# การคลี่ไม้ไผ่ด้วยไอน้ำเพื่อผลิตไม้ไผ่ประสาน

# FLATTENING BAMBOO CULM WITH STEAMING PRESS FOR LAMINATED BOARD


**วรธรรม อุ่นจิตติชัย**[1] **(WORATHAM OONJITTICHAI)**

**ประเสริฐ วาณิชย์เจริญ**[2] **(PRASERT WANITCHARAEN)**

**ทินกร พิริยโยธา**[2] **(TINNAKORN PIRIYAYOTHA)**

**วรวิทย์ พลทัสสะ**[3] **(WORAWITH PHONTASSA)**

**กำพล ชูปรีดา**[4] **(KUMPON CHOOPREEDA)**


## บทคัดย่อ


โครงการนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการคลี่ไม้ไผ่ให้เป็นแผ่นราบเพื่อผลิตไม้ไผ่ประสาน โดยผ่านกระบวนการนึ่งด้วยไอน้ำโดยใช้เครื่องคาร์บอไนซ์เซชั่น ความหนาของไม้ไผ่ที่ทำการศึกษา ได้แก่ 4 5 และ 6 มิลลิเมตร ใช้อุณหภูมิและระยะเวลาในการนึ่งไอน้ำ คือ 120 และ 160 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปคลี่ให้แบนราบด้วยเครื่องอัดร้อน และประเมินประสิทธิภาพการอัดราบ พบว่า ความหนาของไม้ไผ่ อุณหภูมิและระยะเวลาในการนึ่งด้วยไอน้ำ มีผลต่อการคลี่ไม้ไผ่ โดยไม้ไผ่ที่คลี่ได้แผ่นราบดีที่สุด คือ ที่ความหนาของไม้ไผ่ 4 มิลลิเมตร นึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ที่ความหนาของไม้ไผ่ 5 มิลลิเมตร นึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง รวมทั้งนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ทั้งนี้ เมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้สีของไม้ไผ่เข้มขึ้นด้วย เมื่อนำแผ่นไม้ไผ่ที่ได้จากการคลี่ด้วยไอน้ำและให้ผลการคลี่เป็นแผ่นราบได้ดีเยี่ยม (5 คะแนน) ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลตามมาตรฐาน ISO พบว่า ไม้ไผ่ที่ความหนา 5 มิลลิเมตร ใช้อุณหภูมิในการนึ่ง



[1] ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

[2] นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

[3] นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

[4] ผู้ช่วยนักวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

ไอน้ำ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง มีคุณสมบัติโดยรวมดีที่สุด ค่าที่ได้จากการทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**คำหลัก :** ไม้ไผ่ คลี่ นึ่งไอน้ำ ไม้ไผ่ประสาน

## ABSTRACT

This project to study the efficiency of flattening bamboo culms with steaming press for laminated board. Through the steamed process using carbonization machine. The thickness of the bamboo covered are 4, 5 and 6 millimeters temperature and time of the steaming is 120 and 160 degrees Celsius at 1 and 2 hours. Then unfolded to flattening with a hot press machine. After that assess the efficiency of flattening found that thickness of bamboo temperature and time of steaming influence flattening of bamboo. The best flattening is thickness 4 millimeters steaming at 120 degrees Celsius 2 hours, thickness 5 millimeters steaming at 120 degrees Celsius 1 hour and 2 hours including steaming 160 degrees Celsius for 2 hours. When using higher temperatures makes the colors darker. When taken excellent flattening bamboo (score 5) tests physical and mechanical according ISO standard found that bamboo thickness 5 millimeters temperature of steaming 120 degrees Celsius 2 hours best overall property. Value from testing difference was statistically significant.

**Keywords :** Bamboos, Flattening, Steam, Bamboo laminated board

# คำนำ

## ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันทรัพยากรป่าไม้ในประเทศมีปริมาณลดน้อยลง จึงจำเป็นต้องลดการใช้ไม้จากธรรมชาติ เพื่อรอการฟื้นฟูพื้นที่ป่าให้เกิดความสมดุล ในขณะที่ยังคงมีความต้องการใช้ไม้อย่างต่อเนื่อง จึงได้มีการวิจัยพัฒนาและส่งเสริมการใช้ประโยชน์ไม้ไผ่ เนื่องจากไม้ไผ่เป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว บางชนิดสามารถเติบโตได้ 1–2 ฟุตต่อวัน โดยใช้เวลาในการปลูก 3–5 ปี ก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ กอไผ่ที่ถูกตัดสามารถมีลำใหม่ขึ้นมาทดแทนอย่างรวดเร็วในทุกๆ ปี โดยไม่ต้องปลูกใหม่ ไผ่เป็นไม้ยืนต้นเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งที่มีการเพาะปลูกแพร่หลายทั่วประเทศ เนื่องจากเป็นพืชที่สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่างทั้งเพื่อการบริโภคและอุปโภค ส่วนลำต้นนิยมนำมาทำเครื่องเรือน เครื่องใช้สอย ตลอดจนสิ่งปลูกสร้างชั่วคราว

การทดลองคลี่ไม้ไผ่ด้วยไอน้ำเพื่อผลิตเป็นไม้ประสาน เป็นกระบวนการที่ทำให้ได้ไม้ไผ่ที่มีลักษณะเป็นแผ่นราบ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายทดแทนไม้จากธรรมชาติ โดยใช้ไม้ไผ่ตงจากสวนไผ่ปลูก ต.บ้านหนองพันจันทร์ อ.บ้านคา จ.ราชบุรี อายุประมาณ 3–5 ปี ซึ่งช่วงอายุนี้เหมาะกับการนำมาใช้ในการทดลองคลี่ไม้ไผ่ด้วยไอน้ำ เนื่องจากมีเนื้อไม้ค่อนข้างหนา และมีความยืดหยุ่นสูง

คณะผู้ทำการวิจัยจึงได้มีแนวคิดในการนำไม้ไผ่มาใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการคลี่ด้วยไอน้ำ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไม้ไผ่มาคลี่ให้ได้ไม้ไผ่ราบที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นไม้ประสานเพื่อขึ้นรูปเฟอร์นิเจอร์ สามารถทดแทนไม้จากธรรมชาติ อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับไม้ไผ่อีกด้วย

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิสุทธิพงษ์ (2545) ได้ทดลองโดยใช้ไม้ไผ่หกอายุประมาณ 3–5 ปี จำนวน 5 ลำ ตัดเนื้อไม้ส่วนข้อและปล้องยาว 25 เซนติเมตร แล้วนำไปผ่าเป็นชิ้นตัวอย่าง แต่ละชิ้นมีส่วนของเส้นรอบวงด้านนอก 10 เซนติเมตร โดยใช้คลื่นความถี่สูงในการให้ความร้อนและศึกษาสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของไม้ไผ่หกธรรมชาติและไม้ไผ่หกหลังอัดราบเนื้อไม้ส่วนปล้องมีประสิทธิภาพในการอัดราบสูงสุด โดยที่เนื้อไม้มีความชื้น 30–35 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการให้ความร้อน 9 นาที แล้วอัดให้เป็นแผ่นราบ พบว่าสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของไม้ไผ่หกหลังอัดราบสูงกว่าไม้ไผ่หกธรรมชาติ ยกเว้น ความเค้นดึงขนานเสี้ยนซึ่งมีค่าไม่ต่างกัน จากผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นไม้ไผ่หลังอัดราบพบว่าเนื้อไม้ส่วนปล้องมีค่าสูงกว่าส่วนข้อ ซึ่งมีค่าต่างๆ ดังนี้ ความชื้นสมดุล 9.13 เปอร์เซ็นต์ ความถ่วงจำเพาะ 0.97 ความเค้นอัดขนานเสี้ยน ความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน ความเค้นดึงขนานเสี้ยน และความเค้นดัดสถิตย์เท่ากับ 67.28 13.50 234.74 และ 171.38 เมกะปาสคาล ตามลำดับ

อำพล (2542) ได้ทดลองใช้ไผ่ตงดำในการทดลองจำนวน 6 ต้น อายุประมาณ 3–4 ปี นำมาตัดทอนตามตำแหน่งความสูงทุกๆ 2 เมตร เริ่มจากระดับ 0.30–0.50 เมตร จากระดับดิน จำนวน 7 ตำแหน่ง (7 ท่อน) แบ่งไม้ไผ่ออกเป็นส่วนปล้องและส่วนข้อ แต่ละส่วนแบ่งเป็น 2 ซีก เลือกเอาเฉพาะ

ส่วนเนื้อไม้ไม่รวมเปลือกผิวใน เนื้อไม้หนา 3–4 มิลลิเมตร ยาว 23 มิลลิเมตร ได้ชิ้นไม้ 180 ชิ้น นำไปต้มน้ำเดือด 14–18 ชั่วโมง จุ่มในน้ำมันซักแห้ง 35–45 วินาที ทำการกดให้แบน อัดร้อนและอบ นำแผ่นชิ้นไม้ไผ่ที่ได้ซึ่งอยู่ในสภาพแห้งมาดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ISO พบว่าสามารถคลี่ไม้ไผ่ได้โดยไม่แตกด้วยการนำไม้ไผ่ไปต้มในน้ำเดือด 18 ชั่วโมง และจุ่มในน้ำมันซักแห้ง (น้ำมันลินสีดหรือน้ำมันทัง) 45 วินาที กดให้แบนราบ และอัดร้อนทันทีด้วยความดัน 0.375 กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เสร็จแล้วนำไปอัดที่อุณหภูมิ 103±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลจากการทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นไม้ไผ่ แสดงว่าส่วนปล้องมีค่าสูงกว่าส่วนข้อ แผ่นไม้ที่จุ่มในน้ำมันลินสีดมีค่าสูงกว่าน้ำมันทัง การศึกษาสมบัติทางกายภาพของแผ่นไม้ไผ่ ได้ค่าความชื้นสมดุลระหว่าง 4.64–6.39 เปอร์เซ็นต์ และความถ่วงจำเพาะระหว่าง 0.77–0.96 ดังนั้นสรุปได้ว่า กรรมวิธีที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถคลี่ไม้ไผ่ให้แบนได้โดยไม่แตก และได้แผ่นไม้ไผ่ที่มีความชื้นสมดุลต่ำ (5.62 เปอร์เซ็นต์) มีความถ่วงจำเพาะสูง (0.88) และมีสมบัติเชิงกลเกี่ยวกับการอัดขนานเสี้ยน การดึงขนานเสี้ยน การเฉือนขนานเสี้ยน และการดัดสถิตย์สูงกว่าไม้ไผ่ตงตามธรรมชาติ และไม้อื่นๆ ทุกชนิด

## วิธีการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการทดลองคลี่ไม้ไผ่ด้วยไอน้ำเพื่อผลิตไม้ประสานโดยใช้ไม้ไผ่ตงจากสวนไผ่ปลูก ต.บ้านหนองพันจันทร์ อ.บ้านคา จ.ราชบุรี อายุประมาณ 3–5 ปี ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไม้ไผ่ ที่ความหนา 4 5 และ 6 มิลลิเมตร มาคลี่ตามสภาวะที่กำหนดให้ได้ไม้ไผ่ราบที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้กับไม้ไผ่ ตลอดจนศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นไม้ไผ่ที่ได้จากการคลี่โดยมีขั้นตอนและวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

### อุปกรณ์

1. เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ (Vernier caliper)
2. ไม้บรรทัด (Ruler)
3. เครื่องชั่งดิจิตอล (Digital balance)
4. ตู้อบ (Drying oven)
5. เครื่องอัดน้ำยาไม้ (Wood impregnation vessel)
6. เครื่องนึ่งไอน้ำ (Steaming autoclave)
7. เครื่องอัดร้อน (Hot press)
8. เครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (Temperature & humidity conditioning chamber)
9. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ (Universal testing machine)

Drying oven

Wood impregnation vessel

Steaming autoclave

Hot press

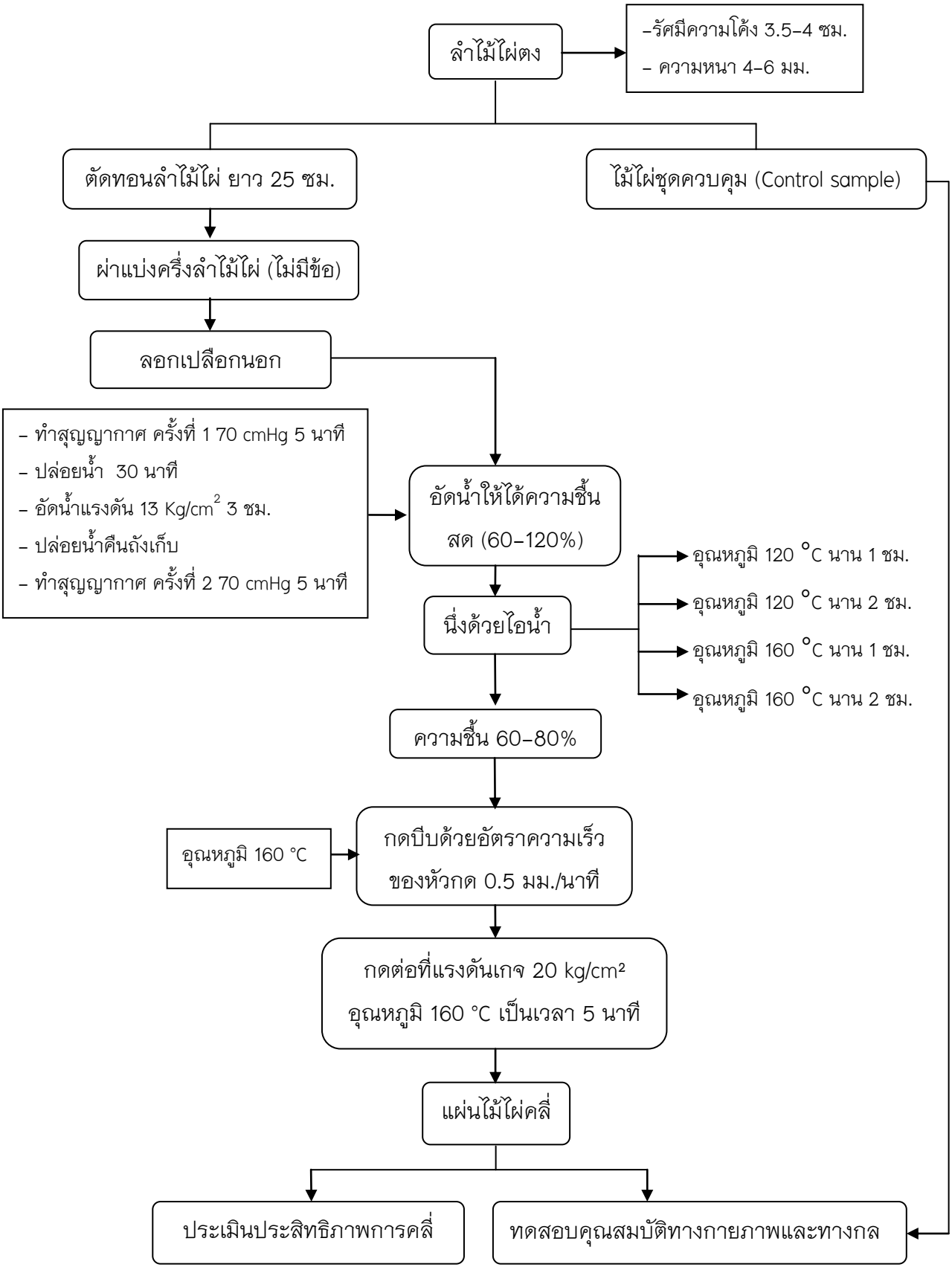
Temperature & humidity conditioning chamber

Universal testing machine

**Figure 1.** Experimental equipments and machineries.

**ขั้นตอนการศึกษา**

**1. แผนการดำเนินงาน**



**2. การเตรียมวัตถุดิบ**

2.1 การเก็บตัวอย่าง ใช้ไม้ไผ่ตงที่ได้จากสวนไผ่ปลูก ต.บ้านหนองพันจันทร์ อ.บ้านคา จ.ราชบุรี อายุประมาณ 3–5 ปี ซึ่งช่วงอายุนี้เหมาะกับการนำมาใช้ในการทดลองการคลี่ไม้ไผ่ เนื่องจากมีเนื้อไม้ค่อนข้างหนา และมีความยืดหยุ่นสูงเหมาะสมกับการนำมาคลี่ด้วยไอน้ำ

2.2 การเก็บรักษาชิ้นตัวอย่าง โดยการอาบน้ำยาหลังจากนั้นทำการผึ่งไว้ เพื่อป้องกันศัตรูทำลายไม้

2.3 การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดลอง

2.3.1 คัดเลือกลำไม้ไผ่ที่มีขนาดความหนา 4–6 มิลลิเมตร รัศมีความโค้ง 3.5–5 เซนติเมตร ทำการตัดทอนลำไม้ไผ่ให้ได้ความยาวท่อนละ 25 เซนติเมตร (ไม่มีข้อไผ่)

2.3.2 หลังจากนั้นทำการผ่าแบ่งครึ่งลำไม้ไผ่ แล้วลอกเปลือกออก

2.3.3 ทำการวัดขนาด ความกว้าง ความยาว ความหนา รัศมีความโค้ง รัศมีภายนอกและภายใน ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

Bamboo culms

Cutting pieces

Pieces of bamboo

**Figure 2.** The characteristics of bamboo are used.

**3. การหาน้ำหนักอบแห้งและความชื้นของไม้ไผ่**

โดยการสุ่มชิ้นไม้ไผ่ที่ผ่านการเตรียมเป็นวัตถุดิบ จำนวน 3 ชิ้น นำไปเข้าตู้อบ ใช้อุณหภูมิ 103±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำออกมาชั่งน้ำหนัก และอบจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้นทำการคำนวณหาน้ำหนักอบแห้งและค่าความชื้นของไม้ไผ่เป็นตัวแทนของไม้ไผ่ทั้งชุด

**4. การอัดน้ำซีกไม้ไผ่**

โดยใช้เครื่องอัดน้ำยาไม้เพื่อเพิ่มความชื้นของชิ้นไม้ไผ่ให้อยู่ในสภาพสด โดยมีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 60–120 เปอร์เซ็นต์ ด้วยการอัดน้ำตามวิธีแบบเต็มเซลล์ (Full cell process) มีวิธีการดังนี้

4.1 ทำสุญญากาศครั้งที่ 1 ที่ 70 เซนติเมตรปรอท เป็นระยะเวลา 5 นาที

4.2 ปล่อยน้ำเข้าในถังอัดน้ำ ใช้เวลาประมาณ 30 นาที

4.3 ใช้แรงดัน 13 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัดน้ำเข้าสู่เนื้อไม้เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง

4.4 ปล่อยน้ำออกจากถังอัดน้ำ

4.5 ทำสุญญากาศครั้งที่ 2 ที่ 70 เซนติเมตรปรอท เป็นระยะเวลา 5 นาที

4.6 นำไม้ไผ่ออกจากออกถังอัดน้ำ

**5. การทดลองคลี่ตามสภาวะและปัจจัยที่ทำการศึกษา**

5.1 สภาวะในการนึ่งไอน้ำ

**Table 1.** Conditions use to steaming of each thickness.

| Thickness (mm) | Temperature (°C) | Time (hour) |
|---|---|---|
| 4 | 120 | 1 |
| 4 | 120 | 2 |
| 4 | 160 | 1 |
| 4 | 160 | 2 |
| 5 | 120 | 1 |
| 5 | 120 | 2 |
| 5 | 160 | 1 |
| 5 | 160 | 2 |
| 6 | 120 | 1 |
| 6 | 120 | 2 |
| 6 | 160 | 1 |
| 6 | 160 | 2 |

5.2 การอัดคลี่ไม้ไผ่

5.2.1 ทำการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักชิ้นไม้ไผ่ที่เตรียมไว้

5.2.2 นำชิ้นไม้ไผ่วางบนแท่นอัดร้อนโดยใช้เครื่องอัดร้อน

5.2.3 เริ่มกดอัดด้วยความเร็วในการกดอัดที่ 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที อุณหภูมิที่ใช้ในการอัด 160 องศาเซลเซียส

5.2.4 เมื่อชิ้นไม้ไผ่แบนราบให้กดต่อที่แรงดัน 20 กิโลกรัมต่อตารางเซ็นติเมตร ระยะเวลา 5 นาที

5.2.5 นำแผ่นไม้ไผ่ออกจากเครื่องอัดร้อน วัดขนาดและชั่งน้ำหนักเพื่อหาความหนาแน่น

5.3 การประเมินประสิทธิภาพการอัดราบมีเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อใช้วิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยมีคะแนน 5 ระดับ ดังนี้

**Table 2.** Evaluate the efficiency of flattening bamboo culms.

| คะแนน | รายละเอียด |
|---|---|
| 1 | อัดราบไม่ได้เลย คือ แผ่นไม้ไผ่หลังอัดราบมีรอยปริแตกยาวตลอดแผ่นจนแยกเป็นชิ้นๆ |
| 2 | อัดราบได้ไม่ดี คือ มีรอยปริแตกเกินกึ่งหนึ่งของความหนา และยาวตลอดทั้งแผ่นแต่ไม่แตกจนแผ่นไม้ไผ่แยกจากกัน |
| 3 | อัดราบได้ คือ มีรอยปริแตกไม่เกิน 3 รอย แต่ละรอยลึกไม่เกินครึ่งหนึ่งของความหนาและยาวไม่เกิน 13 ซม. |
| 4 | อัดราบได้ดี คือ มีรอยปริแตกไม่เกิน 3 รอย แต่ละรอยลึกไม่เกิน 1 มม. และยาวไม่เกิน 7 ซม. |
| 5 | อัดราบได้ดีเยี่ยม คือ แผ่นไม้ไผ่ไม่มีรอยปริแตกทั้งตามความหนาและแนวยาวเลย |

Measurement Pieces of bamboo Vacuum water

Streaming Hot pressing Flattening bamboo

**Figure 3.** Production of flattening bamboo culms.

## 6. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล (Physical and mechanical properties)

6.1 ทดสอบความหนาแน่น (Board Density), ISO 3131 Wood determination of density for physical and mechanical tests

6.2 ทดสอบความความชื้น (Moisture content, MC), ISO 3130 Wood determination of moisture content for physical and mechanical tests

6.3 ทดสอบความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity, SG), ISO 3131 Wood determination of density for physical and mechanical tests

6.4 การทดสอบค่าความต้านทานแรงดัด (Modulus of rupture, MOR), ISO 3133 Wood determination of ultimate strength in static bending

6.5 การทดสอบค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity, MOE) ISO 3349 Wood determination of modulus of elasticity in static bending

6.6 ทดสอบความเค้นอัดขนานเสี้ยน (Compression parallel to grain) ISO 3787 Wood determination of ultimate stress in compression parallel to grain

6.7 ทดสอบความเค้นดึงขนานเสี้ยน (Tensile parallel to grain), ISO 3345 Wood determination of ultimate tensile stress parallel to grain

6.8 ทดสอบความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน (Shearing parallel to grain), ISO 3347 Wood determination of ultimate shearing stress parallel to grain

**7. การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ**

โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ของประสิทธิภาพในการคลี่ และคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ (ศิริชัย, 2540)

## ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ไม้ไผ่คลี่ด้วยไอน้ำที่ผลิตมีความหนาแน่น 600 และ 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความหนาของไม้ไผ่ตงที่ใช้มี 3 ขนาด คือ 4 5 และ 6 มิลลิเมตร ใช้แรงดันในการอัด 20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อุณหภูมิที่ใช้ในการอัด 120 และ 160 องศาเซลเซียส เวลาในการนึ่งด้วยไอน้ำ 1 และ 2 ชั่วโมง โดยใช้ชิ้นทดสอบสภาวะละ 10 ชิ้น มาทำการวิเคราะห์ผล มีผลการดำเนินงานสามารถรายงานเป็นลำดับดังนี้

**1. ผลการประเมินคุณภาพของการคลี่ไม้ไผ่ด้วยไอน้ำตามสภาวะที่กำหนด**

**Table 3.** The average assessed quality of flattening bamboo.

| Condition | Thickness (mm) | Average | S.D. | C.V. |
|---|---|---|---|---|
| 120 °C 1 hr | 4 | 4.40 | 1.265 | 0.287 |
| | 5 | 5.00 | 0.000 | 0.000 |
| | 6 | 4.70 | 0.483 | 0.103 |

**Table 3.** Continuous

| Condition | Thickness (mm) | Average | S.D. | C.V. |
|---|---|---|---|---|
| 120 °C 2 hrs | 4 | 5.00 | 0.000 | 0.000 |
| | 5 | 5.00 | 0.000 | 0.000 |
| | 6 | 4.60 | 0.699 | 0.152 |
| 160 °C 1 hr | 4 | 4.90 | 0.316 | 0.065 |
| | 5 | 4.80 | 0.632 | 0.132 |
| | 6 | 4.70 | 0.949 | 0.202 |
| 160 °C 2 hrs | 4 | 4.90 | 0.316 | 0.065 |
| | 5 | 5.00 | 0.000 | 0.000 |
| | 6 | 3.80 | 1.751 | 0.461 |

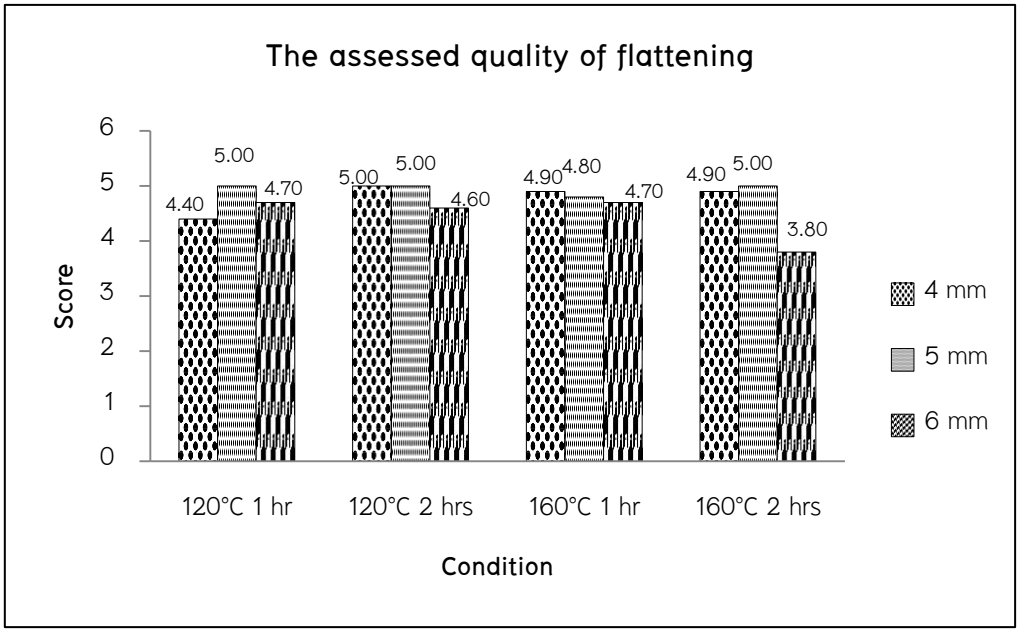



**Figure 4.** This graph shows the score of flattening bamboo culms with steaming press.

การประเมินประสิทธิภาพการอัดราบของแผ่นไม้ไผ่คลี่ด้วยไอน้ำตามสภาวะกำหนด พบว่า แผ่นไม้ไผ่คลี่ที่นึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ที่ความหนา 4 5 และ 6 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 4.40 5.00 และ 4.70 คะแนน ตามลำดับ แผ่นไม้ไผ่คลี่ที่นึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ที่ความหนา 4 5 และ 6 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 5.00 5.00 และ 4.60 คะแนน ตามลำดับ แผ่นไม้ไผ่คลี่ที่นึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ที่ความหนา 4 5 และ 6 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 4.90 4.80 และ 4.70 คะแนน ตามลำดับ แผ่นไม้ไผ่คลี่ที่นึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ที่ความหนา 4 5 และ 6 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 4.90 5.00 และ 3.80 คะแนน ตามลำดับ

## 2. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของแผ่นไม้ไผ่คลี่

**Table 4.** The physical properties and mechanical properties of bamboo flattening.

| Condition | Thickness (mm) | Physical Properties | | | Mechanical Properties | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Density (kg/m³) | MC (%) | SG | MOR (MPa) | MOE (MPa) | Compression Stress Parallel (MPa) | Tensile Stress Parallel (MPa) | Shearing Stress Parallel (MPa) |
| Control | 4 | 517.98$^{a}$ | 6.37$^{ab}$ | 0.49$^{a}$ | 99.25$^{a}$ | 3,775.86$^{a}$ | 45.87$^{b}$ | 176.96$^{b}$ | 18.25$^{a}$ |
| | 5 | 610.10$^{a}$ | 9.30$^{b}$ | 0.56$^{a}$ | 112.33$^{a}$ | 5,198.40$^{a}$ | 75.79$^{c}$ | 273.06$^{b}$ | 18.94$^{a}$ |
| | 6 | 523.72$^{a}$ | 6.92$^{a}$ | 0.49$^{a}$ | 105.70$^{ab}$ | 9,272.60$^{a}$ | 60.07$^{b}$ | 207.39$^{b}$ | 17.37$^{b}$ |
| 120 °C 1 hr | 4 | 674.27$^{c}$ | 6.31$^{ab}$ | 0.63$^{c}$ | 147.60$^{b}$ | 5,191.60$^{ab}$ | 81.95$^{c}$ | 147.10$^{ab}$ | 24.14$^{b}$ |
| | 5 | 841.25$^{b}$ | 7.03$^{ab}$ | 0.79$^{b}$ | 149.56$^{b}$ | 6,460.96$^{a}$ | 103.53$^{d}$ | 353.52$^{c}$ | 23.46$^{b}$ |
| | 6 | 709.44$^{c}$ | 6.92$^{a}$ | 0.66$^{c}$ | 142.52$^{bc}$ | 7,802.50$^{a}$ | 84.18$^{c}$ | 371.10$^{c}$ | 20.32$^{b}$ |
| 120 °C 2 hrs | 4 | 684.51$^{d}$ | 5.86$^{ab}$ | 0.65$^{d}$ | 154.43$^{b}$ | 6,717.94$^{b}$ | 81.19$^{c}$ | 128.26$^{a}$ | 18.32$^{a}$ |
| | 5 | 682.10$^{a}$ | 9.85$^{b}$ | 0.62$^{a}$ | 166.57$^{b}$ | 6,987.92$^{a}$ | 106.57$^{d}$ | 274.30$^{b}$ | 21.59$^{ab}$ |
| | 6 | 635.74$^{b}$ | 6.16$^{a}$ | 0.60$^{b}$ | 165.08$^{c}$ | 12,847.80$^{a}$ | 100.60$^{d}$ | 381.71$^{c}$ | 30.99$^{c}$ |
| 160 °C 1 hr | 4 | 980.51$^{b}$ | 5.32$^{a}$ | 0.88$^{b}$ | 99.86$^{a}$ | 7,158.56$^{b}$ | 39.09$^{b}$ | 256.83$^{c}$ | 14.04$^{a}$ |
| | 5 | 890.80$^{b}$ | 5.20$^{a}$ | 0.85$^{b}$ | 74.96$^{a}$ | 5,827.41$^{a}$ | 43.61$^{a}$ | 160.98$^{a}$ | 16.95$^{a}$ |
| | 6 | 747.47$^{d}$ | 5.94$^{a}$ | 0.71$^{c}$ | 99.40$^{ab}$ | 10,047.22$^{a}$ | 47.75$^{a}$ | 219.67$^{b}$ | 8.58$^{a}$ |
| 160 °C 2 hrs | 4 | 952.92$^{cd}$ | 6.53$^{b}$ | 0.90$^{cd}$ | 94.54$^{a}$ | 6,128.10$^{ab}$ | 13.89$^{a}$ | 259.90$^{c}$ | 12.46$^{a}$ |
| | 5 | 915.91$^{b}$ | 5.08$^{a}$ | 0.87$^{b}$ | 54.21$^{a}$ | 4,884.00$^{a}$ | 62.47$^{b}$ | 303.06$^{bc}$ | 29.56$^{c}$ |
| | 6 | 936.79$^{c}$ | 5.44$^{a}$ | 0.89$^{d}$ | 72.98$^{a}$ | 9,464.36$^{a}$ | 68.89$^{b}$ | 119.91$^{a}$ | 6.06$^{a}$ |

Note: Means followed by the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p<0.05$)

**2.1 ความหนาแน่น**

จากการทดสอบค่าความหนาแน่นของไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งไอน้ำที่อุณหภูมิ เวลาและความหนาต่างกัน เปรียบเทียบกับไม้ไผ่ชุดควบคุม พบว่า แผ่นไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำ 160 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง ความหนา 4 มิลลิเมตร มีความหนาแน่นสูงที่สุด มีค่า 980.51 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้ไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำ ทุกสภาวะมีความหนาแน่นมากกว่าไม้ไผ่ชุดควบคุม

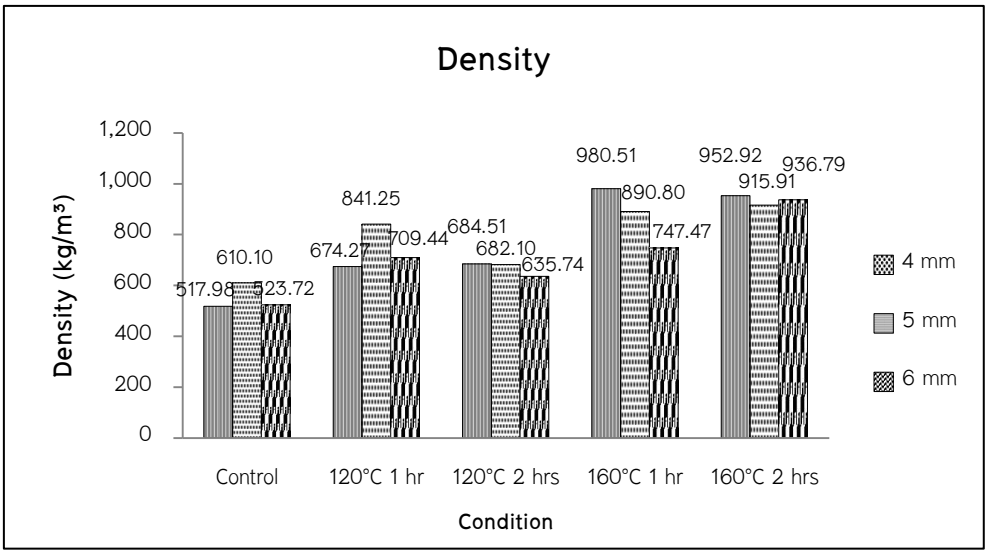



**Figure 5.** This graph shows density properties of flattening bamboo culms with steaming press.

**2.2 ความชื้น**

จากการทดสอบค่าความชื้นของไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งไอน้ำที่อุณหภูมิ เวลาและความหนาต่างกัน เปรียบเทียบกับไม้ไผ่ชุดควบคุม พบว่า ไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำ 160 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ความหนา 5 มิลลิเมตร มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด คือ 5.08 เปอร์เซ็นต์ แผ่นไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำทุกสภาวะมีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 5.08–9.85 เปอร์เซ็นต์ และไม้ไผ่ชุดควบคุมมีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 6.37–9.30 เปอร์เซ็นต์

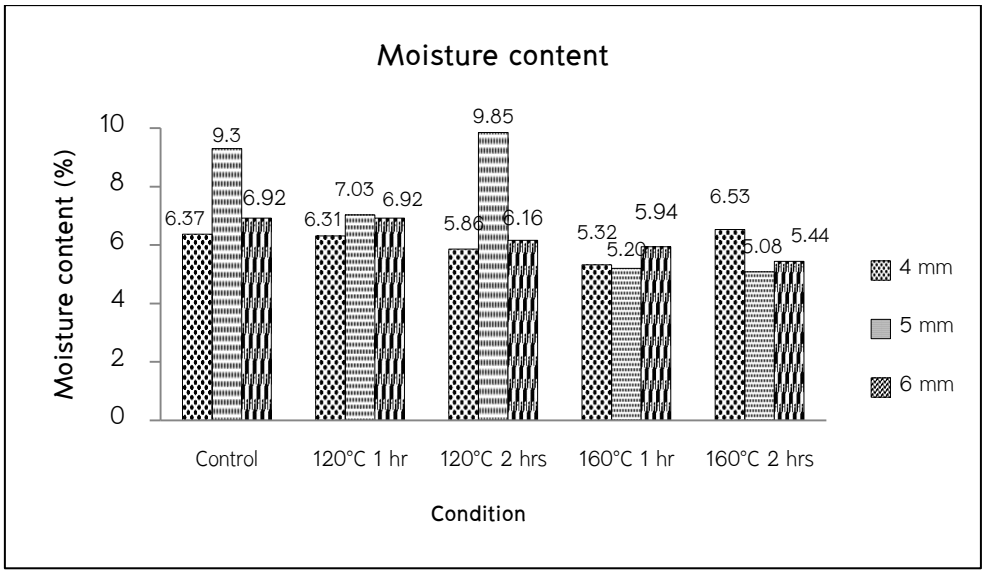



**Figure 6.** This graph shows moisture content of flattening bamboo culms with steaming press.

### 2.3 ความถ่วงจำเพาะ

จากการทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะของไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งไอน้ำที่อุณหภูมิ เวลาและความหนาต่างกัน เปรียบเทียบกับไม้ไผ่ชุดควบคุม พบว่าไม้ไผ่คลี่ที่นึ่งด้วยไอน้ำ 160 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ที่ความหนา 4 มิลลิเมตร มีความถ่วงจำเพาะสูงที่สุด คือ 0.90 ส่วนไม้ไผ่ชุดควบคุมที่ความหนา 4 และ 6 มิลลิเมตร มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำที่สุด คือ 0.49 ทั้งนี้ไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำ ทุกสภาวะมีความถ่วงจำเพาะมากกว่าไม้ไผ่ชุดควบคุม

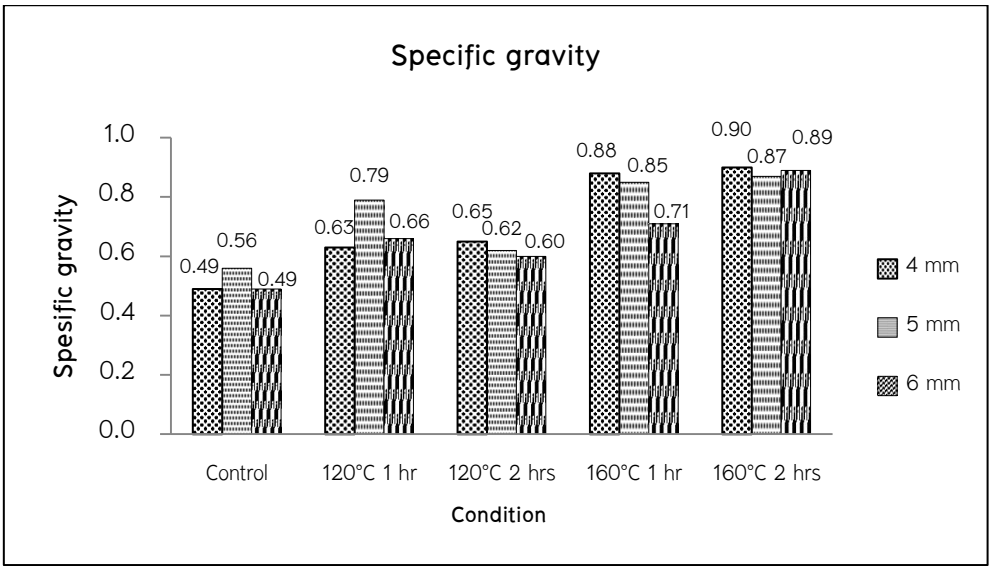



**Figure 7.** This graph shows specific gravity of flattening bamboo culms with steaming press.

**2.4 ความต้านทานแรงดัด**

จากการทดสอบค่าความต้านทานแรงดัดของไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งไอน้ำที่อุณหภูมิ เวลา และความหนาต่างกัน เปรียบเทียบกับไม้ไผ่ชุดควบคุม พบว่า ไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ความหนา 5 มิลลิเมตร มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด มีค่า 166.57 เมกะปาสคาล และไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ทุกความหนามีค่าความต้านทานแรงดัดสูงกว่าทุกสภาวะรวมถึงไม้ไผ่ชุดควบคุมด้วย

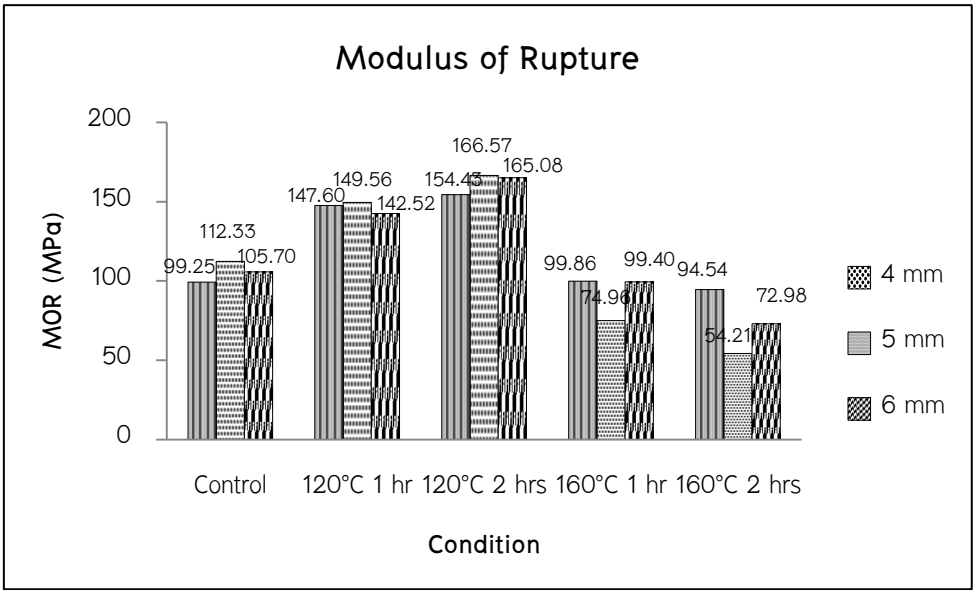



**Figure 8.** This graph shows the modulus of rupture properties of flattening bamboo culms with steaming press.

**2.5 มอดุลัสยืดหยุ่น**

จากการทดสอบคุณสมบัติมอดุลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งไอน้ำที่อุณหภูมิ เวลา และความหนาต่างกัน เปรียบเทียบกับไม้ไผ่ชุดควบคุม พบว่า ไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ที่ความหนา 6 มิลลิเมตร มีค่าสูงที่สุด 12,847.80 เมกะปาสคาล ส่วนไม้ไผ่ชุดควบคุมที่ความหนา 4 มิลลิเมตร มีค่าต่ำสุด คือ 3,775.86 เมกะปาสคาล

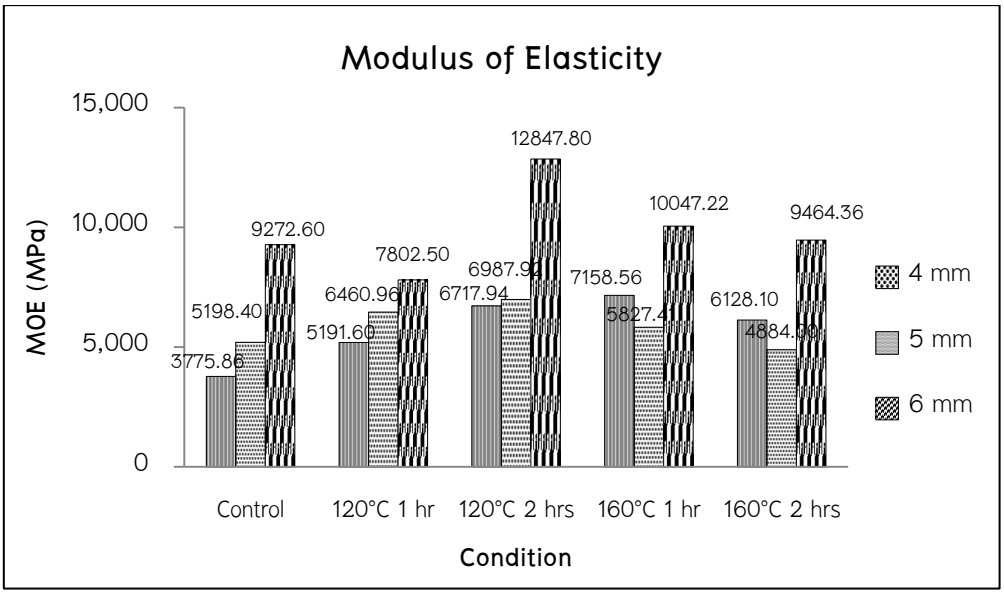



**Figure 9.** This graph shows the modulus of elasticity properties of flattening bamboo culms with steaming press.

### 2.6 ความเค้นอัดขนานเสี้ยน

จากการทดสอบค่าความเค้นอัดขนานเสี้ยนของไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งไอน้ำที่อุณหภูมิ เวลา และความหนาต่างกัน เปรียบเทียบกับไม้ไผ่ชุดควบคุม พบว่า ไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง มีค่าสูงที่สุด ที่ความหนา 5 มิลลิเมตร มีค่า 106.57 เมกะปาสคาล ทั้งนี้ไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 1 และ 2 ชั่วโมง มีค่าความเค้นอัดขนานเสี้ยนสูงกว่ากว่าไม้ไผ่ชุดควบคุมทุกความหนา ส่วนไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลา 1 และ 2 ชั่วโมง มีค่าต่ำกว่าไม้ไผ่ชุดควบคุมทุกความหนา

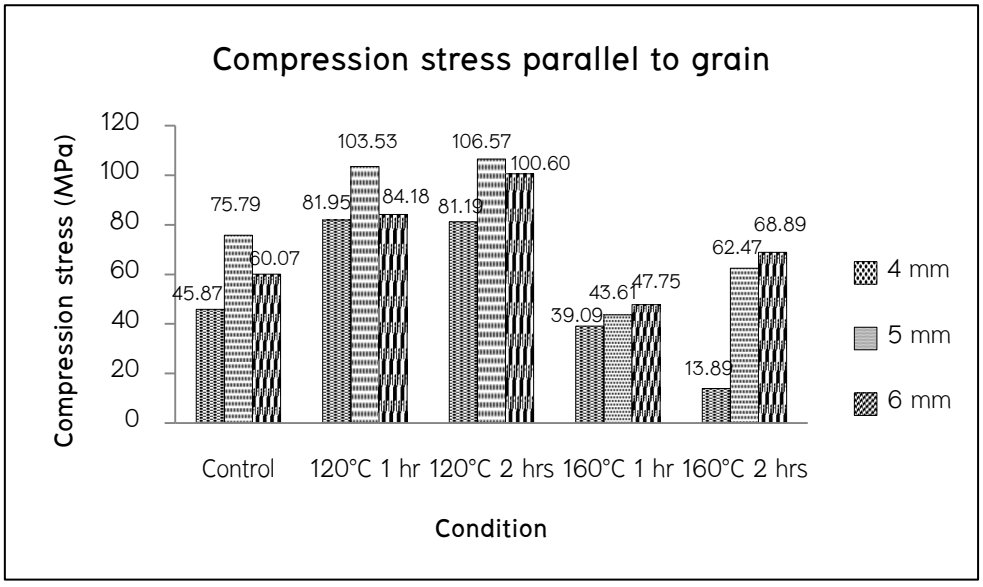



**Figure 10.** This graph shows the compression stress parallel to grain of flattening bamboo culms with steaming press.

### 2.7 ความเค้นดึงขนานเสี้ยน

จากการทดสอบค่าความเค้นดึงขนานเสี้ยนของไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งไอน้ำที่อุณหภูมิ เวลาและความหนาต่างกัน เปรียบเทียบกับไม้ไผ่ชุดควบคุม พบว่า ไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ที่ความหนา 6 มิลลิเมตร มีค่าสูงที่สุด มีค่า 381.71 เมกะปาสคาล และมีค่าสูงกว่าไม้ไผ่ชุดควบคุมทุกความหนา ส่วนไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำ อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ความหนา 6 มิลลิเมตร มีค่าต่ำสุด คือ 119.91 เมกะปาสคาล และต่ำกว่าไม้ไผ่ชุดควบคุมทุกๆ ความหนา

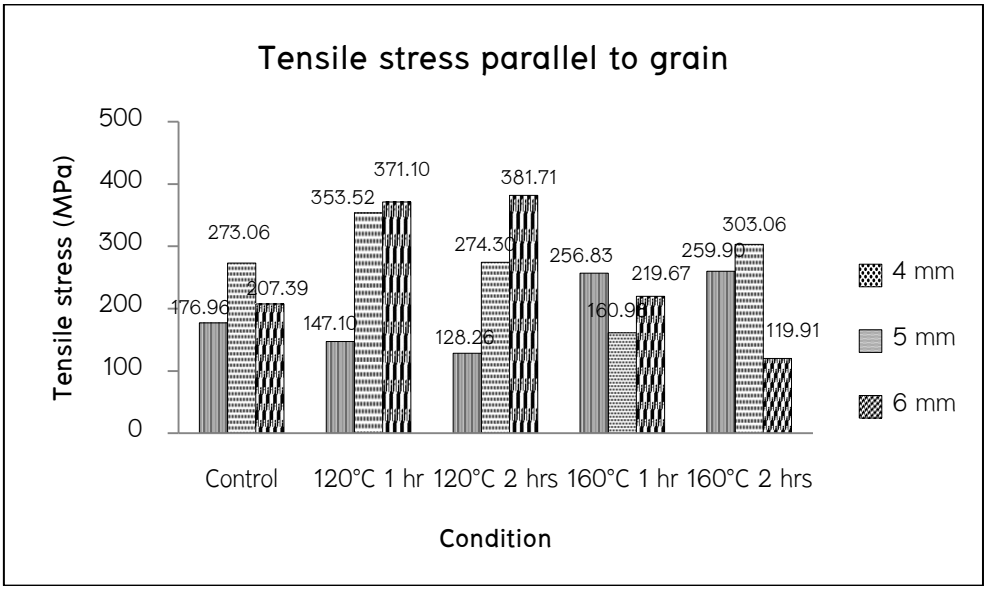



**Figure 11.** This graph shows the tensile stress parallel to grain of flattening bamboo culms with steaming press.

### 2.8 ความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน

จากการทดสอบค่าความเค้นเฉือนขนานเสี้ยนของแผ่นไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งไอน้ำที่อุณหภูมิ เวลาและความหนาต่างกัน เปรียบเทียบกับไม้ไผ่ชุดควบคุม พบว่า ไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ความหนา 6 มิลลิเมตร มีความเค้นเฉือนขนานเสี้ยนสูงที่สุด มีค่า 30.99 เมกะปาสคาล ส่วนไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำ อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ความหนา 6 มิลลิเมตร มีค่าต่ำสุด คือ 6.06 เมกะปาสคาล ซึ่งต่ำกว่าไม้ไผ่ชุดควบคุมทุกๆ ความหนา

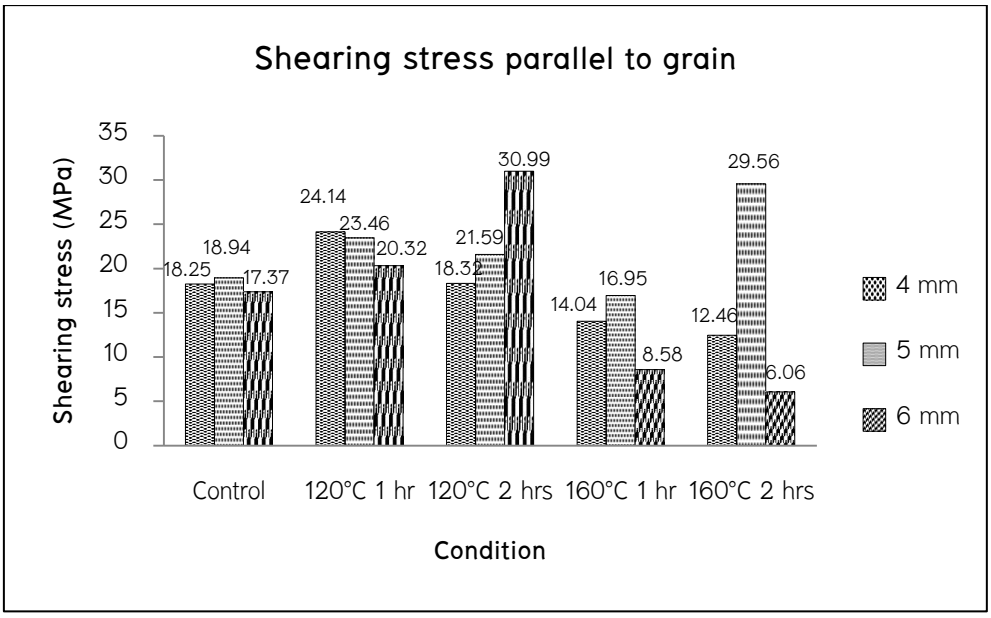



**Figure 12.** This graph shows the shearing stress parallel to grain of flattening bamboo culms with steaming press.

## 3. การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

**Table 5.** Analysis of variance for properties of flattening bamboo thickness 4 mm.

| Property | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Moisture content | Between Groups | 94.88496778 | 4 | 23.72124194 | 2.452 | 0.061[ns] |
| | Within Groups | 386.94213 | 40 | 9.67355325 | | |
| | Total | 481.8270978 | 44 | | | |
| Density | Between Groups | 1081365.859 | 4 | 270341.4648 | 22.479 | 0.000[*] |
| | Within Groups | 481059.121 | 40 | 12026.47802 | | |
| | Total | 1562424.98 | 44 | | | |
| Specific gravity | Between Groups | 0.850251111 | 4 | 0.212562778 | 17.986 | 0.000[*] |
| | Within Groups | 0.47274 | 40 | 0.0118185 | | |
| | Total | 1.322991111 | 44 | | | |
| Shear stress | Between Groups | 1318.814161 | 4 | 329.7035403 | 7.834 | 0.000[*] |
| | Within Groups | 1683.52267 | 40 | 42.08806675 | | |
| | Total | 3002.336831 | 44 | | | |
| Compression stress | Between Groups | 33808.14373 | 4 | 8452.035933 | 48.865 | 0.000[*] |
| | Within Groups | 6918.73998 | 40 | 172.9684995 | | |
| | Total | 40726.88371 | 44 | | | |
| Tensile stress | Between Groups | 149445.2361 | 4 | 37361.30902 | 17.372 | 0.000[*] |
| | Within Groups | 86025.5331 | 40 | 2150.638328 | | |
| | Total | 235470.7692 | 44 | | | |
| Modulus of rupture | Between Groups | 31616.33597 | 4 | 7904.083993 | 5.910 | 0.001[*] |
| | Within Groups | 52155.17427 | 39 | 1337.312161 | | |
| | Total | 83771.51024 | 43 | | | |
| Modulus of elasticity | Between Groups | 48665704.68 | 4 | 12166426.17 | 1.779 | 0.153[ns] |
| | Within Groups | 266752850.9 | 39 | 6839816.689 | | |
| | Total | 315418555.6 | 43 | | | |

Note: *Significant at 5% probability level. [ns] Non significant at 5% probability level.

**Table 6.** Analysis of variance for properties of flattening bamboo thickness 5 mm.

| Property | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Moisture content | Between Groups | 176.36543 | 4 | 44.0913575 | 3.344 | 0.019* |
| | Within Groups | 527.41129 | 40 | 13.1852823 | | |
| | Total | 703.77672 | 44 | | | |
| Density | Between Groups | 486998.3308 | 4 | 121749.583 | 7.842 | 0.000* |
| | Within Groups | 620979.1806 | 40 | 15524.4795 | | |
| | Total | 1107977.511 | 44 | | | |
| Specific gravity | Between Groups | 0.539387778 | 4 | 0.13484694 | 9.358 | 0.000* |
| | Within Groups | 0.57639 | 40 | 0.01440975 | | |
| | Total | 1.115777778 | 44 | | | |
| Shear stress | Between Groups | 1248.923951 | 4 | 312.230988 | 9.839 | 0.000* |
| | Within Groups | 1269.40136 | 40 | 31.735034 | | |
| | Total | 2518.325311 | 44 | | | |
| Compression stress | Between Groups | 28921.20423 | 4 | 7230.30106 | 41.688 | 0.000* |
| | Within Groups | 6937.53227 | 40 | 173.438307 | | |
| | Total | 35858.7365 | 44 | | | |
| Tensile stress | Between Groups | 199371.5226 | 4 | 49842.8807 | 13.384 | 0.000* |
| | Within Groups | 148967.5337 | 40 | 3724.18834 | | |
| | Total | 348339.0563 | 44 | | | |
| Modulus of rupture | Between Groups | 93033.97137 | 4 | 23258.4928 | 15.810 | 0.000* |
| | Within Groups | 58843.72447 | 40 | 1471.09311 | | |
| | Total | 151877.6958 | 44 | | | |
| Modulus of elasticity | Between Groups | 40302239.07 | 4 | 10075559.8 | 1.434 | 0.240ns |
| | Within Groups | 280978182.4 | 40 | 7024454.56 | | |
| | Total | 321280421.5 | 44 | | | |

Note: *Significant at 5% probability level. ns Non significant at 5% probability level.

**Table 7.** Analysis of variance for properties of flattening bamboo thickness 6 mm.

| Property | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Moisture content | Between Groups | 14.26575 | 4 | 3.5664375 | 1.683 | 0.173[ns] |
| | Within Groups | 84.76105 | 40 | 2.11902625 | | |
| | Total | 99.0268 | 44 | | | |
| Density | Between Groups | 736396.8369 | 4 | 184099.2092 | 72.301 | 0.000[*] |
| | Within Groups | 101850.9811 | 40 | 2546.274527 | | |
| | Total | 838247.818 | 44 | | | |
| Specific gravity | Between Groups | 0.68739 | 4 | 0.1718475 | 68.268 | 0.000[*] |
| | Within Groups | 0.10069 | 40 | 0.00251725 | | |
| | Total | 0.78808 | 44 | | | |
| Shear stress | Between Groups | 3314.3358 | 4 | 828.58395 | 64.815 | 0.000[*] |
| | Within Groups | 511.35068 | 40 | 12.783767 | | |
| | Total | 3825.68648 | 44 | | | |
| Compression stress | Between Groups | 16227.21395 | 4 | 4056.803489 | 31.522 | 0.000[*] |
| | Within Groups | 5147.90317 | 40 | 128.6975793 | | |
| | Total | 21375.11712 | 44 | | | |
| Tensile stress | Between Groups | 496409.7607 | 4 | 124102.4402 | 66.841 | 0.000[*] |
| | Within Groups | 74267.48058 | 40 | 1856.687015 | | |
| | Total | 570677.2413 | 44 | | | |
| Modulus of rupture | Between Groups | 52656.52207 | 4 | 13164.13052 | 5.364 | 0.001[*] |
| | Within Groups | 98164.70525 | 40 | 2454.117631 | | |
| | Total | 150821.2273 | 44 | | | |
| Modulus of elasticity | Between Groups | 134834739.2 | 4 | 33708684.79 | 0.839 | 0.509[ns] |
| | Within Groups | 1608025879 | 40 | 40200646.99 | | |
| | Total | 1742860619 | 44 | | | |

Note: *Significant at 5% probability level. [ns] Non significant at 5% probability level.

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของแผ่นไม้ไผ่คลี่ที่ผ่านการนึ่งไอน้ำที่อุณหภูมิ เวลาและความหนาต่างกัน เปรียบเทียบกับไม้ไผ่ชุดควบคุม พบว่า

ที่ความหนา 4 มิลลิเมตร คุณสมบัติความชื้นและมอดุลัสยืดหยุ่น มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ ความต้านทานแรงดัด ความเค้นอัดขนานเสี้ยน ความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน และความเค้นดึงขนานเสี้ยน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ที่ความหนา 5 มิลลิเมตร คุณสมบัติมอดุลัสยืดหยุ่น มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าความชื้น ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ ความต้านทานแรงดัด ความเค้นอัดขนานเสี้ยน ความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน และความเค้นดึงขนานเสี้ยน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ที่ความหนา 6 มิลลิเมตร คุณสมบัติความชื้นและมอดุลัสยืดหยุ่น มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ ความต้านทานแรงดัด ความเค้นอัดขนานเสี้ยน ความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน และความเค้นดึงขนานเสี้ยน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

## สรุปผล

จากการศึกษาคลี่ไม้ไผ่โดยผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 120 และ 160 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 และ 2 ชั่วโมง ที่ความหนา 4 5 และ 6 มิลลิเมตร เปรียบเทียบกับไม้ไผ่ชุดควบคุม มีผลการศึกษา ดังนี้

### 1. คุณภาพของการคลี่ไม้ไผ่ด้วยไอน้ำตามสภาวะที่กำหนด

แผ่นไม้ไผ่คลี่ที่นึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ที่ความหนา 5 มิลลิเมตร แผ่นไม้ไผ่คลี่ที่นึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ที่ความหนา 4 และ 5 มิลลิเมตร และแผ่นไม้ไผ่คลี่ที่นึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ที่ความหนา 5 มิลลิเมตร สามารถทำการคลี่ได้ดีที่สุดโดยที่แผ่นทดลองไม่เกิดการปริแตก

### 2. คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล พบว่า ไม้ไผ่ความหนา 5 มิลลิเมตร ที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าคุณสมบัติโดยรวมดีที่สุด ซึ่งมีค่าความเค้นอัดขนานเสี้ยน ค่าความต้านทานแรงดัดและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบผลการสอบทุกสภาวะ พบว่าค่าความชื้นไม้ไผ่คลี่ ความหนา 5 มิลลิเมตร ที่ผ่านการนึ่งไอน้ำอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 5.08 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นไม้ไผ่คลี่ ความหนา 4 มิลลิเมตร ที่ผ่านการนึ่งไอน้ำอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 980.51 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความถ่วงจำเพาะ ไม้ไผ่คลี่ ความหนา 4 มิลลิเมตร ที่ผ่านการนึ่งไอน้ำอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง สูงที่สุดเท่ากับ 0.90 ความต้านทานแรงดัดของไม้ไผ่คลี่ ความหนา 5 มิลลิเมตร ที่ผ่านการนึ่งไอน้ำอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 166.57 เมกะปาสคาล และมอดุลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่คลี่ ความหนา 6 มิลลิเมตร ที่ผ่านการนึ่งไอน้ำอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 12,847.80 เมกะปาสคาล ความเค้นอัดขนานเสี้ยนของไม้ไผ่คลี่ ความหนา 5 มิลลิเมตร ที่ผ่านการนึ่งไอน้ำอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 106.57 เมกะปาสคาล ความเค้นดึงขนานเสี้ยนและค่าความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน ของไม้ไผ่คลี่ ความหนา 6 มิลลิเมตร ที่ผ่านการนึ่งไอน้ำอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 381.71 และ 30.99 เมกะปาสคาล ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่า แผ่นไม้ไผ่คลี่ความหนา 4 มิลลิเมตร คุณสมบัติความชื้นและมอดูลัสยืดหยุ่น มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ ความต้านทานแรงดัด ความเค้นอัดขนานเสี้ยน ความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน และความเค้นดึงขนานเสี้ยน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ความหนา 5 มิลลิเมตร คุณสมบัติมอดูลัสยืดหยุ่น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าความชื้น ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ ความต้านทานแรงดัด ความเค้นอัดขนานเสี้ยน ความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน และความเค้นดึงขนานเสี้ยน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ความหนา 6 มิลลิเมตร คุณสมบัติความชื้นและมอดูลัสยืดหยุ่น มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ ความต้านทานแรงดัด ความเค้นอัดขนานเสี้ยน ความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน และความเค้นดึงขนานเสี้ยน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

**3. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากไม้ไผ่คลี่ด้วยไอน้ำ**

แผ่นไม้ไผ่ที่ได้จากการคลี่ด้วยไอน้ำสามารถนำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ถาดใส่ของเอนกประสงค์ โต๊ะญี่ปุ่นพับได้ และชั้นวางของเอนกประสงค์

Tray

Folding table

Shelve

**Figure 13.** Product from flattening bamboo culms with steaming press.

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ผู้อำนวยการส่วนพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และที่ปรึกษาด้านงานวิจัยและต่างประเทศ กรมป่าไม้ รวมทั้งสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัย ในครั้งนี้และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้และกาวติดไม้ ส่วนพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาป่าไม้ กรมป่าไม้ ทุกท่านที่ช่วยเหลือจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงผ่านไปได้ด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

วิสุทธิพงษ์ หลอดคำ. 2545. การศึกษากรรมวิธีการอัดไม้ไผ่หกให้เป็นแผ่นราบด้วยไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วนศาสตร์) ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 82 หน้า.

ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2540. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์. จำนวน 5,000 เล่ม. ครั้งที่ 9. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อำพล นันทกุศล. 2542. การพัฒนากรรมวิธีอุณหของไหลสำหรับคลี่ไม้ผ่ตงให้เป็นแผ่นราบโดยไม่แตก. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วนศาสตร์) ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 110 หน้า.

ISO 3130:1975 Wood determination of moisture content for physical and mechanical tests.

ISO 3131:1975 Wood determination of density for physical and mechanical tests.

ISO 3133:1975 Wood determination of ultimate strength in static bending.

ISO 3345:1975 Wood determination of ultimate tensile stress parallel to grain.

ISO 3347:1976 Wood determination of ultimate shearing stress parallel to grain.

ISO 3787:1976 Wood Test methods determination of ultimate stress in compression parallel to grain.