# ไม้ไผ่แปรรูป

## BAMBOO LUMBER

**ปิยะวดี บัวจงกล**[1] **(PIYAWADE BAUCHONGKOL)**

**วัลยุทธ เฟื่องวิวัฒน์**[2] **(VALLAYUTH FUEANGVIVAT)**

## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้นำไม้ไผ่ 4 ชนิด คือ ไผ่กิมซุง ( *Bambusa beecheyama* Munro) ไผ่ซางหม่น (*Dendrocalamus sericeus*) ไผ่ตงเขียว (*Dendrocalamus sp.*) และไผ่ตงดำ ( *Dendrocalamus asper*) เป็นวัตถุดิบในการทำไม้ไผ่แปรรูปโดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ความเข้มข้นที่ 15% และ 25% แล้วทดสอบสมบัติเชิงกลและทางกายภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน BS 373 และ ASTM D143 และนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ไม้ไผ่แปรรูปที่ใช้ไผ่ตงดำเป็นวัตถุดิบมีค่ากลสมบัติ ดีที่สุด รองลงมาคือ ใช้ไผ่ตงเขียว ไผ่ซางหม่น และไผ่กิมซุง ตามลำดับ หากพิจารณาจากปัจจัย ความเข้มข้นของกาว PF ที่ใช้พบว่า ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ชนิดเดียวกันเมื่อใช้กาว PF ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ค่ากลสมบัติจะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติของไม้ไผ่แปรรูปกับไม้ตะเคียนทอง ไม้สัก ไม้ยางพารา และไม้ไผ่ประสานจากไผ่บงใหญ่ พบว่า ไม้ไผ่แปรรูปมีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นที่ดีกว่า สามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตเครื่องเรือน และงานก่อสร้างได้

**คำหลัก:** ไม้ไผ่แปรรูป กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ความแข็งแรง

[1] นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ e-mail: bauchongkol@yahoo.com

[2] นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ e-mail: vallayuth@yahoo.com

## ABSTRACT

Research studied on bamboo lumber made by 4 bamboo species 1) Pai kimsung (*Bambusa beecheyama* Munro) 2) Pai sangmon (*Dendrocalamus sericeus*) 3) Pai tongkeaw (*Dendrocalamus sp.*) and 4) Pai tongdum (*Dendrocalamus asper*). Phenol formaldehyde (PF) at 15% and 20% solid content. All experimental bamboo lumber were tested the results for properties according to BS 373 and ASTM D143.

This study investigated some of the important properties of bamboo lumber made from Pai tongdum better than Pai tongkeaw, Pai sangmon and Pai kimsung respectively. PF difference solid content at 15% or 25% were found to not significant at $p>0.05$.

Bamboo lumber more strength and stiffness than *Hopea odorata*, teak, rubberwood and bamboo laminated that suitable material for household and construction.



**Keywords:** Bamboo lumber, Phenol formaldehyde, Bending strength


## บทนำ

ไผ่เป็นพืชที่มีความผูกพันต่อการดำรงชีวิตประจำวันของคนไทยมาตั้งแต่โบราณกาล คนไทยในชนบทใช้ไผ่สร้างบ้านเรือนอยู่อาศัยและใช้ในการทำหัตถกรรมเครื่องจักสานเพื่อใช้สอย ลำไผ่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน ตั้งแต่หน่อ ราก ลำต้นและใบ คุณสมบัติที่ดีของไผ่ คือ มีความทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ลำต้นสามารถจักตอกเป็นเส้นๆ ดัดโค้งขึ้นรูป สานเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ประเภทต่างๆ ไผ่สามารถรับแรงดึงและแรงกดได้ดีโดยไม่แตกหรือหักง่าย คุณสมบัติเช่นนี้ทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปอยู่ได้นานจึงเป็นวัตถุดิบสำคัญในการทำเครื่องจักสาน

การบริโภคไม้ภายในประเทศไม่เพียงพอจำเป็นต้องนำเข้าไม้และวัตถุดิบทดแทนไม้จากต่างประเทศปีละมากกว่า 30,000 ล้านบาท และแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี รัฐบาลจึงมีนโยบายรองรับความต้องการใช้ไม้ในอนาคตด้วยการส่งเสริมการปลูกไม้เศรษฐกิจ ทั้งหมด 38 ชนิด โดยไผ่เป็นหนึ่งในไม้เศรษฐกิจที่รัฐบาลส่งเสริม ซึ่งคุณสมบัติเด่นของไผ่คือ โตเร็ว รอบการตัดฟันสั้น และการดูแลรักษาง่าย ไผ่ที่มีอายุประมาณ 2–3 ปี สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นในอนาคตไผ่น่าจะเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมไม้ของประเทศ ในการศึกษาวิจัยนี้จะผลิตไม้ไผ่ แปรรูป โดยจะศึกษาถึงปัจจัยของชนิดไม้ไผ่ และความเข้มข้นของกาวที่ใช้เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีมีคุณภาพ และสามารถนำไปใช้

ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องเรือนที่สามารถใช้งานได้จริง อีกทั้งยังมีความทนทาน และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน เป็นการเปลี่ยนรูปแบบการใช้ประโยชน์ไม้ไผ่จากเดิมที่ใช้ในลักษณะทั้งลำ มาเป็นการใช้ในลักษณะของไม้แปรรูป เพื่อเป็นการเพิ่มทางเลือกใหม่แก่อุตสาหกรรม ตลอดจนเป็นการเพิ่มมูลค่าของไม้ไผ่ได้อีกทางหนึ่งด้วย

## วิธีการศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้ไม้ไผ่ จำนวน 5 ชนิด คือ

1) ไผ่กิมซุง ( *Bambusa beecheyama* Munro) จากท้องที่อำเภอด่านมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี

2) ไผ่ซางหม่น (*Dendrocalamus sericeus*) จากท้องที่อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

3) ไผ่ตงเขียว (*Dendrocalamus sp.*) จากท้องที่อำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี

4) ไผ่ตงดำ (*Dendrocalamus asper*) จากท้องที่อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี

เป็นวัตถุดิบในการผลิตไม้ไผ่แปรรูป โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (Phenol formaldehyde: PF) ความเข้มข้น 15% และ 25%

โดยวางแผนการทดลองแบบ 4 x 2 แฟคทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด การทดลองมี 8 ทรีทเมนต์คอมบิเนชั่น แต่ละทรีทเมนต์คอมบิเนชั่นมีจำนวน 5 ซ้ำ ทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน BS 373 และ ASTM D143 นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนว่า ผลการทดสอบมีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ ถ้าปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจะนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT)

### การทำไม้ไผ่แปรรูป

นำไม้ไผ่มาผ่าซีกด้วยจำปา ทำเป็นเส้นตอกความกว้างประมาณ 1 เซนติเมตร ความหนาประมาณ 0.2–0.4 มิลลิเมตร ความยาว 40 เซนติเมตร นำเข้าอบให้ปริมาณความชื้นเหลือประมาณ 5–10 จากนั้น นำไม้ไผ่ที่ได้ไปทำเป็นไม้ไผ่แปรรูป (ภาพที่ 1) โดยมีสภาวะในการทำ ดังนี้

| | |
|---|---|
| ความชื้นของไม้ | 5–10% |
| ความเข้มข้นของกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ | 15% และ 25 |
| ระยะเวลาแช่กาว | 15 นาที |
| แรงอัดจำเพาะ | 160 กก./ซม.$^2$ |
| อุณหภูมิในการอัด | 145 องศาเซลเซียส |
| ระยะเวลาในการอัดร้อน 100 | วินาทีต่อความหนา 1 มิลลิเมตร |

| | |
|---|---|
| 1 | 2 |
| 3 | 4 |
| 5 | 6 |
| 7 | 8 |

1 Bamboo plantation 2 Bamboo split 3 Bamboo slicing
4 Bamboo slice 5 Glue soaking 6 Forming
7 Hot pressing 8 Bamboo lumber

**Figure 1.** Bamboo lumber manufacturing

ไม้ไผ่แปรรูปที่ได้นำมาตัดเป็นชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน BS 373 และ ASTM D143 กำหนด เพื่อทดสอบสกายสมบัติและกลสมบัติ ดังนี้ ค่าความหนาแน่น(Density) ปริมาณความชื้น (Moisture content) ความเค้นอัดขนานแนวกาว ( Compression parallel to glue line) ความเค้นอัดตั้งฉากกับแนวกาว (Compression perpendicular to glue line) ความเค้นเฉือนขนานแนวกาว ( Shearing stress parallel to glue line) ความเค้นเฉือนตั้งฉากกับแนวกาว (Shearing stress perpendicular to glue line) ความต้านแรงดัด (Modulus of rupture) มอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) ความแข็ง (Hardness) และค่าความเหนียว (Toughness)

## ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

จากการทดสอบสกายสมบัติและกลสมบัติของไม้ไผ่แปรรูป จากไม้ไผ่ 4 ชนิด คือ ไผ่กิมซุง ไผ่ซางหม่น ไผ่ตงเขียว และไผ่ตงดำ ที่ใช้กาว PF ความเข้มข้นแตกต่างกัน 2 ระดับ คือ 15 % และ 25% แสดงให้เห็นว่า (ตารางที่ 1)

### 1. ความหนาแน่นและปริมาณความชื้น

ไม้ไผ่แปรรูปมีความหนาแน่นเฉลี่ยในช่วง 1,071.70–1,182.83 กก./ลบ.ม. ปริมาณความชื้นเฉลี่ยมีค่าในช่วง 7.69% – 10.39%

### 2. ความเค้นอัดขนานเสี้ยน

ความเค้นอัดขนานเสี้ยน ของไม้ไผ่แปรรูป มีค่าในช่วง 74.86–112.25 เมกกะพาสคัล โดยไม้ไผ่แปรรูปจากไผ่ตงดำแช่กาว PF ที่ความเข้มข้น 15% มีค่าความเค้นอัดขนานเสี้ยนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 112.25 เมกกะพาสคัล

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยวและปัจจัยร่วมของชนิดไผ่และความเข้มข้นของกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความเค้นอัดขนานเสี้ยนเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า

2.1 ไม้ไผ่แปรรูปจากไผ่ตงดำใช้กาว PF ที่ความเข้มข้น15% มีค่าความเค้นอัดขนานเสี้ยนเฉลี่ยแตกต่างจากไม้ไผ่แปรรูป จากไผ่ตงดำที่ใช้กาว PF ที่ความเข้มข้น 25% และไม้ไผ่แปรรูป จากไผ่ตงเขียว ไผ่ซางหม่น และไผ่กิมซุงทั้ง 2 ระดับความเข้มข้นของกาวที่ใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2.2 ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงเขียว ไผ่ซางหม่น และไผ่กิมซุง เมื่อใช้กาว PF ที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นค่าความเค้นอัดขนานเสี้ยนเฉลี่ยจะมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

**Table 1.** Properties of bamboo lumber

| Properties | | Bamboo type | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pai sangmon (*Dendrocalamus sericeus*) | | | | Pai kimsung (*Bambusa beecheyama*) | | | | Pai tongkeaw (*Dendrocalamus sp.*) | | | |
| Glue type | | PF 15% | | PF 25% | | PF 15% | | PF 25% | | PF 15% | | PF 25% | |
| Density (kg./m$^3$.) | | 1,085.27 | | 1,096.04 | | 1,071.70 | | 1,073.06 | | 1,109.21 | | 1,115.98 | |
| Moisture Content (%) | | 7.69 | | 8.64 | | 8.89 | | 9.76 | | 8.19 | | 8.41 | |
| Compression // to grain (MPa) | | 87.40 | cd | 81.52 | de | 81.56 | de | 74.86 | e | 97.55 | bc | 98.55 | b |
| Compression ⊥ | // | 40.77 | c | 44.76 | bc | 34.23 | cd | 27.08 | d | 54.02 | ab | 53.03 | ab |
| to grain (MPa) | ⊥ | 41.57 | c | 45.20 | bc | 31.56 | d | 31.90 | d | 50.11 | ab | 51.63 | ab |
| Shearing stress // to glue line (MPa) | | 9.64 | d | 10.25 | cd | 8.06 | e | 10.51 | bcd | 10.91 | abc | 11.50 | ab |
| Shearing stress ⊥ to glue line (MPa) | | 11.17 | ns | 12.07 | ns | 11.30 | ns | 12.43 | ns | 12.87 | ns | 15.08 | ns |
| Modulus of rupture (MPa) | | 172.16 | ns | 180.21 | ns | 137.49 | ns | 138.18 | ns | 170.10 | ns | 184.04 | ns |
| Modulus of elasticity (MPa) | | 17,535 | b | 17,678 | b | 13,467 | c | 13,551 | c | 18,022 | b | 17,374 | b |
| Hardness (N) | | 6,626 | c | 7,361 | ab | 6,914 | bc | 6,412 | c | 7,359 | ab | 7,467 | ab |
| Toughness (kg.–m) | | 9.82 | ns | 9.70 | ns | 9.88 | ns | 9.90 | ns | 9.90 | ns | 9.86 | ns |

| Properties | | Bamboo type | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pai tongdum (*Dendrocalamus asper*) | | | |
| Glue type | | PF 15% | | PF 25% | |
| Density (kg./m$^3$.) | | 1,180.94 | | 1,182.83 | |
| Moisture Content (%) | | 8.48 | | 10.39 | |
| Compression // to grain (MPa) | | 112.25 | a | 92.35 | bcd |
| Compression ⊥ | // | 60.68 | a | 44.43 | bc |
| to grain (MPa) | ⊥ | 56.24 | a | 49.34 | ab |
| Shearing stress // to glue line (MPa) | | 10.84 | bc | 11.95 | a |
| Shearing stress ⊥ to glue line (MPa) | | 12.59 | ns | 14.02 | ns |
| Modulus of rupture (MPa) | | 193.46 | ns | 185.51 | ns |
| Modulus of elasticity (MPa) | | 23,229 | a | 19,406 | b |
| Hardness (N) | | 7,361 | ab | 8,056 | a |
| Toughness (kg.–m) | | 9.90 | ns | 9.90 | ns |

**Remark:** // Parallel to glue line ⊥ Perpendicular to glue line

Letters (a, b, c, d, e) in the same row indicate significant differences at p=0.05

ns not significant at 95% level (p>0.05)

## 3. ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน

3.1 แรงอัดขนานกับแนวกาว

ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน ของไม้ไผ่แปรรูป เมื่อทดสอบตาม แรงอัดขนานกับแนวกาว มีค่าในช่วง 27.08 – 60.68 เมกกะพาสคัล โดย ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงดำใช้กาว PF ที่ความเข้มข้น 15% มีค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 60.68 เมกกะพาสคัล

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยเดี่ยวของชนิดไผ่และปัจจัยร่วมของชนิดไผ่กับความเข้มข้นของกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยเดี่ยวความเข้มข้นของกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า

3.1.1 ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงดำที่ ใช้กาว PF ที่ความเข้มข้น 15% มีค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยแตกต่างจากไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงเขียวทั้ง 2 ระดับ ความเข้มข้นของ กาวอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3.1.2 ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงเขียว ไผ่ซางหม่น และไผ่กิมซุง เมื่อใช้กาว PF ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยจะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3.2 แรงอัดตั้งฉากกับแนวกาว

ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนของไม้ไผ่แปรรูปเมื่อทดสอบตามแรงอัดตั้งฉากกับแนวกาว มีค่าในช่วง 31.56 – 56.24 เมกกะพาสคัล โดย ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงดำ ใช้กาว PF ที่ความเข้มข้น 15% มีค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 56.24 เมกกะพาสคัล

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยเดี่ยวของชนิดไผ่มีอิทธิพลต่อค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ($p<0.01$) ปัจจัยเดี่ยวความเข้มข้นของ กาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนปัจจัยร่วมของชนิดไผ่กับความเข้มข้นของกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า

3.2.1 ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงดำ ที่ใช้ กาว PF ทั้ง 2 ระดับความเข้มข้น มีค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงเขียวแต่แตกต่างจากไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่กิมซุงที่ใช้กาว PF ทั้ง 2 ระดับความเข้มข้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3.2.2 ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ชนิดเดียวกันเมื่อใช้กาว PF ความเข้มข้นที่แตกต่างกันค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยจะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

**4. ความเค้นเฉือนขนานแนวกาว**

ความเค้นเฉือนขนานแนวกาว ของไม้ไผ่แปรรูป มีค่าในช่วง 8.06 – 11.95 เมกกะพาสคัล โดยไม้ไผ่แปรรูป ที่ทำจาก ไผ่ตงดำใช้กาว PF ที่ความเข้มข้น 25% มีค่าความเค้นเฉือนขนานแนวกาวเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 11.95 เมกกะพาสคัล

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยวและปัจจัยร่วมของชนิดไผ่ กับความเข้มข้นของ กาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความเค้นเฉือนขนานแนวกาวเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า

4.1 ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงดำใช้กาวPF ที่ความเข้มข้น 25% มีค่าความเค้นเฉือนขนานแนวกาวเฉลี่ยแตกต่างจากไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงเขียวใช้กาว PF ที่ความเข้มข้นทั้ง 2 ระดับอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.2 ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ชนิดเดียวกัน คือ ไผ่ตงเขียว และไผ่ซางหม่น เมื่อใช้กาว PF ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะมีค่าความเค้นเฉือนขนานแนวกาวเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

**5. ความเค้นเฉือนตั้งฉากแนวกาว**

ความเค้นเฉือนตั้งฉากแนวกาว ของไม้ไผ่แปรรูป มีค่าในช่วง 11.17 – 15.08 เมกกะพาสคัล โดยไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงเขียวใช้กาว PF ที่ความเข้มข้น 25% มีค่าความเค้นเฉือนตั้งฉากแนวกาวเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 15.08 เมกกะพาสคัล

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยเดี่ยวของชนิดไผ่และความเข้มข้นของ กาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความเค้นเฉือนตั้งฉากแนวกาวเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยร่วมของชนิดไผ่กับความเข้มข้นของกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความเค้นเฉือนตั้งฉากแนวกาวเฉลี่ยอย่างไม่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า

5.1 ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงดำและไผ่ตงเขียวมีค่าความเค้นเฉือนตั้งฉากแนวกาวเฉลี่ยแตกต่างจากไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ซางหม่นและไผ่กิมซุงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

5.2 ไม้ไผ่แปรรูปใช้กาว PF ที่ความเข้มข้น 25% มีค่าความเค้นเฉือนตั้งฉากแนวกาวเฉลี่ยแตกต่างจากไม้ไผ่แปรรูปที่ใช้กาว PF ที่ความเข้มข้น 15% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**6. ความต้านแรงดัด**

ความต้านแรงดัดของไม้ไผ่แปรรูปมีค่าในช่วง 137.49 – 193.46เมกกะพาสคัล โดยไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจาก ไผ่ตงดำใช้กาว PF ที่ความเข้มข้น 25% มีค่าความต้านแรงดัด เฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 193.46 เมกกะพาสคัล รองลงมาคือไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจาก ไผ่ตงเขียว ไผ่ซางหม่น และไผ่กิมซุง ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า มีเพียงปัจจัยเดี่ยวของชนิดไผ่มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงดำ มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยแตกต่างจาก ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ ชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ซางหม่นและไผ่กิมซุงมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

## 7. มอดุลัสยืดหยุ่น

มอดุลัสยืดหยุ่น ของไม้ไผ่แปรรูป มีค่าในช่วง 13,467 – 23,229 เมกกะพาสคัล โดย ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงดำใช้กาว PF ที่ความเข้มข้น 15% มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่น เฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 23,229 เมกกะพาสคัล

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยวและปัจจัยร่วมของชนิดไผ่กับความเข้มข้นของกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า

7.1 ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงดำใช้กาว PF ที่ความเข้มข้น 15% มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยแตกต่างจากไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงดำใช้กาว PF ที่ความเข้มข้น25% และไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงเขียว ไผ่กิมซุง และไผ่ซางหม่นที่ใช้กาว PF ทั้ง 2 ระดับความเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

7.2 ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงเขียว ไผ่ซางหม่น และไผ่กิมซุง เมื่อใช้กาว PF ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันจะมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

## 8. ความแข็ง

ความแข็งของไม้ไผ่แปรรูปมีค่าในช่วง 6,412 – 8,056 นิวตัน โดยไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงดำใช้กาว PF ที่ความเข้มข้น 25% มีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 8,056 นิวตัน

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยเดี่ยวของชนิดไผ่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ปัจจัยเดี่ยวของ ความเข้มขันของกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งเฉลี่ยอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนปัจจัยร่วมของชนิดไผ่กับความเข้มข้นของ กาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งเฉลี่ยอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า

8.1 ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงเขียว ไผ่ตงดำ และไผ่กิมซุงเมื่อใช้กาว PF ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันจะมีค่าความแข็งเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

8.2 ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงเขียวและไผ่ตงดำใช้กาว PF ที่ความเข้มข้นทั้ง 2 ระดับ มีค่าความแข็งเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ซางหม่นที่ใช้กาว PF ที่ความเข้มข้น 25%

**9. ความเหนียว**

ความเหนียวของไม้ไผ่แปรรูปมีค่าในช่วง 9.70 – 9.90 กก.–ม. โดยไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ซางหม่นใช้กาว PF ที่ความเข้มข้น 25% มีค่าความเหนียวเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 9.70 กก.–ม.

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยวและปัจจัยร่วมของชนิดไผ่กับความเข้มข้นของกาวที่ใช้ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความเหนียวเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

**10. เปรียบเทียบสมบัติของไม้ไผ่แปรรูปกับไม้เนื้อแข็งและไม้ประกับจากไม้ไผ่**

จากตารางที่ 2 ทำการเปรียบเทียบกลสมบัติไม้ไผ่แปรรูป กับไม้เนื้อแข็ง ของประเทศไทยบางชนิด เช่น ไม้ตะเคียนทอง (*Hopea odorata* Roxb.) ไม้ยางพารา (*Hevea brasiliensis* Muell.Arg.) และไม้สัก (*Tectona grandis* Linn.f.) และไม้ไผ่ประสานจากไผ่บงใหญ่ (*Dendrocalamus brandisii*) จะเห็นได้ว่า

10.1 ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงดำใช้กาว PF ที่ความเข้มข้น 15% มีค่าความต้านแรงดัดเท่ากับ 193.46 เมกกะพาสคัล เป็นค่าความแข็งแรง ที่สูงกว่าไม้ตะเคียนทอง ไม้สัก และไม้ยางพารา และจากคุณสมบัติของไม้ไผ่ที่มีความยืดหยุ่นสูง ดังนั้น เมื่อนำไม้ไผ่มาทำเป็นไม้ไผ่แปรรูปจึงให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่สูงกว่าไม้จริงทั้ง 3 ชนิด ประมาณสองเท่า

10.2 เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ตงดำใช้กาว PF ที่ความเข้มข้น 15% กับไม้ไผ่ประสานจากไผ่บงใหญ่ที่ใช้กาว PF เป็นตัวประสานพบว่า ไม้ไผ่แปรรูปมีค่าความต้านแรงดัดและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่สูงกว่าไม้ไผ่ประสานจากไผ่บงใหญ่

## สรุปผล

เมื่อพิจารณาสมบัติของ ไม้ไผ่แปรรูป จากชนิดไผ่เป็นหลักจะเห็นได้ว่า สมบัติในด้านความแข็งแรง คือ ค่าความเค้นอัดขนานเสี้ยน ค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน ค่าความแข็งแรงและความแข็งตึงในการดัดสถิต ค่าความแข็ง ค่าความเหนียว และสมบัติในด้านการติดกาว คือ ค่า ความเค้นเฉือนขนานและตั้งฉากกับแนวกาวพบว่า ไม้ไผ่แปรรูปที่ใช้ไผ่ตงดำเป็นวัตถุดิบมีค่า ดีที่สุด รองลงมาคือไม้ไผ่แปรรูปที่ใช้ไผ่ตงเขียว ไผ่ซางหม่น และไผ่กิมซุงเป็นวัตถุดิบ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาทั้งสองปัจจัยคือ ชนิดไผ่และความเข้มข้นของกาว PF ที่ใช้จะพบว่า ไม้ไผ่แปรรูปที่ทำจากไผ่ชนิดเดียวกันเมื่อใช้กาว PF ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ค่ากลสมบัติจะแตกต่างกันอย่าง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติของไม้ไผ่แปรรูปกับไม้ตะเคียนทอง ไม้สัก ไม้ยางพารา และไม้ไผ่ประสานจากไผ่บงใหญ่ พบว่า ไม้ไผ่แปรรูปมีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นที่ดีกว่า สามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องเรือนและงานก่อสร้างได้

**Table 2.** Comparison of bamboo lumber properties and hardwood

| Properties | Bamboo lumber from pai tongdum (*Dendrocalamus asper*) | Takiantong[1] (*Hopea odorata* Roxb.) | Teak[1] (*Tectona grandis* Linn.f.) | Rubberwood[1] (*Hevea brasiliensis* Muell.Arg.) | Laminated bamboo[2] from pai bong yai (*Dendrocalamus brandisii*) |
|---|---|---|---|---|---|
| Glue type | PF 15% | – | – | – | PF |
| Density (kg./$m^3$.) | 1,180.94 | 800 | 650 | 700 | 809.30 |
| Moisture Content (%) | 8.48 | 12.00 | 12.00 | 13.00 | 10.94 |
| Compression // to grain (MPa) | 112.25 | 51.00 | 52.30 | 46.90 | 64.64 |
| Shearing stress // to glue line (MPa) | 10.84 | 15.00 | 15.00 | 16.00 | 9.68 |
| Modulus of rupture (MPa) | 193.46 | 115 | 102 | 95 | 158.91 |
| Modulus of elasticity (MPa) | 23,229 | 11,790 | 11,150 | 9,420 | 14,205 |
| Hardness (N) | 8,056 | 6,370 | 4,860 | 5,280 | 6,680 |
| Toughness (kg.–m) | 9.90 | 4.70 | 1.70 | 2.86 | 8.68 |

**Source** : [1] Forest Products Development Group, 2005.

[2] Vallayuth, *et. al.*, 2015.

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยย่อยภายใต้แผนงานวิจัย “การวิจัยและพัฒนาไผ่ตามแนวเศรษฐกิจสร้างสรรค์” ซึ่งเล็งเห็นถึงประโยชน์ของการปฏิบัติงานวิจัยและให้การสนับสนุนในการดำเนินงานด้วยดีตลอดมา จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ และขอขอบคุณ นางสาวสมหวัง ใจชุ่ม นางสาววิมลสิริ อินทรประสิทธิ์ และนางสาวแก้วกัลยา ลุผักชี ผู้ช่วยนักวิจัย ที่ร่วมแรงในการจัดเก็บ และทำตอกไม้ไผ่เพื่อเป็นวัตถุดิบในการทำไม้ไผ่แปรรูปในการทดลองครั้งนี้

## บรรณานุกรม

กลุ่มพัฒนาผลิตผลป่าไม้. 2548. ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 3 โรงพิมพ์ บริษัท สุขุมวิทมีเดีย มาร์เก็ตติ้ง จำกัด. กรุงเทพมหานคร. 111 หน้า.

จรัญ จันทลักขณา. 2534. สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 6. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 468 หน้า.

ฐิติกุล ภาคคีรี. 2540. Physical and Mechanical Properties of Wood from Sweet-Bamboo culms (*Dendrocalamus asper* Backer). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

บุญนำ เกี่ยวข้อง และมยุรี ดวงเพชร. 2542. คู่มือปฏิบัติการทดสอบเชิงกลของไม้. โครงการเผยแพร่ความรู้ทางวนผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลักเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 100 หน้า.

วรัท พรหมโชติกุล. 2541. การทำไม้ประกับโครงสร้างจากไม้มะพร้าว. เลขที่ ร.505. สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพมหานคร. 209 หน้า.

วรัท พรหมโชติกุล. 2541. ไม้ประกับโครงสร้างจากไม้ขนาดเล็ก. เลขที่ ร. 520. สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพมหานคร. 118 หน้า.

วัลยุทธ เฟื่องวิวัฒน์ และคณะ. 2558. การวิจัยและพัฒนาการผลิตไผ่อัดประสานเพื่องานประดิษฐกรรม. *ใน* การวิจัยด้านวนวัฒน์และการใช้ประโยชน์ไม้ไผ่ที่มีศักยภาพสูงทางเศรษฐกิจ. สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพมหานคร. น. 93-105

วิสุทธิพงษ์ หลอดคำ. 2542. Study of an Electrical Process for Flattening Pai-hok culms. (*Dendrocalamus hamiltonii* Nees) วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

อนันตชัย เขื่อนธรรม. 2539. หลักการวางแผนการทดลอง. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 395 หน้า.

อิทธิพงษ์ อินพล. 2540. Flexural Properties of Glue-Laminated Bamboo. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ASTM Standard. 1994. American Society for Testing and Materials Standard : Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. No. D143-1994 (2007).

British Standard. 1957. British Standard : Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber. No. BS EN 373-1957.

Chugg, W.A., 1994. Glulam : The Theory and Practice of the Manufacture of Glued Laminated Timber Structure, 1st Edition, London: Ernest Benn, 423 P.

Houwink, R. and G. Salomon. 1965. Adhesion and Adhesives. Vol.1 New York : Elsevier Publishing Company.

Hse, C – Y. 1971. Properties of Phenolic Adhesion on Related to Bond Quality in Southern Pine Plywood. Forest Products Journal. 21(1) : 44 – 52.

Kollmann, F.F.P., E.W. Kuenzi and A.J. Stamm. 1975. Principles of wood Science and Technology. Vol. II. Springer-Verlag, Berlin. 703 p.

Royal Forest Department. 2004. Bamboo Flooring from Pai Tong *in* Final Technical Report Project: PD 56/99 Rev.1(I) Promotion of the Utilization of Bamboo from Sustainable Sources in Thailand. pp. 63-68