

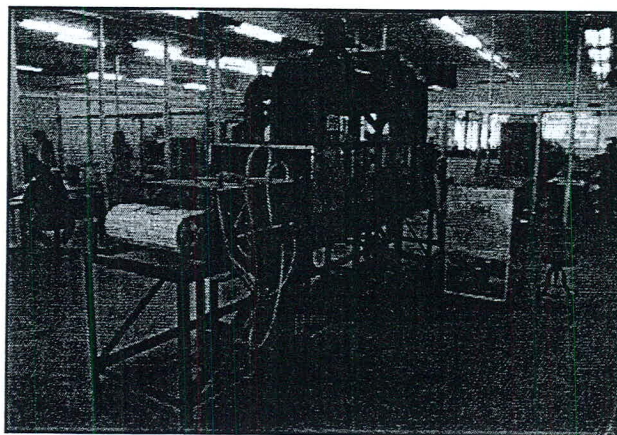
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

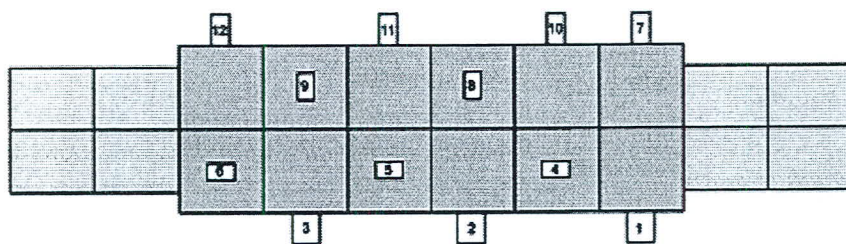
3.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

3.1.1 เตาไมโครเวฟชนิดป้อนคลื่นหลายตำแหน่งที่ไม่สมมาตรร่วมกับระบบลมร้อนและสายพานลำเลียงอย่างต่อเนื่อง (A Combined Unsymmetrical Multi-Feed Microwave and Hot Air-Continuous Belt System.) (ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช, 2551)

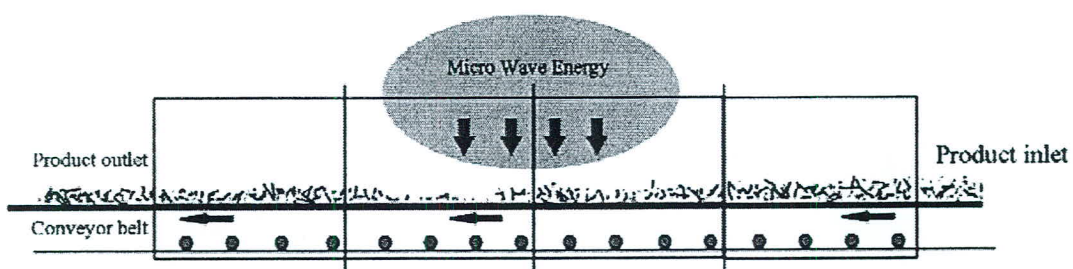
การอบแห้งในงานวิจัยนี้ทำการทดลองโดยใช้ชนิดป้อนคลื่นหลายตำแหน่งที่ไม่สมมาตรร่วมกับระบบลมร้อนและสายพานลำเลียงอย่างต่อเนื่อง (ภาพที่ 3.1) เตาอบนี้มีความถี่ที่ใช้งานเท่ากับ 2.45 GHz เท่ากับเตาอบไมโครเวฟโดยทั่วไป แต่มีแมกนีตรอนที่ใช้กำเนิดคลื่นทั้งหมดจำนวน 12 ตัว ถูกติดตั้งไว้รอบ ๆ อุโมงค์รูปหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดหน้าตัด $0.45\text{ m} \times 0.90\text{ m}$ มีความยาวอุโมงค์ 3 m ภายในระบบมีสายพานลำเลียงซึ่งเป็นชั้นทดสอบที่ไม่ถูกคลื่นเคลื่อนที่ ใช้เคลื่อนย้ายวัสดุที่นำมาผ่านกระบวนการให้ได้รับคลื่นไมโครเวฟอย่างต่อเนื่อง ซึ่งชั้นทดสอบจะได้รับคลื่นอย่างทั่วถึงและมีระยะเวลาในการรับคลื่นมากหรือน้อยได้ตามความต้องการ โดยปรับความเร็วของสายพาน รวมทั้งสามารถควบคุมทิศทางการจ่ายคลื่นลงบนชั้นทดสอบได้โดยการควบคุมตำแหน่งการเปิด-ปิดของแมกนีตรอนทั้ง 12 ตัว เมื่อวัสดุทดสอบผ่านเข้ามาในเตาอบบนสายพานลำเลียงความชื้นที่ระเหยออกจากชิ้นงานจะถูกดูดออกจากระบบโดยระบบลมร้อนและวัสดุจะถูกส่งออกไปอีกด้านหนึ่งของเตาอบเพื่อทำการ ชั่งน้ำหนักและวัดอุณหภูมิด้วยกล้องอินฟราเรด



(ก)



(ก)



(ค)

ภาพที่ 3.1 อุปกรณ์การทดลอง (ศูนย์วิจัย R.C.M.E. ม.ธรรมศาสตร์)

- (ก) เตาไมโครเวฟชนิดป้อนคลื่นหลายตำแหน่งที่ไม่สมมาตรร่วมกับระบบลมร้อนและสายพานลำเลียงอย่างต่อเนื่อง
- (ข) ตำแหน่งติดตั้งแมกนีตรอน
- (ค) ลักษณะทำงานของเตาไมโครเวฟและการลำเลียงขึ้นทดสอบ

3.1.2 เตาอบลมร้อน 100 °C (Hot Air Oven)

เตาอบแบบ hot air oven เป็นเตาอบที่ใช้หลักการพาความร้อนซึ่งสามารถปรับอุณหภูมิภายในเตาได้ตั้งแต่ 0 °C - 200 °C โดยการทดลองนี้ทำการปรับอุณหภูมิไปที่ 100 °C



ภาพที่ 3.2 เตาอบ Hot Air Oven 100°C (ภาควิชาวัสดุและโลหะการ, วิศวกรรมศาสตร์, มทร.ธัญบุรี)

3.1.3 เครื่องมือวัดค่าคุณสมบัติไดอิเล็กตริก (เครื่องเน็ตเวิร์คออนไลน์เซอร์, Network Analyzer)

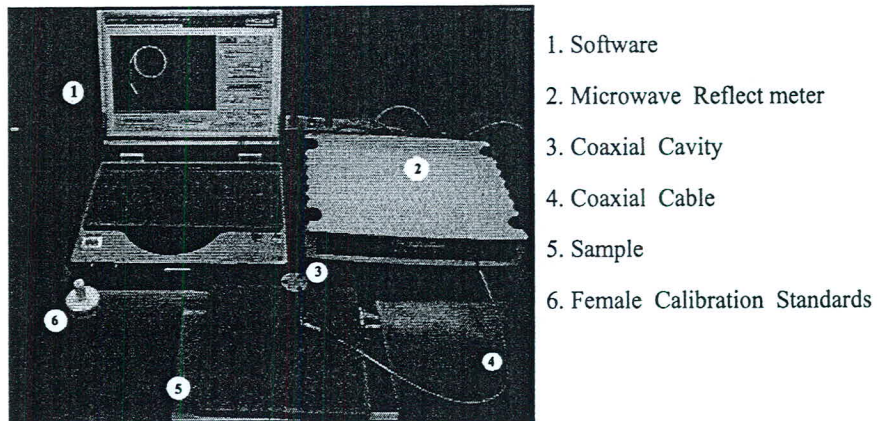
เครื่องเน็ตเวิร์คออนไลน์เซอร์, Network Analyzer ใช้วัดค่าไดอิเล็กตริกของวัสดุ ค่าการส่งผ่านของวัสดุที่มีความซับซ้อน วัดได้ทั้งวัสดุที่สถานะของแข็ง กึ่งของแข็ง และของเหลว โดยอาศัยหลักการกระจายตัวของคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งจะแสดงค่าได้หลายฟังก์ชันเช่น การดูดซับพลังงาน ไมโครเวฟ Loss Factor เป็นต้น การทำงานจะอาศัยซอฟต์แวร์ควบคุมการสะท้อนคลื่นไมโครเวฟ สัมประสิทธิ์การสะท้อนคลื่นที่ซับซ้อนภายในวัสดุทดสอบ เมื่อเก็บข้อมูลจากสัญญาณของความถี่ และแปลงเปลี่ยนเป็นค่าการส่งผ่านและค่าไดอิเล็กตริก ผลที่ได้จากการวัดแสดงได้ทั้งกราฟและข้อมูลเชิงตัวเลข (ศูนย์วิจัย R.C.M.E., ม.ธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต)

ขั้นตอนในการวัดถูกออกแบบให้ใช้ได้อย่างสะดวก และวัดค่าไดอิเล็กตริกของวัสดุได้หลากหลาย การวัดเพียงกดปุ่มให้เครื่องทำงาน การวัดก็จะเริ่มขึ้นโดยอาศัยหลักการสะท้อนของคลื่น ซึ่งจะมีความยืดหยุ่น ความรวดเร็วและความถูกต้อง การวัดค่าไดอิเล็กตริกนี้จะถูกควบคุมโดยซอฟต์แวร์ที่ถูกสอบเทียบความแม่นยำ ซึ่งสามารถวัดค่าไดอิเล็กตริกของวัสดุได้หลากหลายชนิด

วัสดุที่ใช้วัด

- ไม่มีคุณสมบัติแม่เหล็ก
- วัสดุสมมาตรตลอดทั้งชิ้น

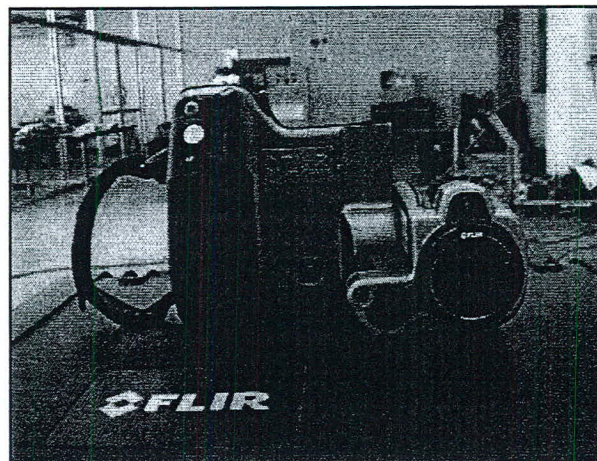
- วัสดุเป็นเนื้อเดียวกัน
- ขนาดของชิ้นงาน
- มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 6.5 cm
 - มีความหนามากกว่า 1 cm



ภาพที่ 3.3 เครื่องเน็ตเวิร์คโคนาไลเซอร์ (PÜSCHNER, GMBH+CO KG, GERMANY)

3.1.4 กล้องถ่ายภาพทางความร้อน (Infrared Camera)

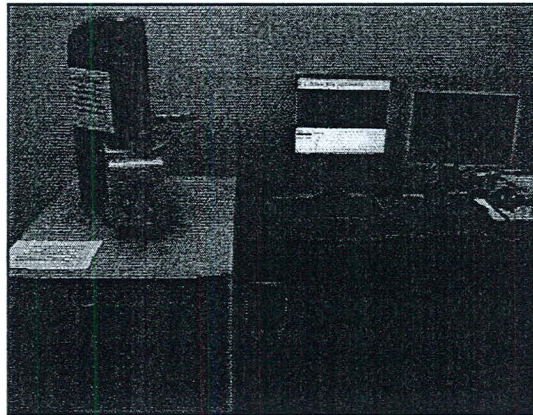
กล้องถ่ายภาพความร้อนหรือกล้องอินฟราเรด ใช้สำหรับถ่ายภาพความร้อน ซึ่งกล้องถ่ายภาพความร้อน สามารถใช้ในการตรวจจับความร้อนภายในชิ้นงานหรือวัสดุทดสอบ เพื่อนำมาวิเคราะห์การเกิดความร้อนภายในวัสดุ (ศูนย์วิจัย R.C.M.E., ม.ธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต)



ภาพที่ 3.4 กล้องถ่ายภาพทางความร้อน (FLIR SYSTEMS AB, SE-18211, SWEDEN)

3.1.5 กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM)

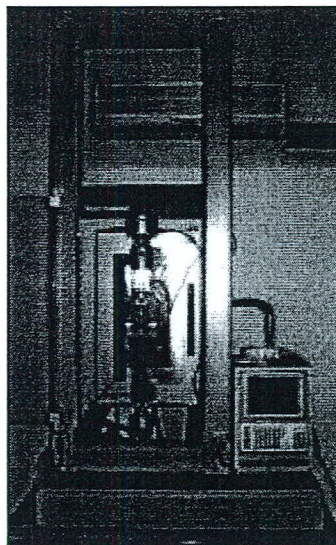
กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจดูโครงสร้างกายภาพของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง ซึ่งมีความละเอียดสูง ภาพโครงสร้างที่ได้จึงง่ายต่อการวิเคราะห์ (ภาควัสดุและโลหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, ม.เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)



ภาพที่ 3.5 กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (JEOL, JSM-6510, Ser.No. MP13110020, JAPAN)

3.1.6 เครื่องทดสอบคุณสมบัติเชิงกล

เครื่องทดสอบคุณสมบัติเชิงกล เป็นเครื่องทดสอบความแข็งแรงของแผ่นขึ้นไม้อัด ซึ่งสามารถตรวจวัดค่าของ Modulus, Stress, Toughness ได้ (กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, กรมป่าไม้)



ภาพที่ 3.6 เครื่องทดสอบคุณสมบัติเชิงกล (TESTOMETRIC, MICO-500, ENGLAND)

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

นำผงเปลือกทุเรียนหมอนทองไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ตามมาตรฐาน TAPPI (The Technical Association of the Pulp and *Paper* Industry) ณ หน่วยงานวิจัยเชื้อและกระดาษ กรมวิทยาศาสตร์บริการ โดยทำเรื่องทดสอบค่าองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

- Ash content
- Alcohol-benzene solubility
- Hot-water solubility
- 1% NaOH solubility
- Lignin (ash corrected)
- Alpha cellulose
- Beta-cellulose
- Gamma cellulose

3.2.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

3.2.1.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำตัวอย่างไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด Wiley mill หลังจากนั้นร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 40 Mesh และ 60 Mesh ตัวอย่างที่ร่อนผ่านตะแกรง 40 Mesh และค้างบนตะแกรง 60 Mesh นี้จะนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีแต่ละชนิด

3.2.1.2 การเตรียมตัวอย่างที่ปราศจากสารแทรก วิเคราะห์ตาม TAPPIT 264 om-88

- ตั้งเครื่องมือ Soxhlet extraction
- สกัดตัวอย่างประมาณ 10 กรัม ซึ่งร่อนผ่านตะแกรงคัดขนาดแล้วด้วยสารละลายผสมของเอทานอล:เบนซีน (1:2 โดยปริมาตร)
- จากนั้นสกัดด้วย 95% เอทานอล เป็นเวลา 6-8 นาที
- กรองผงตัวอย่างด้วย Buchner funnel ล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด จากนั้นเทลงใน บีกเกอร์ขนาด 1,000 มล. และเติม 600 มล. ของน้ำกลั่นต้มให้เดือดเป็นเวลา ประมาณ 1-2 ชม. จากนั้นกรองผงกากมันและทิ้งให้แห้งในอากาศ

- เก็บตัวอย่างในภาชนะปิด หาค่าปริมาณความชื้น และนำตัวอย่างที่ได้นี้ไปใช้ในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบต่างๆทางเคมี

3.2.1.3 การหาปริมาณเถ้า ตามวิธี TAPPIT 211 om-85

- เเผา crucible เปลาใส่เตาเผาที่อุณหภูมิ 575 ± 25 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เอาออกทิ้งให้เย็นใน desiccators
- ชั่งตัวอย่างที่ปราศจากสารแทรก 3-5 กรัม เอาเข้าเตาเผาที่ 575 ± 25 องศาเซลเซียส นาน 3 ชม. หรือมากกว่านั้น
- ชั่งน้ำหนักคำนวณหา % Ash จาก

$$\text{Ash\%} = \frac{A \times 100}{B} \quad (3.1)$$

เมื่อ A = น้ำหนักของเถ้า (กรัม)

B = น้ำหนักของสารตั้งต้นเมื่อหักความชื้นแล้ว (กรัม)

3.2.1.4 การหาปริมาณเพนโตเซน ตามวิธี TAPPIT 211 om-84

- ชั่งตัวอย่างที่ปราศจากสารแทรก 0.5 กรัม ลงใน Boiling flask ขนาด 500 มล. และเติม 20 กรัมของ NaCl , 100 กรัมของ 3.85 N HCl และ Boiling stone จากนั้นต่อ flask เข้ากับเครื่องมือกลั่นและทำชุดเครื่องหมายของระดับกรดใน flask เติม 250 มล. ของ 3.85 N HCl ลงไปใน Separatory funnel ที่ต่ออยู่เหนือ flask
- ให้ความร้อนและทำให้กรดกลั่นตัวในอัตรา 2.5 มล.ต่อ นาที เก็บส่วนที่กลั่นได้ใน Volumetric flask ขนาด 250 มล. ที่วางใน ice bath
- ในระหว่างการกลั่น รักษาระดับปริมาตรที่ขีดไว้ที่ flask ของ 100 มล.ของกรด โดยการค่อยๆเติมกรด N HCl 25 มล.ทุกๆ 10 นาที กลั่นต่อไปเป็นเวลา 90 ± 5 นาที หรือได้ของเหลวที่กลั่นได้ประมาณรวม 225 ± 10 มล.
- ทำอุณหภูมิของของเหลวที่กลั่นได้ให้ได้ 20 องศาเซลเซียส แล้วเติม 3.85 N HCl ลงไปใน Volumetric flask จนถึงระดับ 250 มล. เขย่า flask แล้วปิเปิด 5 มล. ของ

ของเหลวใส่ลง Volumetric flask ขนาด 50 มล. เติมนormal reagent 25 มล. เขย่า
วาง flask bath ควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส

- หลังจากครบ 60 นาที เติมนormal reagent จนถึงระดับขีดที่ 50 มล. เขย่าและ
เก็บใน water bath อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส อีก 60 นาที และนำของเหลว
ไปวัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่คลื่นความยาว 630 nm.
- อ่านจำนวนมิลลิกรัมของ Xylan ในตัวอย่างจาก calibration graph ที่เตรียมไว้
- คำนวณหา % เพนโตเซน จาก

$$\% \text{ เพนโตเซน} = \frac{A}{10 \times W} \quad (3.2)$$

เมื่อ $A =$ น้ำหนัก xylan ในตัวอย่าง (มก.)

$W =$ น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง (กรัม)

3.2.1.5 การหาปริมาณแอลฟาเซลลูโลส ตามวิธี TAPPIT 203 om-88

- ชั่งตัวอย่างที่ได้จากการวิเคราะห์ % ไฮโดรเซลลูโลสประมาณ 1.5 ± 0.1 กรัม ใน
บีกเกอร์ 400 มล. เติมนormal reagent 17.5 % NaOH ปริมาตร 75 มล. ลงไป ปรับ
อุณหภูมิของสารละลายให้อยู่ 25 ± 2 องศาเซลเซียส
- คนสารละลายด้วยเครื่องกวนจนเนื้อกระจายอย่างสมบูรณ์ แล้วล้างเครื่องด้วย
สารละลาย 17.5% NaOH 25 มล. แล้วแช่ในอ่างควบคุม 25 ± 2 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 30 วินาที
- เติมน้ำกลั่นลงไปอีก 10 มล. คนด้วยแท่งแก้วทิ้งไว้ 30 นาที
- กรองสารละลายด้วย Sinler glar crucible No.3 ล้างเยื่อด้วยน้ำกลั่นและ 10 %
กรดอะซิติกปริมาตร 40 มล. จนเป็นกลาง แล้วนำไปอบแห้งที่ 105 องศา
เซลเซียส ในเตาอบ
- คำนวณ % แอลฟาเซลลูโลส จาก

$$\% \text{ แอลฟาเซลลูโลส} = \frac{\text{น้ำหนักแอลฟาเซลลูโลส} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \quad (3.3)$$

3.2.1.6 การหาปริมาณการละลายในแอลกอฮอล์ – เบนซีนตาม วิธีTAPPI T 204 om-

88

- ชั่งตัวอย่างน้ำหนัก 3 กรัม ใส่ลงใน extraction trimble
- ตวงสารละลายเอทานอลกับเบนซีน (อัตราส่วน 1:2 โดยประมาณ) จำนวน 200 มล. ในขวดก้นกลมขนาด 250 มล.
- จัดชุดสกัด Soxhelt apparatus ควบคุมอุณหภูมิและจุดเดือดของตัวทำละลายใช้เวลาสกัด 4 - 5 ชม.
- นำสารละลายที่ได้มาจากสกัดไประเหยให้เหลือปริมาณ 20-25 มล. ในเครื่อง Rotary evaporation แล้วเทใส่บีกเกอร์ที่รู้น้ำหนักแล้ว จากนั้นนำเข้าไประเหยในเตาอบที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส จนแห้งแล้วนำออกมาใส่ desiccator ชั่งน้ำหนักที่ได้
- ทำ blank โดยการนำตัวทำละลายเอทานอล-เบนซีน 200 มล. ไประเหยให้แห้ง
- คำนวณหา % สารแทรกที่ละลายในตัวทำละลาย

$$\% \text{ สารแทรก} = \left(\frac{W_e - W_b}{W_p} \right) \times 100 \quad (3.4)$$

เมื่อ W_e = over-dry weight of extract, g
 W_p = over-dry weight of wood or pulp, g
 W_b = over-dry weight of blank residue, g

3.2.1.7 การหาปริมาณไฮโดรเชลลูโลส ตามวิธีของ Browning

- ชั่งตัวอย่างที่ปราศจากสารแทรก 2 ± 0.1 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล. เติมน้ำกลั่น 160 มล. , Glacial acetic 10 หยด และ Sodium Chlorite 1.5 กรัม
- นำไปตั้งใน water bath อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชม. เขย่าเบาๆ ทุกๆ 15 นาที แล้วปิดด้วยกระจกนาฬิกา
- ครบ 1 ชม. หยด Glacial acetic 10 หยด และ Sodium Chlorite 1.5 กรัม ทำเช่นนี้เมื่อครบ 2 ชม. และ 3 ชม.

- นำสารที่ได้วางบนช่องน้ำแข็งกรองด้วย Sinter glass crucible No.3 ล้างด้วยน้ำเย็นและ Acetone อบแห้งที่อุณหภูมิ 105 ± 3 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักแล้วเก็บไว้หาแอลฟาเซลลูโลสต่อไปคำนวณ % โฮโลเซลลูโลส จาก

$$\% \text{ Holocellulose} = \frac{B \times 100}{A} \quad (3.5)$$

เมื่อ $A =$ น้ำหนักสารตั้งต้นเมื่อหักความชื้นแล้ว (กรัม)

$B =$ น้ำหนักสารอบแห้งหลังการทดลอง (กรัม)

3.2.1.8 การหาปริมาณการละลายในน้ำร้อน ตามวิธี TAPPI 207 om -88

- ชั่งตัวอย่างแห้งที่อุณหภูมิห้อง 2 กรัม ใส่ขวดก้นกลมขนาด 250 มล.
- เติมน้ำร้อน 100 มล. ลงไป ตั้ง rellux 3 ชม.
- กรองด้วย sinter grass crucible No.3 ล้างด้วยน้ำร้อน ดับแท่งที่ 105 ± 3 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนัก
- คำนวณค่า Hot wat solubility (%) จาก

$$\text{ค่า Hot water solubility (\%)} = \left(\frac{A \times B}{A} \right) \times 100 \quad (3.6)$$

เมื่อ $A =$ น้ำหนักแห้งสารตั้งต้น (กรัม)

$B =$ น้ำหนักแห้งหลังการสกัด (กรัม)

3.2.1.9 การหาปริมาณการละลาย 1% NaOH ตามวิธี TAPPI 212 om -88

- ชั่งตัวอย่างแห้ง 2 กรัม ใส่ใน 100 ± 1 มล. คนให้กระจายตัวดี
- ปิดด้วยกระจกนาฬิกาตั้งบน Water bath อุณหภูมิ 97-100 องศาเซลเซียส นาน 60 นาทีคนสารทุก 5,10,15, และ 20 นาที
- กรองด้วย Sinter grass Crucible No.3 และล้างด้วยน้ำร้อน 100 มล. เติม 25 มล. ของ 10 % กรดอะซิติก ทิ้งไว้ 1 นาที ก่อนกรองออกแล้วล้างกรดออกด้วยน้ำร้อน อบสรให้แห้งที่ 105 ± 3 องศาเซลเซียล ชั่งน้ำหนัก
- คำนวณค่า Hot water solubility (%) จาก

$$1\% \text{ NaOH Solubility (\%)} = \left(\frac{A \times B}{A} \right) \times 100 \quad (3.7)$$

เมื่อ A = น้ำหนักแห้งของสารตั้งต้น (กรัม)

B = น้ำหนักแห้งหลังการสกัด (กรัม)

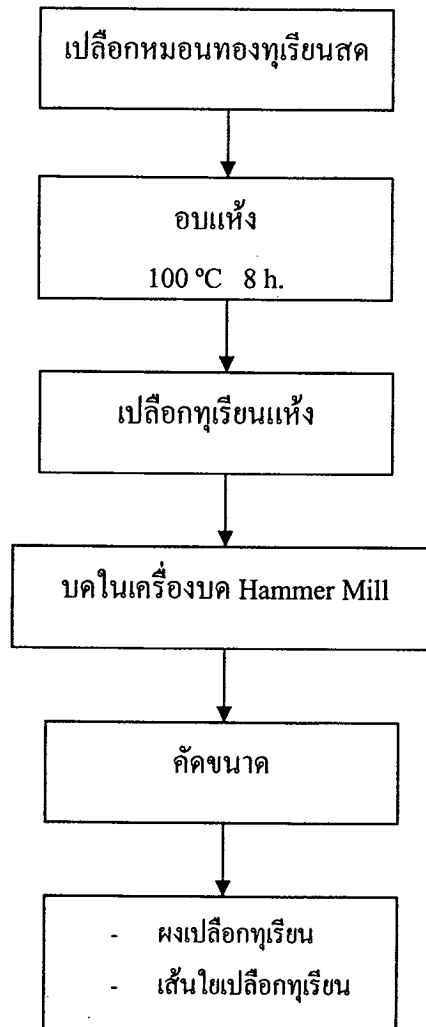
3.2.1.10 การหาปริมาณ Klason ตามวิธี TAPPI 222 om -88

- ชั่งตัวอย่างที่ปราศจากสารแทรก 1 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 10 มล.
- วางบีกเกอร์ลงในอ่างน้ำแข็ง แล้วค่อยๆเติม 72 % H_2SO_4 ที่แช่ไว้ในตู้เย็นลงไป 15 มล. พร้อมคนอย่างสม่ำเสมอทุกๆ 15 นาที เพื่อให้ผสมกันดีขึ้น
- ปิดด้วยกระจกนาฬิกา แล้ววางในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 2 ชม. และคนสารละลายทุกๆ 15 นาที
- เติมน้ำกลั่น 400มล. ขนาด 1,000 มล. เทสารละลายในบีกเกอร์ลงไปพร้อมทั้ง เติมน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มล.
- Reflux นาน 4 ชม. แล้วเทใส่บีกเกอร์ทิ้งไว้ 1 คืน
- กรอง Sinter grass Crucible No.3 อบให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนักสาร
- คำนวณ % ลิกนิน จาก

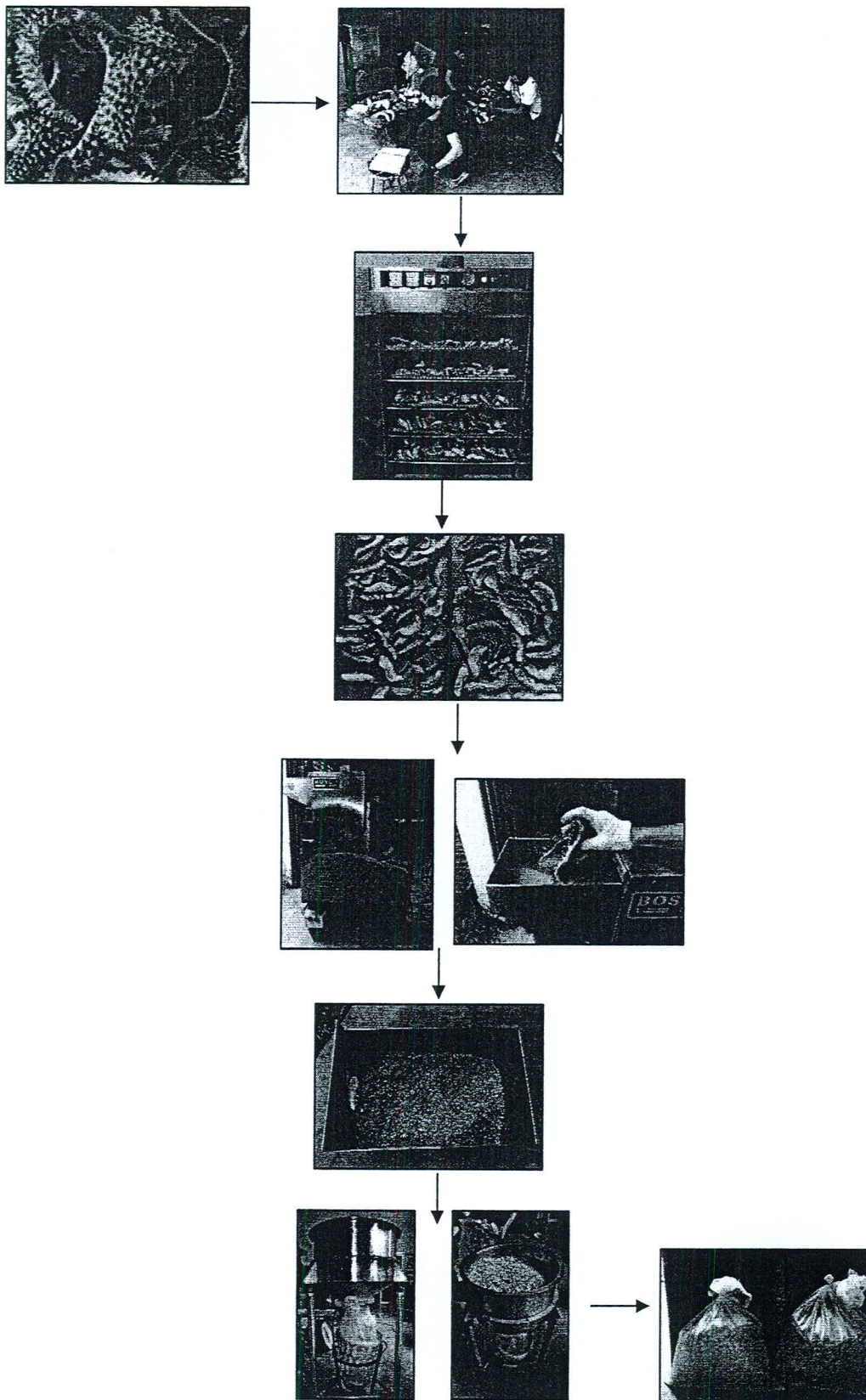
$$\% \text{ ลิกนิน} = \frac{\text{น้ำหนักลิกนิน (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งสารตั้งต้น}} \quad (3.8)$$

3.2.2 ผลิตภัณฑ์ไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง

1. กระบวนการเตรียมวัตถุดิบผงเปลือกทุเรียนหมอนทองและเส้นใยเปลือกทุเรียนหมอนทอง

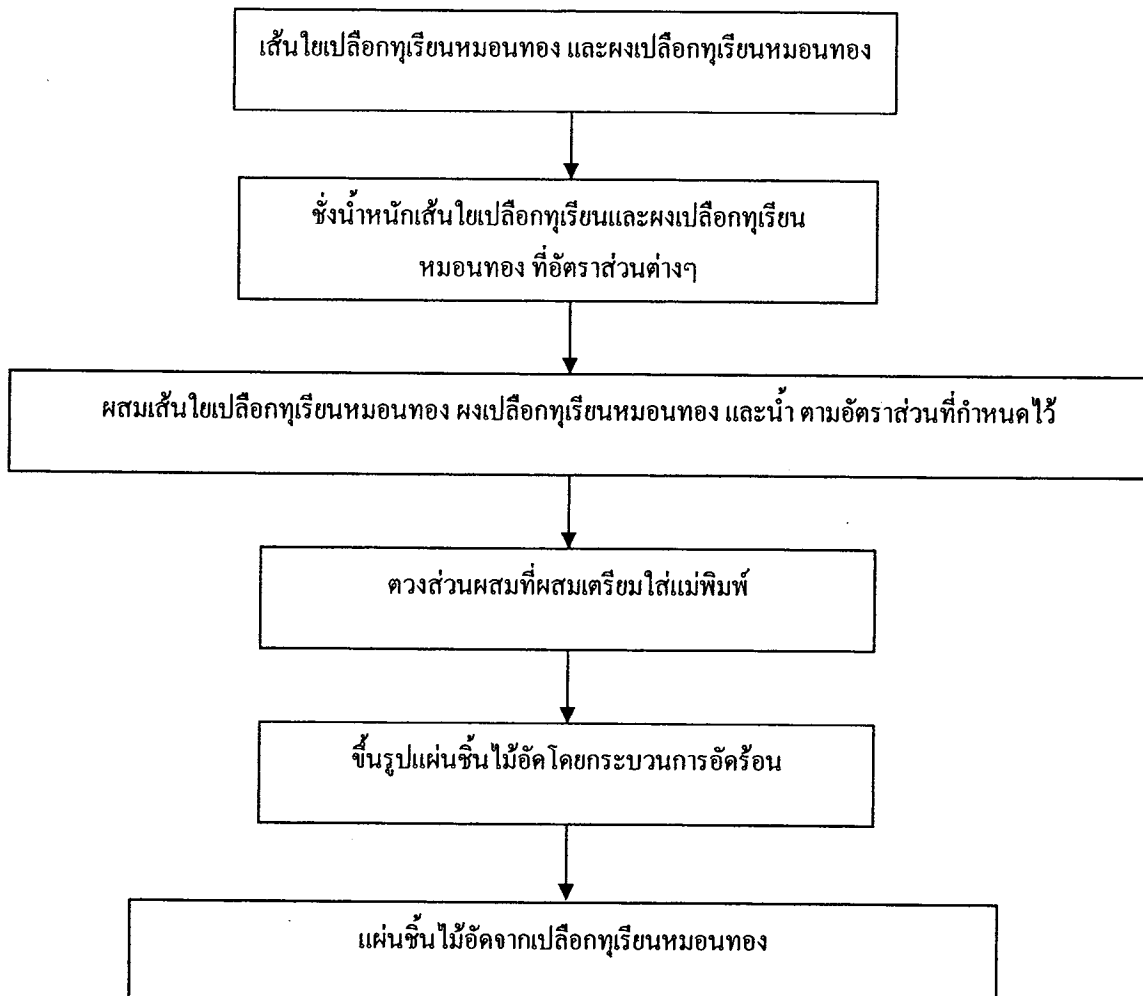


ภาพที่ 3.7 แผนผังกระบวนการเตรียมวัตถุดิบผงเปลือกทุเรียนหมอนทอง และเส้นใยเปลือกทุเรียนหมอนทอง (สโรชา เจริญวัย และคณะ, 2555)

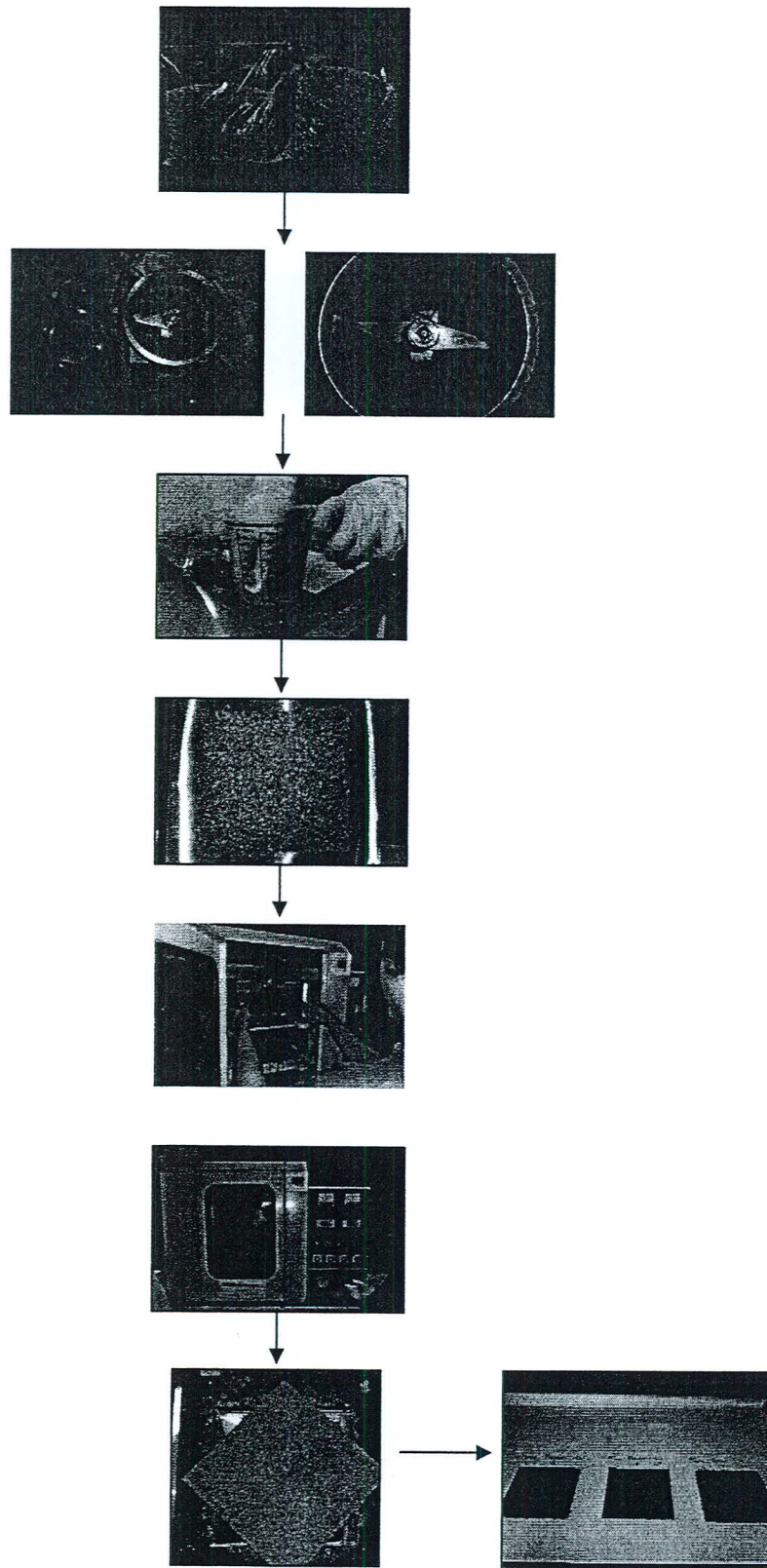


ภาพที่ 3.8 กระบวนการเตรียมผงบพือกทุเรียนและเส้นใยเปลือกทุเรียนหมอนทอง

2. การขึ้นรูปแผ่นขึ้นไม้อัดที่ใช้เปลือกทุเรียนหมอนทอง



ภาพที่ 3.9 แผนผังกระบวนการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง
(สโรชา เจริญวัย และคณะ, 2555)



ภาพที่ 3.10 กระบวนการผลิตแผ่นจีนไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง

3.2.3 อบแห้งแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน โดยสายพานลำเลียงต่อเนื่อง

การอบแห้งแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง ทำการวัดความชื้นเริ่มต้นและทำการวัดค่าไดอิเล็กตริกก่อนการทดลอง จากนั้นทำการทดลองตามเงื่อนไขต่างๆ โดยมีการวัดอุณหภูมิที่ผิวภายนอก ชั่งน้ำหนัก และวัดความชื้นสุดท้ายของเปลือกของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง จากนั้นนำแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองที่ทดลองเสร็จแล้วไปทำการตรวจสอบคุณภาพ ด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และทดสอบสมบัติทางกายภาพ ทางกล และทางความร้อน ซึ่งแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองที่ใช้อบนั้นมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 30 - 40% (Dry Basis) และมีอุณหภูมิ 25°C

การทดลองแบ่งออกเป็น 4 กรณีดังนี้

กรณี 1 ใช้แมกนีตรอนจำนวน 6 ตัว (กำลัง 800 W/ตัว) 4800 W แผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองที่ใช้ในการทดลอง มีส่วนประกอบคือ เส้นใย,ผง และน้ำ แบ่งส่วนผสมออกเป็น 4 สูตร คือ 1:1:1, 1:1:1.5, 2:1:1.5 และ 2:1:2 ตามลำดับ ขนาด (20 cm × 20 cm × 1 cm)

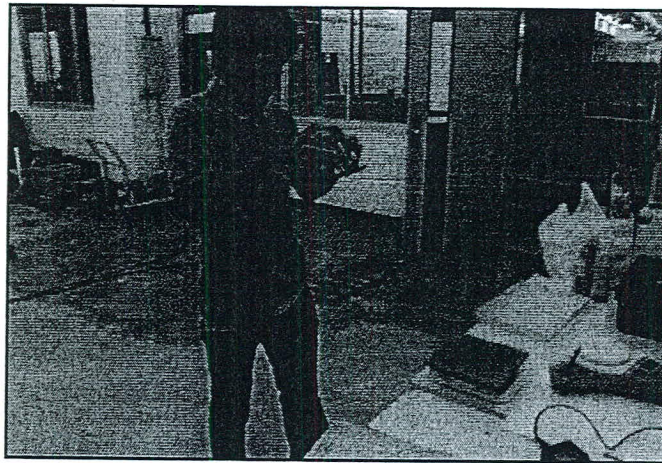
กรณี 2 ใช้แมกนีตรอนจำนวน 3 ตัว (กำลัง 800 W/ตัว) 2400 W อุณหภูมิลมร้อนที่ 40°C แผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองที่ใช้ในการทดลอง มีส่วนประกอบคือ เส้นใย,ผง และน้ำ แบ่งส่วนผสมออกเป็น 4 สูตร คือ 1:1:1, 1:1:1.5, 2:1:1.5 และ 2:1:2 ตามลำดับ ขนาด (20 cm × 20 cm × 1 cm)

กรณี 3 ใช้แมกนีตรอนจำนวน 3 ตัว (กำลัง 800 W/ตัว) 2400 W อุณหภูมิลมร้อนที่ 50°C แผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองที่ใช้ในการทดลอง มีส่วนประกอบคือ เส้นใย,ผง และน้ำ แบ่งส่วนผสมออกเป็น 4 สูตร คือ 1:1:1, 1:1:1.5, 2:1:1.5 และ 2:1:2 ตามลำดับ ขนาด (20 cm × 20 cm × 1 cm)

กรณี 4 ใช้แมกนีตรอนจำนวน 3 ตัว (กำลัง 800 W/ตัว) 2400 W อุณหภูมิลมร้อนที่ 60°C แผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองที่ใช้ในการทดลอง มีส่วนประกอบคือ เส้นใย,ผง และน้ำ แบ่งส่วนผสมออกเป็น 4 สูตร คือ 1:1:1, 1:1:1.5, 2:1:1.5 และ 2:1:2 ตามลำดับ ขนาด (20 cm × 20 cm × 1 cm)

3.2.4 ศึกษาลักษณะภาพถ่ายทางความร้อน (Infrared Thermography) ของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองหลังอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนโดยใช้ระบบสายพานลำเลียงต่อเนื่อง

การถ่ายภาพทางความร้อนของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองเพื่อทำการวิเคราะห์การเกิดความร้อนภายในแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทอง เมื่อทำการทดลองอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนโดยใช้ระบบสายพานลำเลียงต่อเนื่อง ในรอบแรกของการอบแห้ง (เวลาประมาณ 10 min) นำแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพทางความร้อน และถ่ายภาพทางความร้อนในรอบสุดท้ายของการอบแห้ง (ความชื้นแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองเหลือประมาณ 10 - 15%) จัดเก็บบันทึกภาพ นำภาพถ่ายมาวิเคราะห์ผล



ภาพที่ 3.11 การถ่ายภาพทางความร้อน (ศูนย์วิจัย R.C.M.E., ม.ธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต)

3.2.5 ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในกระบวนการอบแห้ง (Specific Energy Consumption in Drying Process)

การวิเคราะห์การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเป็นการประเมินจากการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนโดยใช้ระบบสายพานลำเลียงต่อเนื่อง พิจารณาจากการป้อนพลังงาน ในการอบแห้งที่อุณหภูมิลมป้อน 40 °C, 50°C และ 60°C ความเร็วลม 0.5 m/s กำลังไมโครเวฟ (เปิดแมกนีตรอน 3 ตัว) 2400 W การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) หาได้จากสมการที่ 3.1

$$SEC = \frac{P_{total}}{\text{Amount of water removed during drying}} \left[\frac{kJ}{kg} \right] \quad (3.9)$$

เมื่อ

P_{total} คือ พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการอบแห้ง

$$P_{total} = P_{mg} + P_{heater} + P_{exfan} + P_{cofan} + P_{con} , [kW \times 3600s] \quad (3.10)$$

เมื่อ

P_{mg} คือ พลังงานไฟฟ้าจ่ายใน magnetron

P_{heater} คือ พลังงานไฟฟ้าเครื่องทำความร้อน

P_{exfan} คือ พลังงานไฟฟ้าพัดลมดูดอากาศ

P_{blfan} คือ พลังงานไฟฟ้าพัดลมเป่าลม

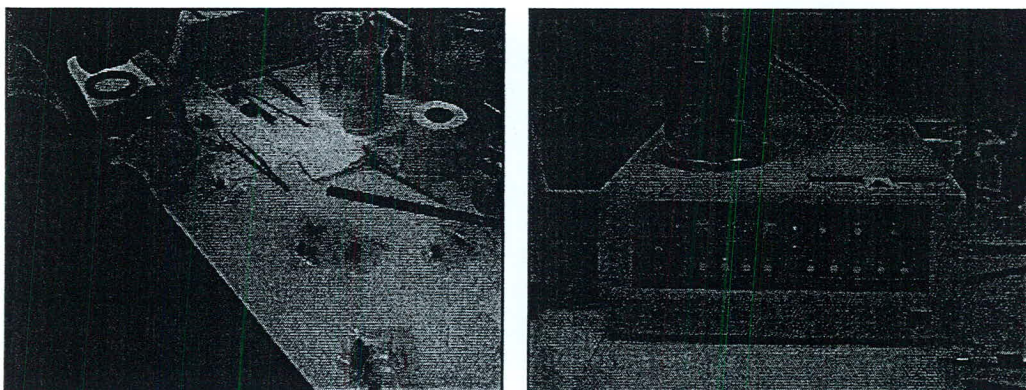
P_{cofan} คือ พลังงานไฟฟ้าพัดลมระบายความร้อน

P_{con} คือ พลังงานไฟฟ้าระบบสายพานลำเลียง

3.2.6 ศึกษาโครงสร้างระดับอิเล็กทรอนิกส์ (Scanning Electron Microscopy, SEM) ของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองหลังอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนโดยใช้ระบบสายพานลำเลียงต่อเนื่อง

- การเตรียมตัวอย่างสำหรับส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

ตัดแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองให้มีขนาด (10 mm × 10 mm) เท้า Stub ติดแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองด้วยกาวหรือเทปสองหน้าตามความเหมาะสม ทำความสะอาดฝุ่นที่ปนเปื้อนด้วยลูกโป่งยาง แล้วนำไปเคลือบผิวด้วยเครื่อง Sputter Coater

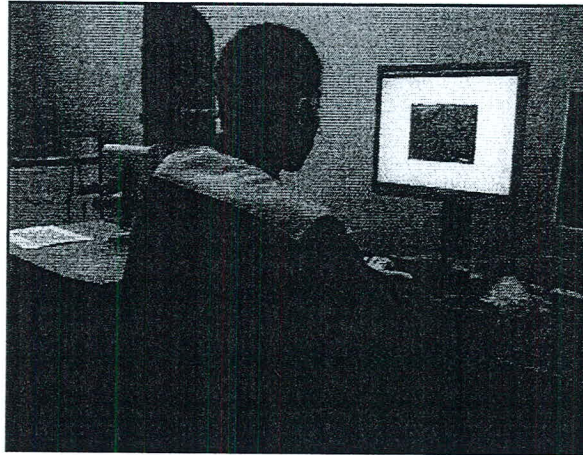


ภาพที่ 3.12 การเตรียมแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองสำหรับส่องกล้องจุลทรรศน์

อิเล็กทรอนิกส์แบบส่องกราด (ภาควิสดุและโลหการ, ม.เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)

- การส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

นำ Stub ที่ติดแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองที่เคลือบผิวด้วยทอง เข้าเครื่องส่อง SEM ปรับกำลังขยาย 30, 100, 500, 1000 และ 1500 เท่า บันทึกภาพที่แสดงผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ จัดเก็บบันทึกภาพ นำภาพมาวิเคราะห์ผล



ภาพที่ 3.13 การส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

(ภาควิสดุและโลหการ, ม.เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)

3.2.7 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางกล และความร้อนของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนหมอนทองหลังอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับความร้อนโดยใช้ระบบสายพานลำเลียงต่อเนื่อง

3.2.7.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ (คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532)

1. ความหนาแน่น (มอก. 876-2532)

- เครื่องมือ

1. เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 g

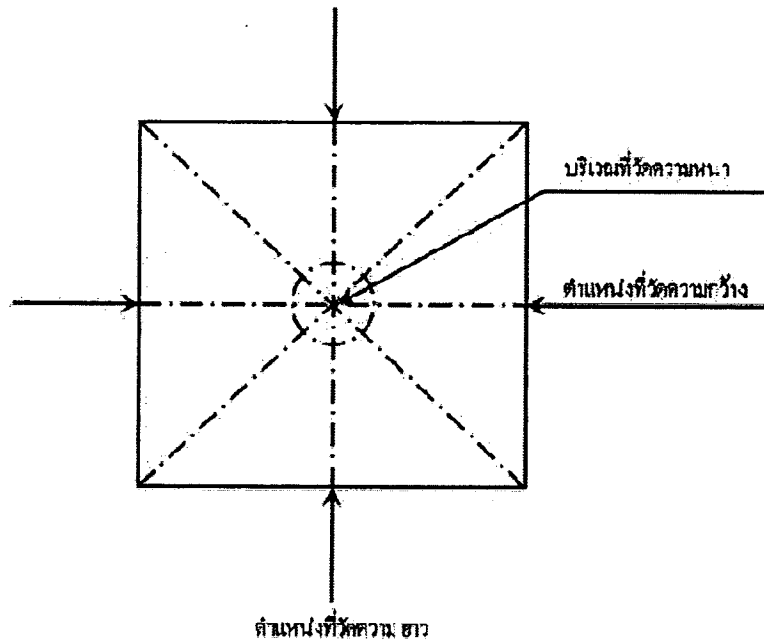
2. ไมโครมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่า ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 mm ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ถึง 20 mm

3. แคลิเปอร์แบบเลื่อน (Sliding Caliper) หรือเครื่องมือวัดอื่นที่เทียบเท่า อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 mm

- วิธีทดสอบ

1. ชั่งชิ้นทดสอบให้ได้มวลที่แน่นอนถึง 0.01 g

2. ใช้เครื่องมือตามข้อ 2 วัดความหนาตรงจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบตามรูปที่ 3.11
3. ใช้เครื่องมือตามข้อ 3 วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบ ตามรูปที่ 3.11 โดยวางเครื่องมือให้ทำมุมกับแนวระนาบของชิ้นทดสอบ ประมาณ 45° ตามรูปที่ 3.12



ภาพที่ 3.14 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ
(คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532)

-วิธีการคำนวณ

หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

$$\text{ความหนาแน่น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร} = \frac{m}{V} \times 10^6 \quad (3.11)$$

เมื่อ m คือ มวลของชิ้นทดสอบ เป็น กรัม

V คือ ปริมาตรของชิ้นทดสอบ เป็น ลูกบาศก์มิลลิเมตร

- การรายงานผล

รายงานผลค่าความหนาแน่นและความหนาแน่นเฉลี่ย

2. การพองตัวตามความหนา (มอก. 876-2532)

- เครื่องมือ

ไมโครมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่า ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 mm ซึ่งมีส่วนของเป็นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 mm ถึง 20 mm

- วิธีทดสอบ

1. ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาตามรูปที่ 3.11 วัดความหนาของชิ้นทดสอบ เป็นความหนา ก่อนแช่น้ำ

2. แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ โดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ฉากกับระดับผิวน้ำ ให้ขอบบนอยู่ใต้ผิวน้ำประมาณ 25 mm แต่ชิ้นต้องห่างจากกัน และต้องห่างจากผนังและก้น ภาชนะที่ใส่น้ำอย่างน้อย 10 mm

3. เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 1 h แล้ว ให้นำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาด แล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระดาษ

4. ปล่อยชิ้นทดสอบไว้อีก 1 h แล้วนำชิ้นทดสอบขึ้นมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม เป็นความหนาหลังแช่น้ำ

- วิธีการคำนวณ

หาค่าการพองตัวตามความหนา จากสูตร

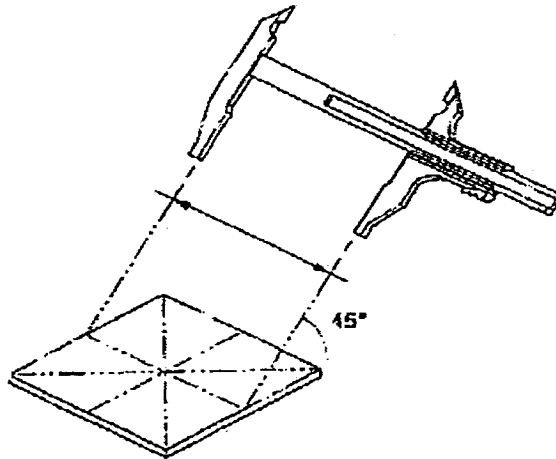
$$\text{การพองตัวตามความหนา ร้อยละ} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \quad (3.12)$$

เมื่อ t_1 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ เป็น mm

t_2 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ เป็น mm

- การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของการพองตัวตามความหนา เป็น ร้อยละ



ภาพที่ 3.15 แสดงวิธีวัดความกว้าง ความยาวของชั้นทดสอบ
(คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532)

3. ปริมาณความชื้น (moisture content) (มอก. 876-2532)

- เครื่องมือ

1. เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 g
2. ตู้อบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ $(103 \pm 2) ^\circ\text{C}$
3. เคชเคเตอร์

- วิธีทดสอบ

1. ชั่งชั้นทดสอบซึ่งผ่านการทดสอบตามข้อ 1 แล้วให้ได้มวลที่แน่นอน ถึง 0.01 g เป็นมวลของชั้นทดสอบก่อนอบ
2. อบชั้นทดสอบในตู้อบที่อุณหภูมิ $(103 \pm 2) ^\circ\text{C}$ จนได้มวลคงที่ คือมวลของชั้นทดสอบเมื่อชั่งครั้งที่เวลาห่างกัน 6 h ต้องไม่แตกต่างกันเกิน 0.1% ของมวลชั้นทดสอบ
3. นำมาใส่ในเคชเคเตอร์ปล่อยให้เย็น
4. ชั่งชั้นทดสอบ เป็นมวลของชั้นทดสอบหลังอบแห้ง

- วิธีการคำนวณ

หาค่าปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น ร้อยละ} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \quad (3.13)$$

เมื่อ m_1 คือ มวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ เป็น g

m_2 คือ มวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง เป็น g

- การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้น

3.2.7.2 ศึกษาสมบัติทางกล (คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532)

1. การทดสอบแรงดึงในแนวตั้งฉากกับพื้นผิว (Internal Bond Strength Test, IB)

(มอก. 876-2532)

- เครื่องมือ

1. เครื่องดึง ซึ่งสามารถใช้แรงดึงเพื่อแยกชิ้นทดสอบออกในเวลาไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s

2. แผ่นดึงซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะที่เหมาะสม ขนาดไม่น้อยกว่า 50 mm × 50 mm ความหนาตามความเหมาะสม

- วิธีทดสอบ

1. ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่ให้แรงยึดระหว่างชิ้นทดสอบกับแผ่นดึงได้มากกว่าแรงยึดตัวในชิ้นทดสอบ

2. นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน ซึ่งปกติจะแยกในชั้นไส้ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาตั้งแต่เริ่มใช้ดึงจนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s (ความเร็วในการดึงประมาณ 2 mm/min)

- วิธีการคำนวณ

หาค่าแรงต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

$$\text{ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เมกะพาสคัล} = \frac{F}{W \times L} \quad (3.14)$$

เมื่อ F คือ แรงดึงสูงสุด เป็น N

W คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็น mm

L คือ ความยาวของชิ้นทดสอบ เป็น mm

- การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของควาต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

3.2.7.3 ศึกษาสมบัติทางความร้อน

นำแผ่นชิ้นไม้อัดหลังจากการอบแห้ง ทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

(Thermal Conductivity, k)