลาคม 2527.

Joseph E. Atchison. and John N. Non-wood plant fibers pulp manufacture and paper Atlanta,
1983.

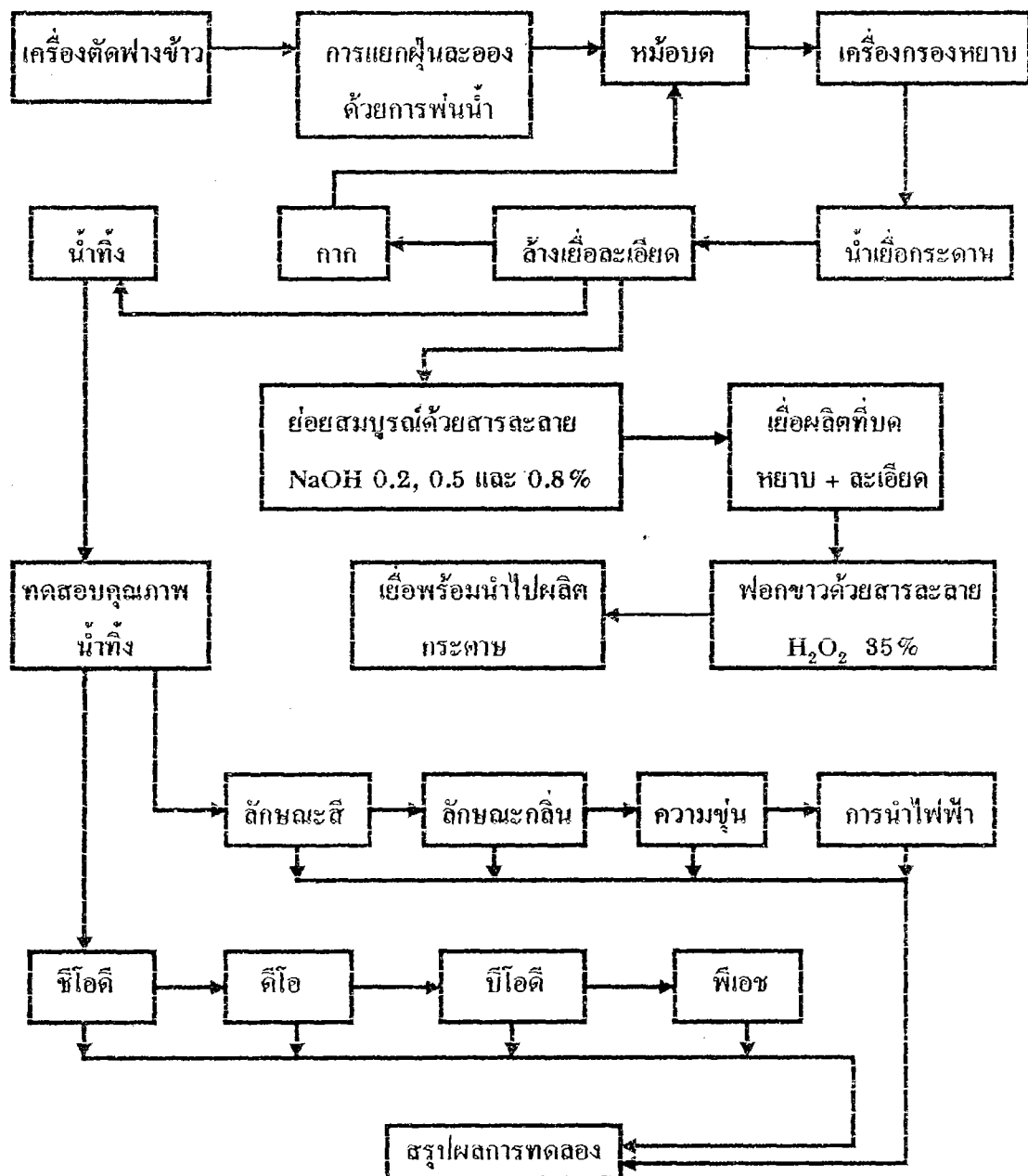
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การผลิตเชื้อกระดาษ

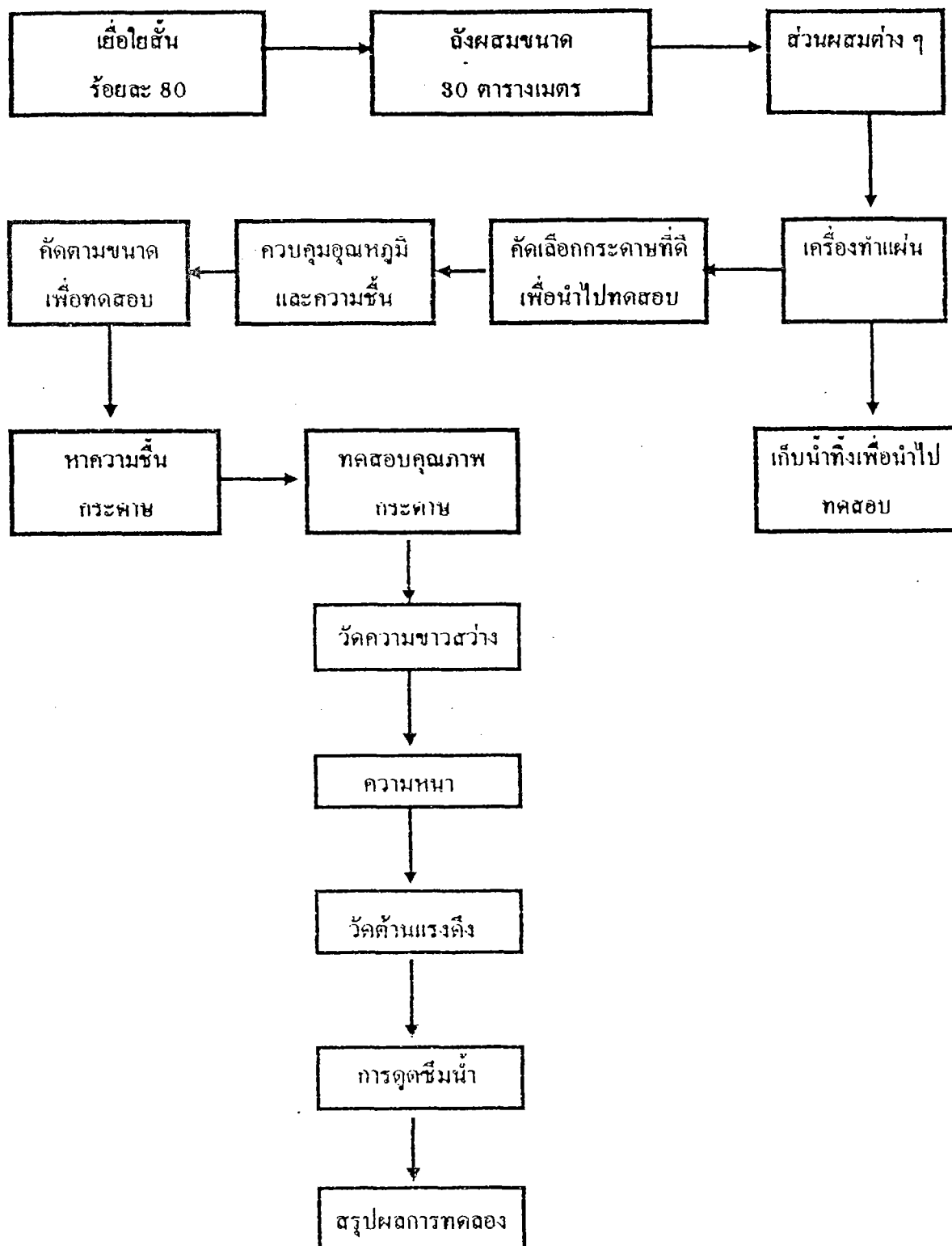
สูตรคำนวณการทดสอบคุณภาพของกระดาษ

ขั้นตอนการดำเนินการทดลองการผลิตเยื่อกระดาษ



ภาพประกอบ 1 แสดงการผลิตเยื่อ

แสดงกรรมวิธีการผลิตกระดาษ



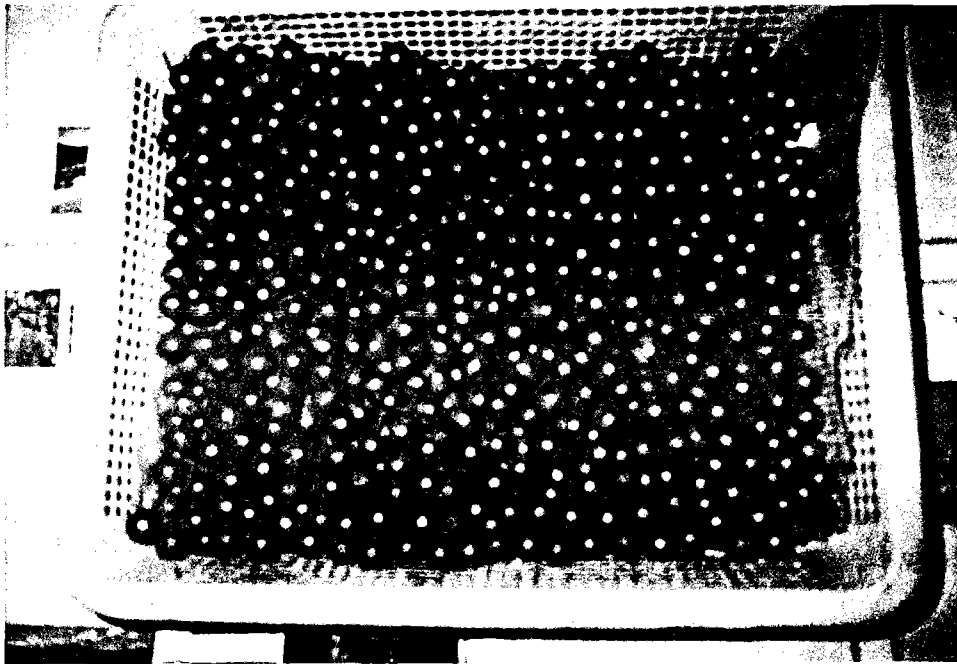
ภาพประกอบ 2 แสดงขั้นตอนการทดลองทำกระดาษ



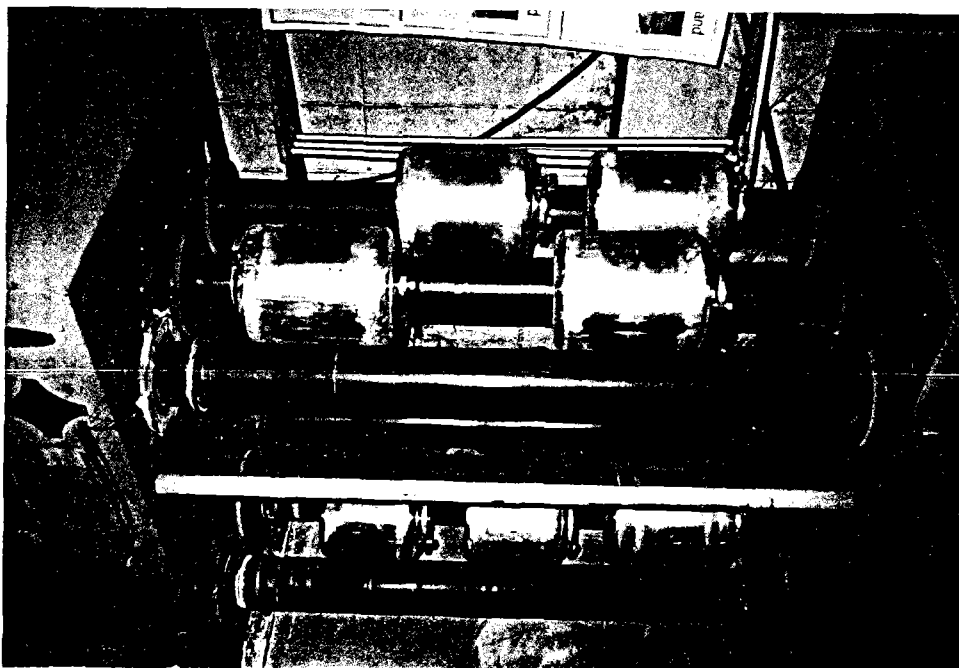
ภาพประกอบ 3 ต้นฟางข้าวตัด ยาว 2-3 นิ้ว



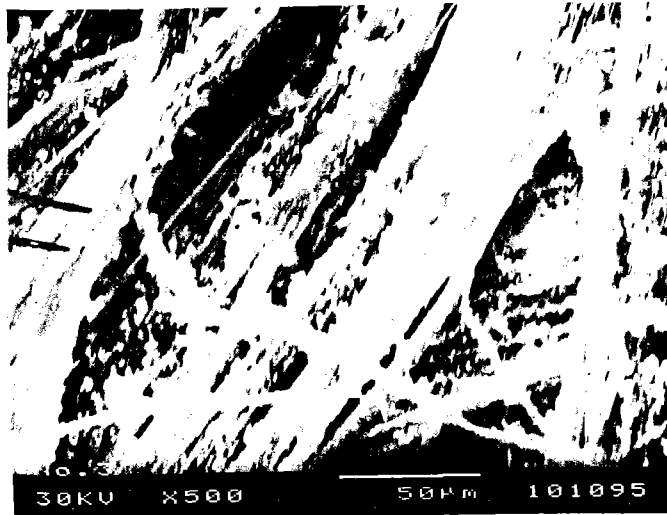
ภาพประกอบ 4 ยอดฟางข้าวตัด ยาว 5-8 นิ้ว



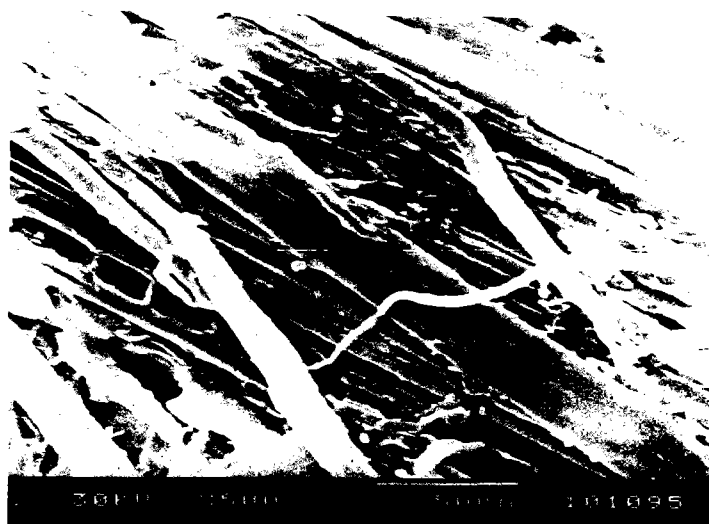
ภาพประกอบ 5 ลักษณะลูกบดชนิดโลหะ



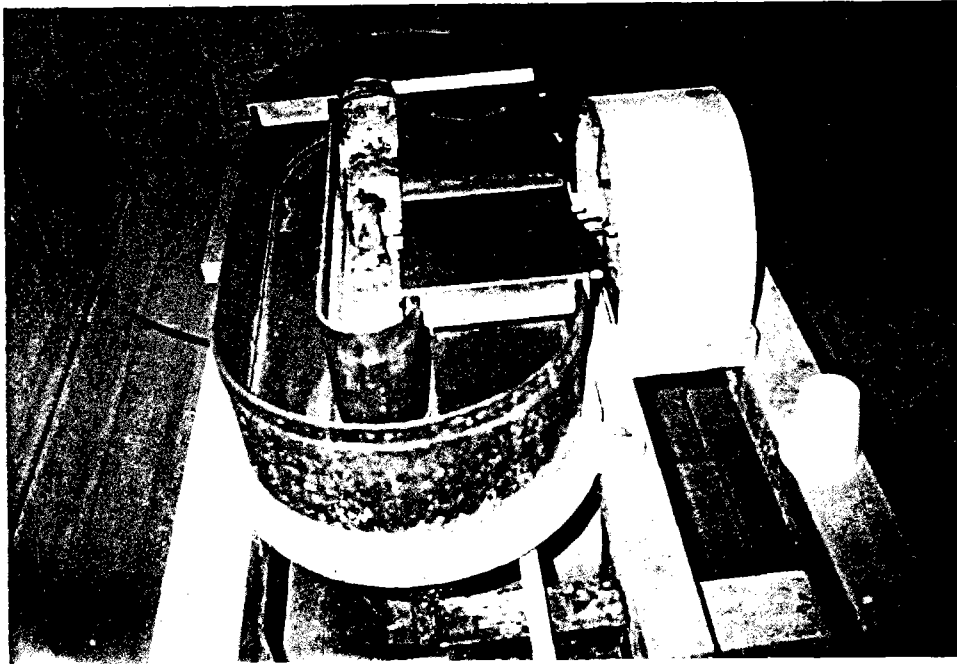
ภาพประกอบ 6 ลักษณะหม้อบดชนิดโลหะบนเครื่องควบคุมการบด



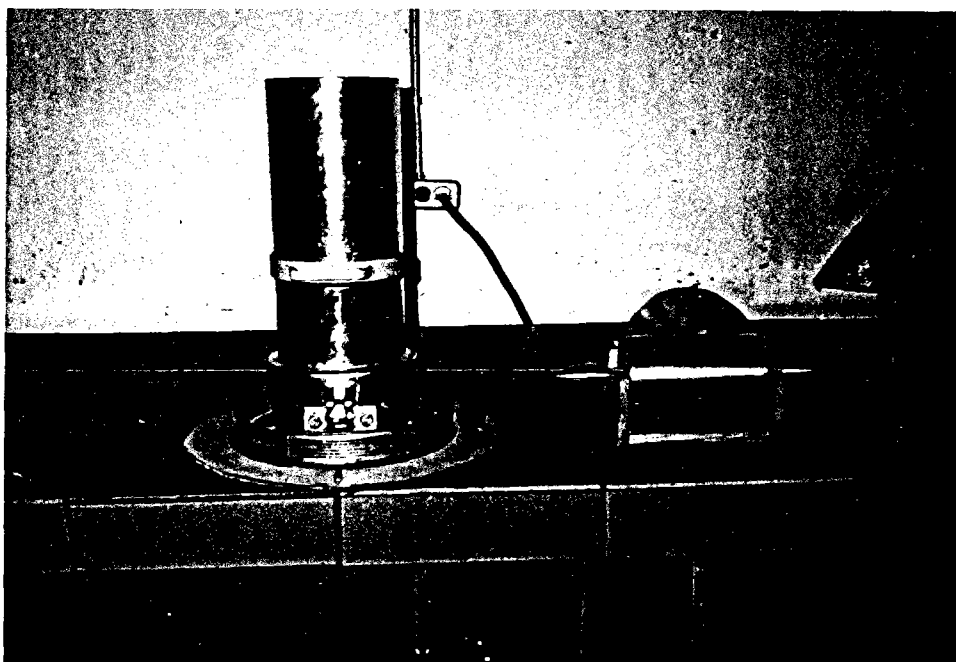
ภาพประกอบ 7 เยื่อฟางข้าวก่อนฟอกขยาย 500 เท่า



ภาพประกอบ 8 เยื่อฟางข้าวหลังฟอกขยาย 500 เท่า



ภาพประกอบ 9 ลักษณะเครื่องตีเยื่อ



ภาพประกอบ 10 ลักษณะเครื่องทำแผ่นและลูกกลิ้งรีดน้ำ

ตาราง 9 แสดงค่ามาตรฐานการทดสอบคุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนดน้ำหนักมาตรฐาน กรัมต่อตารางเมตร	วิธีทดสอบ
		45/15	
1	น้ำหนักมาตรฐานคลาดเคลื่อนได้ ร้อยละไม่เกิน	± 5	ISO 536
2	ความหนา มิลลิเมตร	0.20 ถึง 0.35	มอก. 321
3	การดูดซึมน้ำวินาทีต่อน้ำ 0.05 ลูกบาศก์เซนติเมตร	30 ถึง 40	มอก.321 ข้อ 7.3
4	ความขาวสว่างร้อยละไม่ น้อยกว่า	50	มอก.287
5	ความเรียบ (Bekk) วินาที	30 ถึง 200	ISO 5627
6	ความต้านแรงดึงแนวนาน เครื่อง กิโลนิวตันต่อเมตร ไม่น้อยกว่า	1.40	ISO 1924/1

* มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษพิมพ์และกระดาษเขียนมาตรฐาน เลขที่
มอก. 287

ตาราง 10 แสดงสูตรการแปลค่าทางฟิสิกส์ให้เป็นหน่วยวัดมาตรฐาน

BRIGHTNESS	average	x.xx%
THICKNESS	average x 0.01 / No. of sheets	x.xxx mm.
TENSILE STRENGTH	average x 0.6538	x.xxx kN/m
TENSILE INDEX	tensile strength x 1000/grammage	x.x Nm/g
TEAR INDEX	tearing strength / grammage	x.x mN.m 2/g

สูตรในการคำนวณการทดสอบคุณภาพของกระดาษ

ในการคำนวณของภาคผนวกในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้นำสูตรในการคำนวณมาใช้ ซึ่งมี 3 ด้าน

1. สูตรการคำนวณทางด้านความชื้นของเยื่อ
2. สูตรการวัดและทดสอบคุณภาพของชิ้นงาน
3. สูตรการวิเคราะห์น้ำทิ้งมี 2 ด้าน คือ
 - 3.1 วิเคราะห์ด้านกายภาพ
 - 3.2 วิเคราะห์ด้านด้านเคมี

1. สูตรการคำนวณด้านความชื้นของเยื่อ

ปริมาณของเยื่อที่ฟอกแล้ว

โดยทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องชั่งจำนวน 3 ครั้ง ต่อ 1 ตัวอย่าง

ความชื้น	m	=	$\frac{W - D \times 100}{W}$
กำหนด	m	=	ร้อยละปริมาณความชื้น
	D	=	น้ำหนักเดิมของเยื่อฟอกแล้ว
	W	=	น้ำหนักเยื่อที่ทำให้แห้ง 105 องศาเซลเซียส

2. สูตรวัดและทดสอบคุณภาพของชิ้นงาน

การคำนวณมีอยู่ด้วยกัน 3 อย่างคือ

2.1 วัดความขาวสว่าง (ร้อยละ)

โดยวัดจำนวน 3 ครั้ง ต่อ 1 ตัวอย่าง

ความขาวสว่าง	X	=	$\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$
กำหนด	X	=	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของตัวอย่างที่ทำการวัด
	x_1	=	ค่าความขาวสว่างที่วัดได้ครั้งที่ 1
	x_2	=	ค่าความขาวสว่างที่วัดได้ครั้งที่ 2
	x_n	=	ค่าความขาวสว่างของสมาชิกที่วัดได้ทั้งหมด
	n	=	จำนวนครั้งที่วัดทั้งหมด

2.2 วัดความหนา

โดย ทำการวัดจำนวน 5 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่าง

$$\text{ความหนา } X = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

กำหนด x = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของความหนามิลลิเมตร

x_1 = ค่าที่วัดได้ครั้งที่ 1

x_2 = ค่าที่วัดได้ครั้งที่ 2

x_n = จำนวนสมาชิกทั้งหมดที่วัด

n = จำนวนครั้งที่วัด

2.3 การทดสอบแรงดึงขนาดเครื่อง

โดยใช้จำนวนแรงดึง 3 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่าง

$$\text{แรงดึง } X = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

กำหนด x = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของแรงดึง หน่วยเป็นนิวตันต่อเมตร

x_1 = ค่าแรงดึงที่ได้ครั้งที่ 1

x_2 = ค่าแรงดึงที่ได้ครั้งที่ 2

x_n = ค่าแรงดึงของสมาชิกทั้งหมด

n = จำนวนครั้งที่ดึง

2.4 การดูดซึมน้ำ

นำกระดาษตัวอย่างวางให้น้ำดูดจนอิ่มตัวในเวลาที่กำหนด

$$\text{ดูดซึมน้ำ } X = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

กำหนด x = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตการดูดซึมน้ำ วินาทีต่อ 0.50 ลบ.ซม.

x_1, x_2 = ผลรวมของเวลาดูดซึมน้ำเป็นวินาที ;

n = จำนวนครั้งที่ทดสอบ

ภาคผนวก ข.

การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทางด้านกายภาพ
การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทางด้านเคมี

ตาราง 12 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ลักษณะน้ำทิ้ง	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	หมายเหตุ
1. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	5.0-9.2	ไม่มากกว่า 60 มก./ล.
2. บีโอดี (5 วัน) ที่อุณหภูมิ 20°ซ BOD 5 days, at 20°C)	มก./ล.	7.20	
3. อุณหภูมิ (Temp)	ซ (C°)	40	
4. สีหรือกลิ่น	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ (50)	
5. ความขุ่น (Turbidity)	JTU	50	
6. การนำไฟฟ้า	ไมโครซีเมนส์	0-1	

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดวิธีการตรวจสอบมาตรฐานน้ำทิ้งลงวันที่ 30 มกราคม 2533

การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำทั้งจากระบบการผลิตกระดาษ

ในการศึกษาครั้งนี้ มีวิธีการที่ทำการทดสอบการทดลองจำนวนหลายขั้นตอนเพื่อให้ได้ข้อมูลสมบูรณ์ที่สุด ซึ่งได้จากการทดลองและการวิเคราะห์ต่างๆ

ดังนั้นจากการทดลองการนำตัวเลขจากการวิเคราะห์จำเป็นต้องแยก จากส่วนที่ทำการศึกษา เพื่อให้ได้รายละเอียดของการศึกษามากที่สุด จึงได้นำการทดลอง การวิเคราะห์และการหาค่าต่างๆ ในการศึกษานี้จัดเป็นกลุ่มเฉพาะ จะทำให้ง่ายต่อการศึกษาค้นคว้าต่อไป

1. การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ

1.1 สีของน้ำ

เครื่องมือ

หลอดเนสสเลอร์ ปริมาตรความจุ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 1 หลอด

น้ำตัวอย่าง ปริมาณตัวอย่างน้ำ 100 มิลลิลิตร

วิธีทดสอบ

1. นำตัวอย่างน้ำ มาแยกโดยใช้เครื่องแรงเหวี่ยงเพื่อให้ของแข็งตกตะกอนจนหมด
2. นำตัวอย่างน้ำตกเอาเฉพาะด้านบนที่ใสๆ ใส่หลอดเนสสเลอร์ปริมาณ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วนำไปเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน แล้วอ่านค่าที่ได้กับค่ามาตรฐาน

การรายงานผล รายงานตามการเปรียบเทียบกับสารละลายที่ได้กับสารละลายมาตรฐานซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสูตรในภาคผนวก ว่าด้วยการคำนวณลักษณะสีของน้ำหน่วยเป็นโลวบอนด์

1.2 กลิ่นของน้ำ

เครื่องมือ

1. ขวดเออร์เลนเมเยอร์ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

2. เต้าไฟฟ้า และน้ำกลั่น

น้ำตัวอย่าง นำน้ำตัวอย่างมาประมาณ 1,000 มิลลิลิตร

วิธีทดสอบ

1. แบ่งตัวอย่างน้ำมา 500 มิลลิลิตรแล้วเจือจางด้วยน้ำที่ปราศจากกลิ่น หรือได้กลิ่นน้อยที่สุด

2. เขย่าให้เข้ากันแล้วแบ่งมา 200 มิลลิลิตร ใส่ขวดเออร์เลนเมเยอร์ที่สะอาดแล้วค่อยๆ เปิดฝาสุดดมกลิ่นตัวอย่างน้ำอย่างต้องมีผู้สูดดมกลิ่นอย่างน้อย 5 คน

3. ปิดจุกนำตัวอย่างน้ำไปอุ่นที่อุณหภูมิร้อน 60 องศาเซลเซียส

การรายงานผล

คำนวณค่าหน่วยเฉลี่ยเป็น T.O.N

1.3 ความขุ่นของน้ำ ได้ทำการวิเคราะห์หมีขั้นตอนดังนี้คือ

เครื่องมือ เครื่องเนฟิโลมิเตอร์ พร้อมแหล่งกำเนิดแสงที่ส่งผ่านน้ำทิ้ง

น้ำตัวอย่าง นำน้ำตัวอย่างมา 200 มิลลิลิตร

วิธีทดสอบ

1. ปรับตั้งเครื่องมือวัดความขุ่น และทำการฟลามาตรฐาน จากสารละลายความขุ่นมาตรฐานที่เตรียมไว้

2. วัดความขุ่นที่มีค่าต่ำกว่า 40 เอ็นทียู เขย่าตัวอย่างรอจนหมดฟองอากาศ เทตัวอย่างน้ำลงในหลอดวัดความขุ่น แล้วอ่านค่าจากเครื่องมือวัดความขุ่น

3. วัดความขุ่นที่มีค่าสูงกว่า 40 เอ็นทียู และเจือจางน้ำตัวอย่างที่ปราศจากความขุ่นที่ไม่เกิน 40 เอ็นทียู

การรายงานผล รายงานตามตารางในภาคผนวก ว่าด้วยเรื่องการหาความขุ่นของน้ำทิ้ง

1.4 สภาพการนำไฟฟ้า

เครื่องมือ

1. เครื่อง Portable conductivity meter (รุ่น cm -1k)

2. น้ำกลั่น ประมาณ 500 มิลลิลิตร

น้ำตัวอย่าง นำน้ำตัวอย่างมา 200 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร จำนวน

2 ใบ

วิธีทดสอบ

1. นำเครื่องวัดการนำไฟฟ้ามาโดยใช้หัววัดแช่ลงในน้ำกลั่น ทิ้งนาน 15 นาที

2. เมื่อครบ 15 นาทีแล้วนำหัววัดมาซับด้วยกระดาษทิชชูเนื้อละเอียดแล้วนำหัววัดไปจุ่มลงในบีกเกอร์น้ำตัวอย่างเป็นการวัดค่าความนำไฟฟ้าจุดค่าที่วัดได้ไว้

3. ทำเช่นเดียวกันกับข้อ 2 อีกจำนวน 2 ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

การรายงานผล นำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ยโดยค่าที่ได้มีหน่วยเป็นไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร

2. การวิเคราะห์น้ำทั้งด้านเคมี

การวิเคราะห์คุณสมบัติของของน้ำทางด้านเคมี เพื่อหาคุณสมบัติของน้ำทั้งมีด้วยกัน 4 วิธีคือการวัดสภาพความเป็นกรดและด่างของน้ำ การหาค่าออกซิเจนละลาย การหาค่าบีโอดี และการหาค่าซีโอดี ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 สภาพความเป็นกรดต่าง

เครื่องมือ

1. เครื่องพีเอชมิเตอร์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์
2. บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตรจำนวน 3 ใบ
3. กระดาษขั้บน้ำเนื้อละเอียด

วิธีวิเคราะห์

1. นำสารละลาย Buffer solution พีเอช 4, 7 และ 10 เพื่อเป็นสารละลายเปรียบเทียบกับมาตรฐาน
2. นำเครื่องวัดค่าสภาพความเป็นกรดและด่างโดยนำหัว วัดแช่ลงในสารละลายทิ้งไว้ให้ค่าคงที่ ณ พีเอช 7 แล้วอ่านค่าที่ได้ จดไว้
3. ฉีดล้างหัววัดด้วยน้ำกลั่นจนสะอาด แล้วขั้บต่อด้วยกระดาษเนื้อละเอียด แล้ววัดค่าที่สารละลาย พีเอช 4 จดค่าไว้
4. ทำเช่นเดียวกับข้อ 3 โดยวัดที่สารละลายด่างมีค่าพีเอช 10 จดค่าไว้
5. ทำเช่นเดียวกันนี้กับข้อ 3 แต่วัดสารละลายพีเอช 7 อีกครั้งหนึ่งล้างหัววัดขั้บให้แห้ง
6. วัดน้ำตัวอย่างที่ต้องการทราบความเป็นกรด และด่างของน้ำโดยให้หัววัดจุ่มน้ำตัวอย่างที่เตรียมไว้ อ่านค่าแล้วจดไว้

การรายงานผล ค่าที่ได้คิดเป็นค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดและด่าง

2.2 ค่าออกซิเจนละลาย

เครื่องมือ

1. ขวดบีโอดี ขนาด 300 มิลลิลิตร
2. ขวดวัดปริมาตร ขนาด 200 มิลลิลิตร
3. ขวดเออร์เลนเมเยอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร
4. บิวเรต

น้ำตัวอย่าง นำน้ำตัวอย่างมา 300 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

1. นำน้ำตัวอย่างที่ตะกอนละลายแล้วหมดแล้วรินใส่ลงในขวด Volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร
 2. ทำการไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมซัลเฟต 0.250 นอร์มอล จนได้สีเหลืองอ่อนๆ
 3. เติมน้ำแบ่ง 1-2 หยด และทำการไตเตรตต่อจนกระทั่งสีของน้ำเงินหายไป
- การรายงานผล ค่าที่ได้โดยการคำนวณ จากสารละลายที่ไตเตรต ดังสูตรในภาคผนวก ว่าด้วยการหาค่าออกซิเจนละลาย (สมาคมสิ่งแวดล้อมไทย. 2535 : 67)

2.3 ค่าบีโอดี ได้ทำการวิเคราะห์มีขั้นตอนดังนี้คือ

เครื่องมือ

1. ขวดบีโอดีขนาด 250-300 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. ตู้อินคิวเบท ชนิดควบคุมอุณหภูมิได้เองหรือตู้เย็น
3. อุปกรณ์เครื่องแก้วต่าง ๆ

น้ำตัวอย่าง น้ำในขวดบีโอดี 3 ขวด ปิดจุกสนิท

วิธีวิเคราะห์

1. นำน้ำตัวอย่างมาปรับอุณหภูมิให้ได้ 20 องศาเซลเซียส เปิดเตาอากาศประมาณ 5 - 10 นาที
2. รินตัวอย่างน้ำลงในขวดบีโอดี 2 ขวด ปิดจุกสนิทและมีน้ำ หล่อล้างที่ปากขวด น้ำขวดหนึ่งมาหาค่าออกซิเจนละลาย ถือว่าเป็นค่าออกซิเจนละลายที่มีเริ่มต้น สมมุติเป็น DO₁
3. นำอีกขวดหนึ่งใส่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน เมื่อครบ 5 วันแล้วนำตัวอย่างนั้นมาหาค่าออกซิเจนที่เหลืออยู่สมมุติเป็น DO₅

การรายงานผล ค่าที่ได้โดยการคำนวณ หาผลต่างวันแรกกับวันสุดท้าย

2.4 ค่าซีโอดี ได้ทำการวิเคราะห์มีขั้นตอนดังนี้คือ

เครื่องมือ

1. หลอดแก้วขนาด 30 มิลลิลิตร และปิเปต 1 มิลลิลิตร

น้ำตัวอย่าง นำน้ำตัวอย่างมา 500 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

1. ทำการกลั่นน้ำตัวอย่างที่มีสารละลายผสมอยู่เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
2. ปล่อยให้เย็นโดยล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น

3. ไตเตรทสารละลายโปรตัสเซียมไดโครเมตที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาโดยใช้เฟอร์โรอินเป็นตัวอินดิเคเตอร์ 2-3 หยดจนเปลี่ยนจากสีน้ำเงิน แกมเขียว เป็นสีน้ำตาลแดง

4. ทำตัวควบคุมมาตรฐาน โดยใช้ น้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร แทนตัว อย่างน้ำ และทำเช่นเดียวกันนี้กับตัวอย่างนี้ที่ทดสอบ

การรายงานผล โดยการคำนวณจากปริมาณของสารละลายที่เหลือ จากการไตเตรต ซึ่งสูตรการคำนวณมีอยู่ในภาคผนวก (เสริมพล รัตนสุข และคณะ. 2518 : 276-297)

3. สูตรการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง

3.1 สูตรการวิเคราะห์ด้านกายภาพ ได้แบ่งเป็น 4 ด้านคือ

1. ลักษณะสี

$$\text{หน่วยสี} = \frac{ax50}{v}$$

กำหนด a = ค่าที่อ่านได้จากการเทียบสีมาตรฐาน

v = ปริมาตรน้ำน้ำทิ้งที่นำมาเจือจาง

กำหนด 50 = ปริมาตรตัวอย่างน้ำในหลอดทดสอบ

2. ลักษณะกลิ่น

เทรชโฮลด์ไฮโดรเจนเนอ (T.O.N.)

$$\text{ทีโอเอ็น} = \frac{a+b}{a}$$

กำหนด a = ลูกบาศก์เซนติเมตรของน้ำตัวอย่าง

b = ลูกบาศก์เซนติเมตรของน้ำที่ปราศจากกลิ่น
ที่นำมาเจือจาง

3. ความขุ่น

$$\text{ความขุ่น (เอ็นทียู)} = \frac{a(b+c)}{c}$$

กำหนด a = เอ็นทียู ที่อ่านได้เมื่อเจือจางน้ำตัวอย่าง

b = ปริมาณของน้ำที่ใช้เจือจางต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

c = ปริมาณของตัวอย่างน้ำที่นำมาเจือจางต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

4. สภาพการนำไฟฟ้า

การนำไฟฟ้า G_{25} องศาเซลเซียส $= G_t/[1+K(9t-250)]$

กำหนด G = การนำไฟฟ้า ที่วัดเมื่ออุณหภูมิของตัวอย่างน้ำเท่า กับ 25 องศาเซลเซียส

กำหนด K = ค่าคงที่มีค่าประมาณ 0.015 - 0.024

G_{25} = หน่วยไมโครซีเมนส์ต่อตารางเซนติเมตร

3.2 สูตรวิเคราะห์ด้านเคมี

การวิเคราะห์ด้านเคมีได้แบ่งออกเป็น 4 ด้านคือ

1. ค่าพีเอช (pH) รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย

$$\text{ค่าพีเอช } X = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

กำหนด X = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของค่าค่าพีเอช

x_1, x_2, x_3 = ผลบวกของค่าที่วัด

n = จำนวนครั้งที่วัดทั้งหมด

2. ค่าออกซิเจนละลาย

วิเคราะห์โดยวิธีไตเตรต ปริมาณน้ำตัวอย่างที่ใช้

$$\text{ปริมาณ} \frac{200 \times 300}{(300 - 2)} = 201 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

กำหนด ใช้ตัวอย่างน้ำในการไทเทรต 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.0021 โมล ต่อลูกบาศก์เดซิเมตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าสมมูลย์พอดิกับ 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของ ออกซิเจนละลาย

3. ค่าบีโอดี

วิเคราะห์โดยวิธีตรง (direct method) ไตเตรต BOD_5 ค่าบีโอดี. (มิลลิกรัม

ออกซิเจนต่อลิตร) = $DO - DO_5$

กำหนด DO = ค่าออกซิเจนละลายที่ได้ไตเตรตได้ในวันแรก

DO_5 = ค่าออกซิเจนที่ละลายที่ได้ไตเตรตได้ในวันที่ 5

4. ค่าซีโอดี

วิเคราะห์โดยวิธีการไตเตรตเปรียบเทียบซีโอดี. (มิลลิกรัมของออกซิเจน ลบ.ดม.)

$$a = \frac{(a-b) \times n \times 8000}{\text{ลบ.มล.ของตัวอย่างน้ำ}}$$

กำหนด a = มล.ของแอมโมเนียมซัลเฟต ที่ใช้ในการไตเตรตแบบลงค์

b = มล.ของแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่างน้ำ

n = โมลาร์ลิตีของแอมโมเนียมซัลเฟต

8000 = ปริมาณน้ำตัวอย่างทั้งหมดที่สุ่มมาเพียง 5 ลิตร

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ	นายชุมพร ถาวร
เกิดวันที่	8 ธันวาคม 2499
สถานที่เกิด	อำเภออุทุมพรพิสัย จังหวัดศรีสะเกษ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	420/733 หมู่ 3 ตำบลลาดบางเขน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210
ตำแหน่งปัจจุบัน	นักวิชาการ 6
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงงานนำทาง ฝ่ายพัฒนาวิศวกรรม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร 10900
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2517 ประถมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนประสาทศิลป์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา พ.ศ. 2520 มัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนสมานคุณ วิทยาทาน อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา พ.ศ. 2522 มัธยมศึกษาปีที่ 5 จากโรงเรียนเทพอำนวย หาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา พ.ศ. 2529 อนุปริญญาวิทยาศาสตร (เซรามิกส์) จาก วิทยาลัยครูพระนคร กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2534 วทบ. (วิทยาศาสตร์สุขภาพ) จากสถาบันราชภัฏ พระนคร กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2534 กศบ. (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2541 กศม. (อุตสาหกรรมศึกษา) มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร

การทดลองทำกระดาษความขาวต่ำจากฟางข้าวโดยวิธีกึ่งเคมี

บทคัดย่อ

ของ

ชุมพร ถาวร

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

มีนาคม 2541

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายคือ ทดลองทำกระดาศความขาวดำจากฟางข้าวโดยวิธีกึ่งเคมี โดยมีตัวแปรต้น คือ น้ำหนักลูกบดชนิดโลหะแปรค่า 1,500, 2,000 และ 2,500 กรัม เพื่อบดฟางข้าวแห้ง สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่นำมาย่อยสลายฟางข้าวล้างบด มีความเข้มข้นร้อยละ 0.2, 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ และสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ร้อยละ 35 ผลการทดลองปรากฏว่าน้ำหนักลูกบดและความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ไม่มีผลต่อคุณภาพของกระดาศในด้านที่ทำการทดสอบ มีความขาวสว่าง ความหนา การต้านแรงดึงและการดูดซึมน้ำของกระดาศ คุณภาพของกระดาศที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม ได้แก่ ด้านความหนาและการต้านแรงดึงขนาบเครื่อง ส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ได้แก่ ค่าความขาวสว่าง และการดูดซึมน้ำของกระดาศ

ส่วนคุณภาพน้ำทิ้งจากกระบวนการทำกระดาศในด้านกายภาพที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน คือ สีและกลิ่นของน้ำ ส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ คือ ค่าความขุ่น และการนำไฟฟ้า ส่วนด้านเคมีผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด คือ ค่าพีเอช ค่าบีโอดี ค่าซีโอดี และค่าดีโอ

AN EXPERIMENTAL STUDY ON MAKING LOW-BRIGHTHNESS PAPER FROM
RICE STRAW USING SEMI-CHEMICAL PULP PROCESS

AN ABSTRACT
BY
CHUMPORN THAWORN

Presented in partial fulfillment of the requirements for the Master of Education
degree in Industrial Enducation at Srinakharinwirot University

March 1998

The purpose of this study was to make low-brightness paper from rice straw by semi-chemical pulp process. The main variables were the weights of rollers ranging from 1,500, 2,000 and 2,500 grams. The different concentration of sodium hydroxide (NaOH) solution of 0.2, 0.5, and 0.8 percent were used as digestion chemicals with 35 percent hydrogen peroxide as bleaching material.

The results showed that the weights of rollers and different concentration of NaOH solution did not have significant effect to the quality of the paper when tested on brightness, thickness, tensile strength and water absorption. The quality of the paper which significantly met the industrial paper standards were thickness and tensile strength while brightness and water absorption were below the standards.

The quality of waste water in the pulp process showed that the physical property which conformed to the Thai Industrial Waste Water Standard was colour and odour while turbidity and electrical conductivity did not. The chemical analysis showed that pH, BOD, COD, and DO values were up to the Standard.