บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 สารเคมี

3.1.1 กากมันสำปะหลัง ชนิดกากหยาบและกากอ่อน บริษัท เยนเนรัล สตาร์ช จำกัด, ประเทศไทย

3.1.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เกรดห้องปฏิบัติการ, ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99 บริษัท Ajax chemical, Australia

3.1.3 เยื่อใยสั้น (เยื่อยูคาลิปตัสที่ผ่านการฟอก ; LBKP#2) บริษัท ฟินิคซ์ พัลพ์ แอน เพเพอร์ จำกัด (มหาชน), ประเทศไทย

3.1.4 เยื่อกระดาษกล่องลูกฟูกเก่า (OCC) (แบบ single-faced ไม่มีการพิมพ์และยังไม่ผ่านการใช้งาน)

3.1.5 น้ำกลั่น

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) รุ่น Memmert WB 29, Germany

3.2.2 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (0.01- 4000 g) รุ่น TB 4002 Denver instrument, Japan

3.2.3 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (0.005 -21 g) รุ่น AND GX-20K, Japan

3.2.4 เครื่องกวนผสมสาร (magnetic stirrer) รุ่น TTS, Denver instrument, Japan

3.2.5 เครื่องขึ้นแผ่น (handsheet former) รุ่น Rapid Köthen Blattbildner, PTI Laboratory Equipment, Australia

3.2.6 เครื่องแยกความยาวของเส้นใย (Bauer McNett fiber classifier) รุ่น 2021, Universal Engineering Corporation, India

3.2.7 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (hot air oven) รุ่น venticell, Germany

3.2.8 เครื่องวัดความเป็น กรด – ด่าง (ph meter) รุ่น Denver Instrument, Germany

3.2.9 เครื่องบดเยื่อ (valley beater) รุ่น UEC-2018A, Universal Engineering Corperation, India

3.2.10 เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงฉีก (Elmendorf tearing resistant tester) รุ่น Protear, Regmed, Brazil

3.2.11 เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง (tensile strenth tester) รุ่น Strograph E-S, Toyo seiki Seisaku-SHO LTD., Japan

3.2.12 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุ (burst resistant) รุ่น Mullen tester, L&W, Sweden

3.2.13 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงกดลอนลูกฟูก

3.2.14 เครื่องตีกาก บริษัท เยนเนรัล สตาร์ช จำกัด ประเทศไทย

3.2.15 เครื่องหาค่าการระบายน้ำ (freeness tester) รุ่น LTDA, Regmed, Brazil

3.2.16 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) รุ่น JEOL JSM-5410 LV, USA

3.2.17 ตะแกรงขนาด 25 เมช

3.2.18 ตะแกรงขนาด 60 เมช

3.2.19 กระดาษกรอง เบอร์ 4 Whatman International LTD., England

3.2.20 เครื่องวัดความชื้น (moisture determination balance) รุ่น KettFD-600, Kett Electric Laboratory, Japan

3.2.21 เครื่องตัดกระดาษเพื่อทดสอบความต้านทานแรงฉีก Universal Engineering Corperation, India

3.2.22 กระบอกตวง ขนาด 25, 100, 1000 มิลลิลิตร

3.2.23 บีกเกอร์ ขนาด 25, 50, 100, 1000, 2000 มิลลิลิตร

3.2.24 แท่งแก้วคนสาร

3.2.25 เทอร์โมมิเตอร์

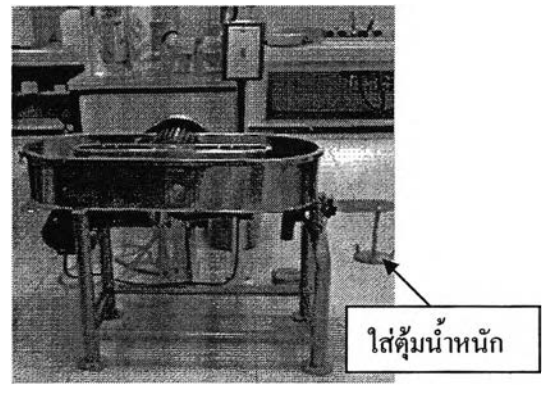
3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ศึกษาหาภาวะการเตรียมและขนาดที่เหมาะสมของกากมันสำปะหลัง

ในขั้นตอนนี้เป็นการหาขนาดที่เหมาะสมของกากมันสำปะหลังที่จะนำมาทดลอง ซึ่งจะใช้เทคนิคในการแยกอีก 2 วิธี คือใช้เครื่องแยกความยาวเส้นใย (Bauer McNett Classifier) และใช้ตะแกรงร่อน (test sieve) ขนาด 25 เมช (mesh) จากนั้นนำกากมันมาผสมกับเยื่อบริสุทธิ์ เพื่อขึ้นแผ่นกระดาษ

3.3.1.1 การเตรียมเยื่อบริสุทธิ์ (virgin pulp)

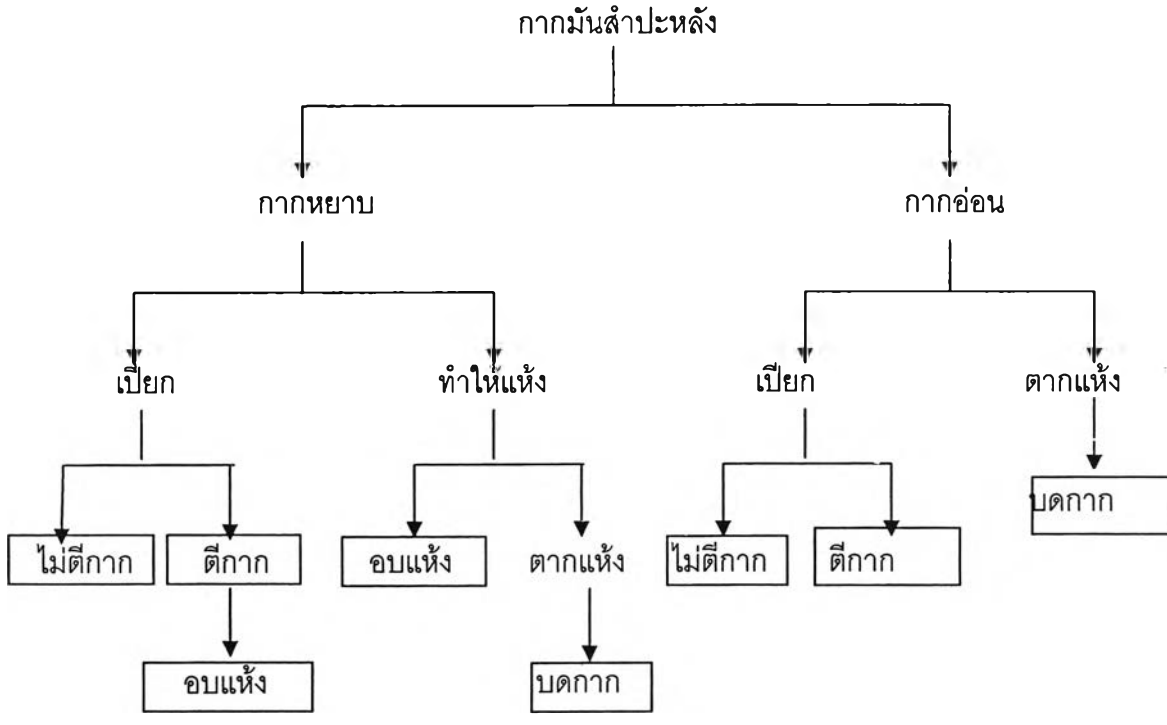
เยื่อบริสุทธิ์ที่ใช้เป็นเยื่อใยสั้นยูคาลิปตัสที่ผ่านการฟอกขาว ลักษณะเป็นเยื่อแผ่นสีขาว มีความชื้นประมาณร้อยละ 10 ± 2 นำแผ่นเยื่อมาฉีกให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ให้ได้ 360 กรัม (แห้ง) จากนั้นแช่เยื่อในน้ำ 5 ลิตร เป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง ก่อนนำไปบดเยื่อด้วยเครื่องบดเยื่อ (valley beater) ดังภาพที่ 3-1 โดยใช้วิธีตามมาตรฐาน TAPPI T 200 sp-01 โดยเริ่มจากเติมน้ำในเครื่องบดเยื่อ 23 ลิตร และเปิดเครื่อง ลูกเหล็กบดเยื่อจะหมุน จากนั้นค่อย ๆ ใส่เยื่อที่แช่น้ำลงไป เพื่อป้องกันไม่ให้เยื่อไปติดที่ลูกเหล็กมากเกินไปแล้วจะหมุนไม่ได้ เมื่อแผ่นเยื่อถูกตีกระจายจนเส้นใยแยกจากกันหมดแล้วจึงใส่ลูกตุ้มน้ำหนัก แล้วจึงเริ่มจับเวลาการบดเยื่อ ในระหว่างการบดเยื่อจะทำการวัดค่าการระบายน้ำไปด้วย เมื่อได้ค่าการระบายน้ำที่กำหนดแล้วจึงปิดเครื่อง ความเข้มข้นของน้ำเยื่อในเครื่องบดเยื่อ ประมาณร้อยละ 1.57 ± 0.04 การบดเยื่อในการทดลองนี้จะบดให้ได้ค่าการระบายน้ำ (freeness) ประมาณ 300-350 มิลลิลิตร และทำการวัดอุณหภูมิของน้ำขณะนั้นด้วย จดบันทึกเพื่อนำไปคำนวณหาค่าการระบายน้ำที่แท้จริง โดยใช้วิธีตามมาตรฐาน TAPPI T 227 om-99



ภาพที่ 3-1 เครื่องบดเยื่อ (valley beater)

3.3.1.2 การแยกขนาดกากมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องแยกความยาวของเส้นใย (Bauer McNett Classifier)

กากมันสำปะหลังที่ใช้ในขั้นตอนนี้จะมีทั้ง ชนิดที่เป็นกากหยาบและกากอ่อน ซึ่งได้จากการสกัดแป้งมันสำปะหลัง มีความชื้นประมาณร้อยละ 85 กากมันสำปะหลังจะมีทั้งเศษเปลือกของหัวมัน ส่วนของเส้นใย และแป้งมันสำปะหลัง ลักษณะของกากหยาบแตกต่างจากกากอ่อน คือ มีเส้นใยเป็นเส้นใหญ่กว่าและหยาบกว่ากากอ่อน แต่มีปริมาณแป้งที่เหลือในกากมันสำปะหลังน้อยกว่ากากอ่อน และในกระบวนการผลิตจะให้ปริมาณกากมันสำปะหลังชนิดหยาบออกมามากกว่ากากอ่อน ในการทดลองภาวะการเตรียมกาก แบ่งออกเป็น 8 ภาวะ ดังแสดงในภาพที่ 3-2 และตารางที่ 3-1



ภาพที่ 3-2 แผนภาพแสดงภาวะต่าง ๆ ของการเตรียมกากมันสำปะหลัง

ตารางที่ 3-1 ภาวะต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองแยกความยาวเส้นใยด้วยเครื่องแยกความยาวเส้นใย (Bauer McNett Classifier)

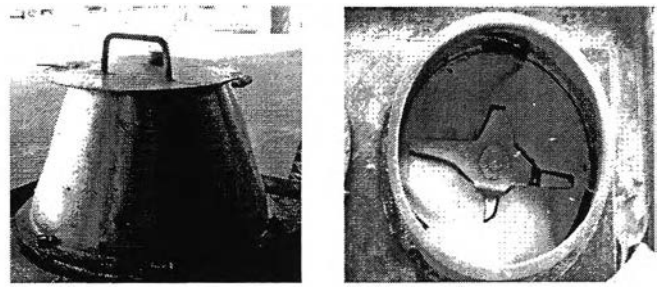
ภาวะ	ชนิดของกาก	การทำแห้ง ครั้งที่ 1	การตีกาก/ บดกาก	การทำแห้ง ครั้งที่ 2	สัญลักษณ์
1	C	-	-	-	C
2	C	-	B	-	C-B
3	C	OD	-	-	C-OD
4	C	AD	R	-	C-AD-R
5	F	-	-	-	F
6	F	-	B	-	F-B
7	F	AD	R	-	F-AD-R
8	C	-	B	OD	C-B-OD

หมายเหตุ C = กากหยาบ, F = กากอ่อน, OD = อบแห้ง (เตาอบ), AD = ตากแห้ง, B = ตีกาก, R = บดกาก

- การบดกาก จะต้องทำให้กากมันสำปะหลังแห้งก่อนโดยการตากแห้ง (ตากแดด) เป็นเวลาประมาณ 3 วัน ให้มีความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 10 ± 2 แล้วจึงนำไปบดด้วยเครื่องบดกาก

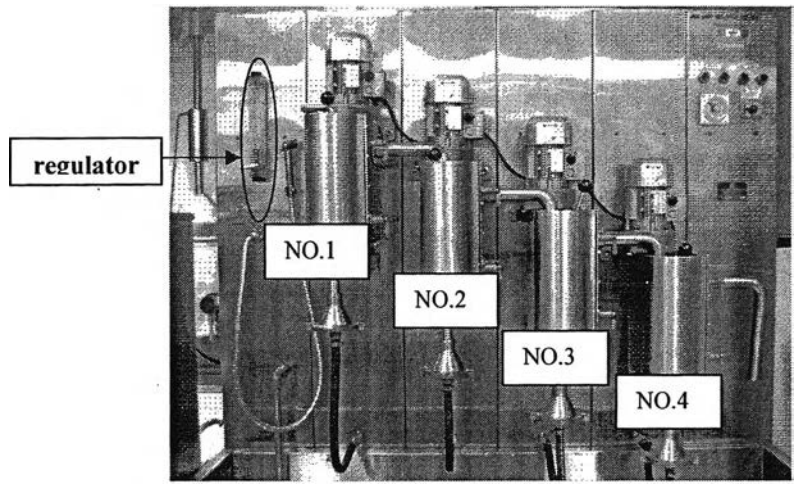
- การตีกากจะใช้เครื่องตีกาก ดังภาพที่ 3-3 โดยใช้ความเร็วรอบ 3000 rpm เป็นเวลา 5 นาที

- การอบแห้งจะอบกากมันสำปะหลังด้วยตู้อบ โดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 10 ± 2



ภาพที่ 3-3 เครื่องมือที่ใช้ในการตีกาก

นำกากมันสำปะหลังที่เตรียมได้จากแต่ละภาวะไปแยกความยาวเส้นใยด้วยเครื่องแยกความยาวเส้นใย ดังแสดงในภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 เครื่องแยกความยาวของเส้นใย (Bauer McNett Classifier)

จากภาพที่ 3-4 เครื่องแยกความยาวของเส้นใย แบ่งออกเป็น 4 unit แต่ละ unit มีตะแกรงที่มีขนาดของรูเปิดแตกต่างกันดังนี้ Unit no.1 = 30 mesh (ขนาดรูเปิด เท่ากับ 0.595 มิลลิเมตร), Unit no.2 = 50 mesh (ขนาดรูเปิด เท่ากับ 0.297 มิลลิเมตร), Unit no. 3 = 100 mesh (ขนาดรูเปิด เท่ากับ0.149 มิลลิเมตร) และ Unit no.4 = 200 mesh (ขนาดรูเปิด เท่ากับ 0.074 มิลลิเมตร)

ขั้นตอนการแยกความยาวเส้นใย โดยใช้วิธีตามมาตรฐาน TAPPI T 233 cm-95 เริ่มจากเปิดน้ำ น้ำจะเข้าสู่ Unit no.1 ก่อน เมื่อน้ำถึงระดับของช่องเปิด จะมีท่อต่อไปที่ Unit no.2, Unit no. 3 และ Unit no.4 ตามลำดับ จนน้ำไหลออกจาก Unit no.4 จะเป็นน้ำไหลทิ้งออกมา หลังจากนั้นจึงเปิดเครื่องให้มอเตอร์ทำงาน ทำให้ระบบน้ำเกิดความปั่นป่วน จากนั้นจึงใส่เยื่อลงไป 10 กรัมแห้ง ลงใน Unit no.1 ปรับอัตราการไหลของน้ำให้เป็น 11 ลิตรต่อนาที และกำหนดเวลาไว้ที่ 20 นาที ทำให้เยื่อที่ใส่ลงไปถูกระบบน้ำวนไปมาเรื่อย ๆ ดังนั้นเยื่อที่มีขนาดเล็กกว่า 30 mesh ก็จะไหลลงไปที่ Unit no.2, Unit no. 3 และ Unit no.4 ต่อไป เมื่อเครื่องทำงานจนครบกำหนดเวลา จึงเอาน้ำออกจากถังทุก unit โดยระบบจะทำการดึงน้ำออกอย่างรวดเร็ว เยื่อก็จะถูกดึงไปกองอยู่ที่ท่อเปิดของแต่ละ unit ซึ่งแต่ละท่อจะมีแผ่นตะแกรงรองอยู่ เพื่อไม่ให้เยื่อไหลไปกับน้ำ จากนั้นจึงนำเยื่อแต่ละ unit มาใช้ต่อไป

3.3.1.2.1 การเตรียมน้ำเยื่อและขึ้นแผ่นทดสอบ

นำเยื่อที่แยกความยาวเส้นใยได้จากแต่ละ unit ไปผสมกับเยื่อใยสั้นที่เตรียมไว้ เพื่อขึ้นเป็นแผ่นกระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐาน 75 กรัมต่อตารางเมตร โดยผสมในสัดส่วนต่าง ๆ ดังนี้ คือ เยื่อใยสั้น : กากมันสำปะหลัง เท่ากับ 100 : 0, 95 : 5, 90 : 10, 85 : 15, 80 : 20 และ 75 : 25 แล้วจึงนำไปทดสอบความแข็งแรงของกระดาษ ได้แก่ ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง (tensile strength) และค่าความแข็งแรงต่อแรงฉีก (tear strength) ตามมาตรฐาน TAPPI T 494 om-01 และมาตรฐาน TAPPI T 414 om-98 ตามลำดับ

การขึ้นแผ่นกระดาษทดสอบเพื่อนำไปทดสอบ จะทำตามมาตรฐาน ISO 5269-2 ด้วยเครื่อง Rapid – Köthen sheet former ความเข้มข้นของน้ำเยื่อที่ใช้ คือ 0.3% ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระดาษ เท่ากับ 20 เซนติเมตร

3.3.1.3 การแยกขนาดกากมันสำปะหลังโดยใช้โดยใช้ตะแกรงร่อนแยกขนาด (test sieve)

จากการทดลองใช้เครื่องแยกความยาวเส้นใยในขั้นที่ 3.3.1.2 ทำให้ทราบขนาดเส้นใยของกากมันสำปะหลังส่วนใหญ่ แต่เนื่องจากเครื่องแยกความยาวเส้นใยสามารถแยกกากมันสำปะหลังได้เพียงครั้งละ 10 กรัม ตามมาตรฐาน TAPPI T 233 cm-95 ซึ่งจะเปลืองน้ำและใช้เวลานานกว่าจะได้ปริมาณที่ต้องการ

ดังนั้นจึงเลือกใช้ตะแกรงร่อนแยกขนาด (test sieve) ดังภาพที่ 3-5 แทน โดยเลือกตะแกรงร่อนที่มีขนาดเหมาะสมที่สุดเพียงขนาดเดียว คือ ขนาด 25 เมช (ขนาดรูเปิด เท่ากับ 0.71 มิลลิเมตร) ซึ่งสามารถแยกขนาดของกากมันสำปะหลังออกเป็น 2 ส่วน ได้อย่างชัดเจน คือ

- ส่วนด้านบนตะแกรง เป็นส่วนของกากมันสำปะหลังที่ใหญ่กว่าขนาด 25 เมช เส้นใยบางส่วนจึงไม่สามารถลอดผ่านตะแกรงลงมาได้

- ส่วนด้านล่างตะแกรง เป็นส่วนของกากมันสำปะหลังส่วนที่มีขนาดเล็กกว่าขนาด 25 เมช ทำให้เส้นใยและแป้งสามารถลอดผ่านตะแกรงได้มากกว่า

ภาพที่ 3-5 ตะแกรงร่อนแยกขนาด (test sieve)

ตะแกรงที่เลือกใช้นี้ (ขนาด 25 เมช) มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดตะแกรงของเครื่องแยกความยาวเส้นใย (Bauer McNett Classifier) ที่แยกแล้วได้สัดส่วนที่มากที่สุด อีกทั้งยังสามารถแยกขนาดได้ครั้งละมาก ๆ และมีความคุ้มทุนกว่าในทางอุตสาหกรรม และเนื่องจากกากอ่อนมีการผลิตน้อยกว่ากากหยาบ ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงเลือกศึกษากากหยาบเพียงอย่างเดียว โดยในการแยกขนาดของกากมันสำปะหลัง จะแบ่งออกเป็น 10 ภาวะ ดังแสดงในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ภาวะต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองแยกขนาดกากมันสำปะหลังโดยใช้โดยใช้ตะแกรงร่อนแยกขนาด (test sieve)

ภาวะ	สัญลักษณ์	ภาวะ	สัญลักษณ์
1	AD	6	L-OD
2	OD	7	B-U-AD
3	U-AD	8	B-U-OD
4	U-OD	9	B-L-AD
5	L-AD	10	B-L-OD

หมายเหตุ B = ตีกาก, OD = อบแห้ง (เตาอบ), AD = ตากแห้ง, U = ค้างอยู่บนตะแกรง, L = ลอดผ่านล่างตะแกรง

จากตารางที่ 3-2 กากหยาบจะถูกเตรียมให้มีภาวะต่างกัน โดยแบ่งกากมันสำปะหลังเป็น 3 ส่วน ดังนี้

- ส่วนที่หนึ่งจะนำไปทำให้แห้ง (ตากแห้ง หรือ อบแห้ง) เพื่อเตรียมไปผสมกับเยื่อใยสั้นสำหรับขึ้นแผ่นต่อไป (ภาวะที่ 1 และ 2)

- ส่วนที่สอง นำกากมันสำปะหลังเปียกไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 25 เมช ทำให้แบ่งออกเป็น 2 ขนาดที่แตกต่างกันชัดเจน จากนั้นจึงทำให้แห้งเช่นกัน (ภาวะที่ 3 - 6)

- ส่วนที่สาม จะนำกากมันสำปะหลังไปตีกากก่อน แล้วจึงนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 25 เมช จากนั้นจึงทำให้แห้ง (ภาวะที่ 7 - 10)

การตีกาก จะนำกากมันสำปะหลังเปียกไปตีด้วยเครื่องตีกาก ใช้ความเร็วรอบ 3000 rpm เป็นเวลา 5 นาที เช่นเดียวกับข้อ 3.3.1.2

การร่อนกากมันสำปะหลังโดยใช้ตะแกรง จะร่อนผ่านน้ำ โดยให้ในตะแกรงมีน้ำประมาณครึ่งหนึ่งของตะแกรง จะทำให้ร่อนกากมันสำปะหลังออกมาได้มากกว่าและรวดเร็วกว่า

การอบแห้ง นำกากมันสำปะหลังอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ด้วยเตาอบ (hot air oven) ให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 12 ใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ส่วนการตากแห้งจะตากที่อุณหภูมิห้อง ให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 12 เช่นกัน แต่ใช้เวลาประมาณ 2 – 3 วัน

3.3.1.3.1 การเตรียมน้ำเยื่อและขึ้นแผ่นทดสอบ

นำกากมันสำปะหลังในแต่ละภาวะผสมกับเยื่อใยสั้นที่เตรียมไว้ เพื่อขึ้นเป็นแผ่นกระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐาน 75 กรัมต่อตารางเมตร ในสัดส่วนต่าง ๆ ดังนี้ คือ เยื่อใยสั้น : กากมันสำปะหลัง เท่ากับ 100 : 0, 95 : 5, 90 : 10 และ 85 : 15 แล้วนำไปทดสอบความแข็งแรงของกระดาษ ได้แก่ ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง (tensile strength) และค่าความแข็งแรงต่อแรงฉีก (tear strength) ตามมาตรฐาน TAPPI T 494 om-01 และมาตรฐาน TAPPI T 414 om-98 ตามลำดับ

3.3.2 ปรับปรุงเส้นใยกากมันสำปะหลังให้เหมาะสมและศึกษาสมบัติสัณฐาน-วิทยาและองค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลัง

จากการทดสอบความแข็งแรงในข้อ 3.3.1.3 จึงได้เลือกภาวะที่ดีที่สุด และเลือกเอาส่วนที่ค้างอยู่บนตะแกรง (ขนาดใหญ่กว่า 25 เมช) มาศึกษาต่อในขั้นตอนนี้ เนื่องจากมีส่วนของเส้นใยยาว ๆ มากกว่า และมีปริมาณแป้งที่เหลืออยู่ในกากน้อยกว่า

ในขั้นตอนนี้ได้ทดลองปรับปรุงสมบัติเส้นใยกากมันสำปะหลังเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน รวมทั้งทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา (morphology) และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (chemical analysis) ของเส้นใยกากมันสำปะหลัง ดังนี้

3.3.2.1 การปรับปรุงเส้นใยกากมันสำปะหลัง

ทดลองปรับสภาพสภาพเส้นใยกากมันสำปะหลังด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยจะศึกษาเพื่อเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการต้มกากมันสำปะหลังและระดับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการต้มกากมันสำปะหลัง

3.3.2.1.1 ทดลองต้มที่อุณหภูมิ 3 ระดับ เพื่อเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสม

ต้มกากมันสำปะหลังด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิต่างกัน 3 ระดับได้แก่ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากันคือ ร้อยละ 5 ของน้ำหนักกากมันสำปะหลังที่ใช้ จากนั้นนำไปผสมกับเยื่อรีไซเคิลในสัดส่วน เยื่อรีไซเคิล : กากมันสำปะหลัง เท่ากับ 100 : 0 และ 95 : 5 แล้วจึงนำไปทดสอบความแข็งแรงของกระดาษได้แก่ ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง (tensile strength) และค่าความแข็งแรงต่อแรงฉีก (tear strength) ตามมาตรฐาน TAPPI T 494 om-01 และตามมาตรฐาน TAPPI T 414 om-98 ตามลำดับ และเลือกภาวะที่ให้ค่าความแข็งแรงที่มากที่สุดไปใช้ในขั้นต่อไป

3.3.2.1.2 ศึกษาการต้มกากมันสำปะหลังด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

นำกากมันสำปะหลังต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้อุณหภูมิที่ให้ค่าความแข็งแรงของกระดาษดีที่สุดจากข้อ 3.3.2.3.1 และใช้กากมันสำปะหลัง 200 กรัม การต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะต้มที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 5, 10 ,15, 20 และ 25 ของน้ำหนักกากมันสำปะหลังที่ใช้ในการต้ม

3.3.2.2 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นใยกากมันสำปะหลัง โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นใย จะวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างผิวภายนอก ความหนาของผนังของเส้นใย ขนาดของเส้นใย ความยาวของเส้นใย และดูการเชื่อมกันของเส้นใยกากมันสำปะหลังกับเยื่อรีไซเคิล หลังจากขึ้นเป็นแผ่นกระดาษทดสอบแล้ว และศึกษาเส้นใยกากมันสำปะหลัง หลังต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

3.3.2.3 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยกากมันสำปะหลัง

วิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยกากมันสำปะหลังอบแห้งก่อนทำการปรับสภาพเส้นใย และหลังปรับสภาพเส้นใยโดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 15 ได้แก่ ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณลิกนินที่มีอยู่ในกากมันสำปะหลัง โดยทำตามมาตรฐาน ดังนี้คือ

- อัลฟาเซลลูโลส เบต้าเซลลูโลส และแกมมาเซลลูโลส ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T203 om-88
- ลิกนิน ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T222 om-88
- โฮโลเซลลูโลส ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI section

3.3.3 ผลิตกระดาษลอนลูกฟูกจากเยื่อรีไซเคิลผสมกับกากมันสำปะหลัง

ขั้นตอนนี้เป็นการผลิตกระดาษลอนลูกฟูก โดยใช้เยื่อรีไซเคิลผสมกับเส้นใยกากมันสำปะหลังจากภาวะต่าง ๆ ที่จะนำมาเปรียบเทียบกัน โดยผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อขึ้นแผ่นกระดาษทดสอบ และทดสอบความแข็งแรงของกระดาษลอนลูกฟูก

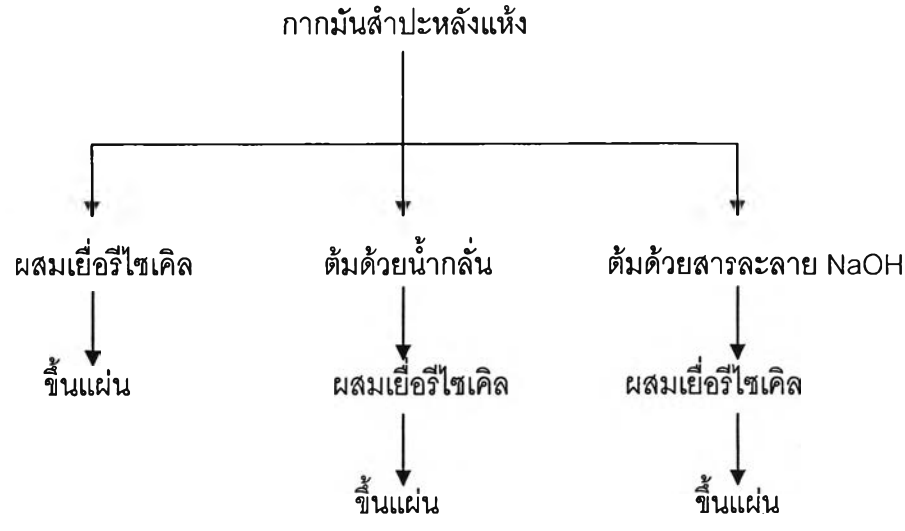
3.3.3.1 การเตรียมเยื่อรีไซเคิล (recycled pulp)

เยื่อรีไซเคิลที่นำมาทดลอง เป็นกระดาษกล่องลูกฟูกแบบหน้าเดียว (single face) มีลักษณะเป็นแผ่นแบนขนาดใหญ่ ไม่พิมพ์ลายและยังไม่ผ่านการใช้งาน มีความชื้นประมาณร้อยละ 10 ±2 นำแผ่นเยื่อมาฉีกให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ให้ได้ 360 กรัมแห้ง จากนั้นแช่เยื่อในน้ำ 5 ลิตร เป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง ก่อนนำไปบดเยื่อด้วยเครื่องบดเยื่อ (valley beater) เช่นเดียวกับการ

เตรียมเยื่อบริสุทธิ์ จากข้อ 3.3.1.1 โดยใช้วิธีตามมาตรฐาน TAPPI T 200 sp-01 การบดเยื่อจะบดให้ได้ค่าการระบายน้ำ (freeness) ประมาณ 300-350 มิลลิลิตร และวัดอุณหภูมิของน้ำขณะนั้นและจดบันทึกเพื่อนำไปคำนวณหาค่าการระบายน้ำที่แท้จริง โดยใช้วิธีตามมาตรฐาน TAPPI T 227 om-99

3.3.3.2 การเตรียมน้ำเยื่อ

นำเยื่อรีไซเคิลผสมกับเส้นใยกากมันสำปะหลังที่ผ่านการปรับสภาพเส้นใยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทั้ง 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 5, 10 ,15, 20 และ 25 เปรียบเทียบกับใช้เยื่อรีไซเคิลผสมกับเส้นใยกากมันสำปะหลังแห้งที่ไม่ได้ผ่านการปรับสภาพเส้นใย รวมทั้งเส้นใยกากมันสำปะหลังที่ต้มด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในสัดส่วน เยื่อรีไซเคิล : กากมันสำปะหลัง เท่ากับ 100 : 0, 95 : 5 และ 90 : 10 จากนั้นนำไปขึ้นเป็นแผ่นกระดาษทดสอบที่มีน้ำหนักมาตรฐาน 125 กรัมต่อตารางเมตร และทดสอบความแข็งแรงของกระดาษลอนลูกฟูก ได้แก่ ความแข็งแรงต่อแรงดึง (tensile strength) ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T 494 om-01 ความแข็งแรงต่อแรงฉีก (tear strength) ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T 414 om-98 ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ (burst strength) ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T 403 om-97 และความต้านทานแรงกดลอนลูกฟูกของกระดาษทำลูกฟูก (flat crush of corrugating medium (CMT test)) ทดสอบตามมาตรฐาน TAPPI T 809 om-99



ภาพที่ 3-6 แผนภาพแสดงภาวะการเตรียมน้ำเยื่อที่ใช้ในการทดลองนี้

I 27584732

3.3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ two-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ one-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95