การศึกษาด้านคุณภาพการยึดเหนี่ยวของกาวกับไม้ตะกู
: แรงเฉือนดึงรอยต่อเกย

STUDY ON BONDING QUALITY OF ADHESIVES WITH *ANTHOCEPHALUS CHINENSIS* (LAM.)
: TENSILE SHEAR STRENGTH OF LAP JOINTS

วรธรรม อุ่นจิตติชัย[1] (WORATHAM OONJITTICHAI)

วรวิทย์ พลทัสสะ[2] (WORAWITH PHONTASSA)

กำพล ชูปรีดา[3] (KUMPON CHOOPREEDA)

เพ็ญภัสสร เสมอใจ[3] (PENBHUSSORN SAMERJAI)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการประเมินคุณภาพการยึดเหนี่ยวของกาวติดไม้กับไม้ตะกูซึ่งเป็นไม้โตเร็วที่นำมาใช้ทดแทนไม้ชนิดอื่นที่มีจำนวนลดน้อยลง เพื่อศึกษาชนิดกาวที่เหมาะสมในการผลิตไม้ประสาน โดยแบ่งความทนทานของกาวติดไม้ออกเป็นประเภท D3 และ D4 โดยใช้กาว Vinyl-urethane และกาว Resorcinol แล้วนำไปทดสอบ ค่าแรงเฉือนดึง และค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวในสภาวะต่างๆ ตามมาตรฐาน DIN EN 204-205 โดยได้ทำการทดสอบคุณสมบัติไม้ก่อนทำการติดกาว พบว่า มีความเป็นกรดต่ำกว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีสและไม้ยางพารา มีค่าผ่อนความเป็นด่างและค่าผ่อนความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส ไม้ตะกูที่ใช้ก่อนการอัดกาว พบว่า มีความชื้นเฉลี่ย 12.03 เปอร์เซ็นต์ และความหนาแน่นเฉลี่ย 444.35 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และจากการวัดค่ามุมสัมผัสของไม้ตะกูในด้านต่างๆ พบว่า ไม้ตะกู ด้านรัศมี ด้านสัมผัสและด้านหน้าตัด มีค่าความสามารถในการเปียกของพื้นผิว (Wettability) เรียงจากมากไปน้อยตามลำดับ

[1] ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ
e-mail : woratham@hotmail.com

[2] นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

[3] ผู้ช่วยนักวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

การทดสอบแบ่งตามความทนทานประเภท D3 นั้น การใช้กาว Vinyl–urethane มีค่าแรงเฉือนดึงโดยรวมดีกว่ากาว Resorcinol ส่วนการใช้กาว Resorcinol มีค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวดีกว่ากาว Vinyl–urethane และพบว่า กาวทั้ง 2 ชนิด มีเพียงค่าแรงเฉือนดึงสภาวะที่ 2 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

การทดสอบแบ่งตามความทนทานประเภท D4 พบว่าการใช้กาว Vinyl–urethane มีค่าแรงเฉือนดึงโดยรวมดีกว่ากาว Resorcinol ยกเว้นสภาวะที่ 4 มีค่าเท่ากับ 4.41 นิวตันต่อมิลลิเมตร ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากาว Resorcinol ที่มีค่าเท่ากับ 5.71 นิวตันต่อมิลลิเมตร ส่วนกาว Resorcinol มีค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวโดยรวมดีกว่ากาว Vinyl–urethane และพบว่ากาวทั้ง 2 ชนิด มีค่าแรงเฉือนดึงสภาวะที่ 2 และ 3 ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

คำหลัก : กาวไวนิลยูรีเทน กาวเรซอซินอล–ฟอร์มัลดีไฮด์ ไม้ตะกู ค่ามุมสัมผัส ค่าแรงเฉือนดึง ค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาว

คำนำ

ไม้ประสาน (Glued laminated wood) หมายถึง แผ่นไม้ที่ประกอบจากการนำเอาไม้แปรรูปขนาดเล็กมาเรียงต่อกันตามแนวเสี้ยนของกันและกัน แล้วยึดติดกันด้วยกาวให้มีขนาดความหนาหรือความกว้างหรือความยาวเพิ่มขึ้นเป็นแผ่นเดียว แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ ไม้ประสานเพื่องานโครงสร้าง (Structural glued laminated timber, GLULAM) และไม้ประสานเพื่องานทั่วไป (Non–load bearing glued laminated timber)

กาวที่ใช้สำหรับยึดติดเป็นไม้ประสานสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามลักษณะการใช้งานของแผ่นไม้ประสาน

1. กาวสำหรับการผลิตไม้ประสานเพื่องานโครงสร้าง ได้แก่ กาวเรซอซินอล–ฟอร์มัลดีไฮด์ กาวฟีนอล–ฟอร์มัลดีไฮด์ กาวโพลียูรีเทน กาวอีพ๊อกซีและกาวเมลามีน–ฟอร์มัลดีไฮด์

2. กาวสำหรับการผลิตไม้ประสานงานที่ไม่ใช่งานโครงสร้าง ได้แก่ กาวโพลีไวนิลอาซีเตต กาวอีเลสโตเมอร์หรือกาวยาง กาวร้อนเหลว หรือ กาวฮอทเมลท์ กาวอิมัลชั่น–โพลีเมอริค–ไอโซไซยาเนตและกาวยูเรีย ฟอร์มัลดีไฮด์ (วรธรรม, 2545)

การศึกษาวิจัยการใช้กาวสำหรับการผลิตไม้ประสานเพื่องานโครงสร้าง ซึ่งศึกษาการใช้กาว 2 ชนิด ในการยึดติดกับไม้ตะกู ซึ่งเป็นไม้เศรษฐกิจโตเร็วที่เกษตรกรและผู้สนใจทั่วประเทศให้ความนิยมและสนใจที่จะปลูกเป็นสวนป่าไม้เศรษฐกิจในอนาคต เนื่องจากไม้ตะกูเป็นไม้โตเร็ว ต้นสูง เปลาตรง

และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ภายในเวลาอันสั้น (สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้, 2551) เพื่อหาชนิดกาวที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการผลิตไม้ประสานเพื่องานโครงสร้าง และใช้เป็นทางเลือกในการใช้กาวที่เหมาะสมกับประเภทของงานที่นำไม้ไปใช้ประโยชน์และเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไม้ตะกู นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ทดแทนไม้ชนิดอื่นที่หายากและมีราคาสูงต่อไป

วิธีการศึกษา

โดยนำไม้ตะกู อายุ 10 ปี มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต้นเฉลี่ยที่ความสูง 1.30 เมตร (DBH) 23.50 เซนติเมตร ความหนาแน่น ณ สภาวะแห้งบรรยากาศเฉลี่ย 453.93 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และไม้ตะกูอายุ 30 ปี มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต้นเฉลี่ยที่ความสูง 1.30 เมตร (DBH) 25.50 เซนติเมตร ความหนาแน่นที่สภาวะแห้งบรรยากาศเฉลี่ย 413.86 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากจังหวัดกำแพงเพชร โดยใช้กาวไวนิลยูรีเทน (Vinyl–urethane) และกาวเรซอซินอล–ฟอร์มัลดีไฮด์ (Resorcinol) เป็นตัวประสาน แล้วนำไปทดสอบค่าแรงเฉือนดึงและค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวในสภาวะต่างๆ ตามมาตรฐาน DIN EN 204–205 ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ศึกษาการแบ่งชั้นความทนทานของกาวติดไม้ ออกเป็น 2 ประเภทความทนทาน ได้แก่ ความทนทานประเภท D3 และ D4

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบได้ปฏิบัติดำเนินงานที่ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้และกาวติดไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

อุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่องอัดเย็น (Cold–press)
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Electric balance)
3. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ (Universal testing machine)
4. ตู้อบแห้ง (Oven dry)
5. เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier caliper)
6. เครื่องวัดมุมสัมผัสแบบไดนามิกของของเหลว (Contact angle)

ขั้นตอนการศึกษา

1. การเตรียมวัสดุและกาวติดไม้

1.1 การเตรียมวัสดุทดลองการวิจัยครั้งนี้ใช้ไม้ตะกู อายุ 10–30 ปี จากจังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งต้องนำมาผ่านขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้ได้แผ่นไม้ที่พร้อมจะนำไปใช้ในกระบวนการอัดกาว โดยสรุปเป็นขั้นตอนต่างๆ ในการเตรียมแผ่นไม้ได้ดังนี้

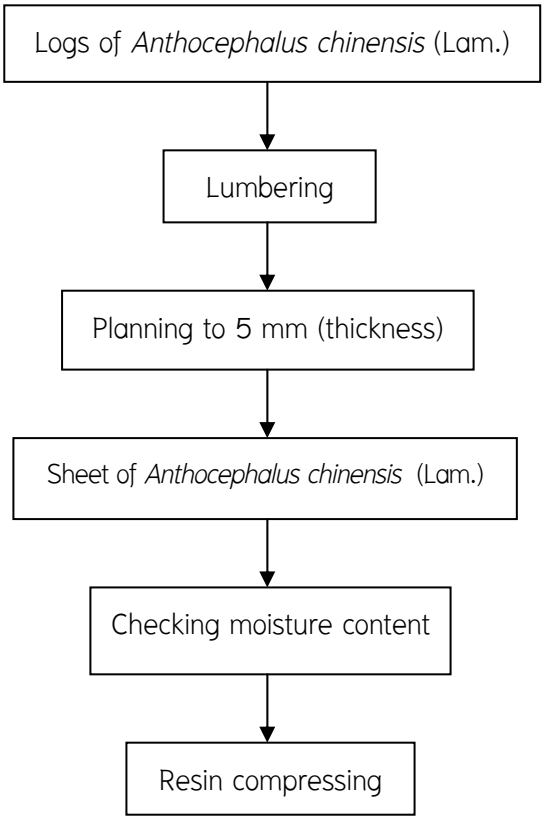


Figure 1. Wood preparation before production.

1.2 การเตรียมกาวโดยใช้กาว 2 ชนิดเป็นตัวประสาน ได้แก่ กาวไวนิลยูรีเทน (Vinyl–urethane) และกาวเรซอซินอล–ฟอร์มัลดีไฮด์ (Resorcinol)

1.3 คุณสมบัติทางกายภาพของกาวและฮาร์ดเดนเนอร์ที่นำมาศึกษามีคุณสมบัติดังนี้

Table 1. Physical properties of Vinyl–urethane.

Order	Detail	Properties
1	Commercial name	PANATEX H – 125A
2	Type	Vinyl – urethane
3	Appearance	white viscous liquid
4	Solid content	42–46 %
5	pH	6–8
6	Viscosities at 30 ^{o} C	90–120 poise
7	Hardener	CAT – 02
8	Appearance	brownish black liquid
9	Solid content	more than 98 %
10	Viscosities at 30 ^{o} C	2–4 poise
11	Adhesive composition	H 125 / CAT – 02
12	Mixing ratio	100 /15
13	Pot life	> 2 hours.
14	Glue spread	200 –300 g/m^{2}
15	Moisture content of wood	lower 12 %

Table 2. Physical properties of resorcinol formaldehyde.

Order	Detail	Properties
1	Commercial name	Welwood
2	Type	Resorcinol resin
3	Adhesive composition	Liquid Resin/ powder catalyst
4	Mixing ratio	4 part of liquid resin /1 part of powder catalyst
5	Pot life	3–4 hours at 70 ^{0}F / 45 –60 min at ^{0}F
6	Pressure temperature	70 ^{0}F
7	Glue line temperature (^{0}F) / minimum curing period (hours)	70/10, 80/6, 90/3 1/2

2. ขั้นตอนการเตรียมชิ้นทดสอบ

2.1 ขั้นตอนการผลิตแผ่นไม้อัดมีการกำหนดสภาวะในการผลิตแผ่น ดังนี้

2.1.1 วัสดุที่ใช้ในการอัดแผ่น

- ไม้ตะกู อายุ 10-30 ปี

2.1.2 ชนิดกาวที่ใช้ในการติดไม้

- กาวไวนิลยูรีเทน
- กาวเรซอซินอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ ชนิด Resorcinol

2.1.3 อัตราส่วนกาวที่ใช้ในการติดไม้

- กาวไวนิลยูรีเทน ใช้ปริมาณกาวต่อปริมาณฮาร์ดเดนเนอร์เท่ากับ 100 ต่อ 15
- กาวเรซอซินอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ ใช้ปริมาณ Liquid resin ต่อปริมาณ powder catalyst เท่ากับ 4 ต่อ 1

2.1.4 สภาวะในการผลิตแผ่นไม้อัด

ความหนาของแผ่น	5 มิลลิเมตร
ขนาดของแผ่น	20 x 150 x 10 มิลลิเมตร
ปริมาณกาว	200-300 กรัมต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร
แรงดันในการอัด	150 บาร์
ระยะเวลาในการอัด	1 ชั่วโมง

2.2 การติดกาว นำแผ่นไม้ตะกู ที่ผ่านขั้นตอนการผลิตแผ่นเรียบร้อยแล้วมาทำความสะอาดให้ปราศจากฝุ่น แล้วชั่งปริมาณกาวแต่ละชนิดตามที่คำนวณไว้ จากนั้นจึงทากาวที่ชิ้นไม้โดยการทดลองครั้งนี้ใช้วิธีการทากาวแบบ 2 ด้าน (Double glue line) จากนั้นนำแผ่นไม้ที่ทากาวมาประกบกัน

2.3 การอัดเย็น นำแผ่นไม้ที่ประกบกันเรียบร้อยแล้วไปเข้าเครื่องอัดเย็น โดยใช้แรงดัน 150 บาร์ ระยะเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำออกมาปรับสภาวะในบรรยากาศ 7 วัน แล้วนำแผ่นไม้ที่ติดกาวไปตัดโดยให้มีขนาดความกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร

2.4 การเซาะร่อง ปรับใบเลื่อยวงเดือนให้มีความสูงประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำแผ่นไม้ที่ได้มาเซาะร่องทั้ง 2 ด้าน ให้เหลื่อมกันโดยให้มีระยะห่างระหว่างรอยเซาะร่อง 1.0 เซนติเมตร

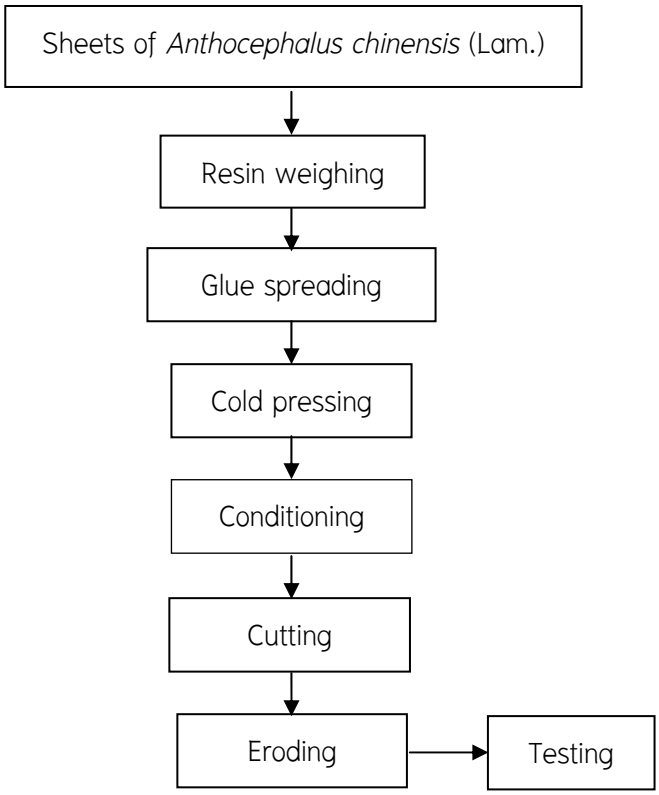
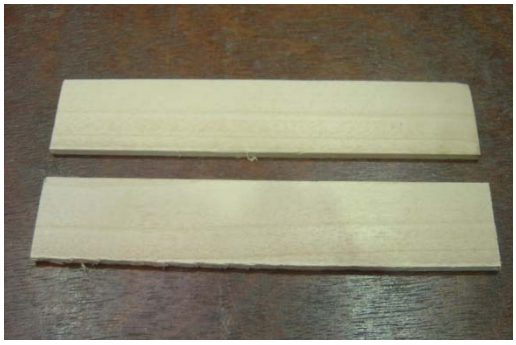


Figure 2. Product processing.



Sheets of *Anthocephalus chinensis* (Lam.)

Glue weighing

Wood assembly

Sample before testing

Testing

Figure 3. Process of production and testing.

3. การทดสอบคุณสมบัติของกาวติดไม้

การวิจัยครั้งนี้ใช้ไม้ตะกู โดยแบ่งสภาวะการทดสอบเป็นการใช้กาว 2 ชนิดแล้วนำมาทดสอบตามมาตรฐาน DIN EN 204–205 โดยแบ่งชั้นความทนทานของกาวติดไม้ประสานออกเป็น 2 ประเภทความทนทาน ได้แก่

1. ความทนทานประเภท D3 สำหรับใช้งานในอาคาร สามารถกระทบถูกน้ำในช่วงระยะเวลาสั้นได้บ่อยครั้ง หรือในที่มีความชื้นสูง หากใช้งานภายนอกอาคารไม่ควรตากแดด ตากฝนหรือใช้ในสภาพฝนฟ้ารุนแรง

2. ความทนทานประเภท D4 สำหรับใช้งานในอาคาร สามารถกระทบถูกน้ำได้เป็นระยะเวลานานและบ่อยครั้ง หากใช้งานภายนอกอาคารในสภาพฝนฟ้าที่รุนแรงได้แต่ควรมีการป้องกันด้วยการเคลือบผิวหน้าไม้ไว้ด้วย

3.1 การทดสอบคุณสมบัติไม้ตะกู ก่อนทำการติดกาว

3.1.1 ทดสอบค่าความเป็นกรดเป็นด่าง การผ่อนความเป็นกรด การผ่อนความเป็นด่างและการผ่อนความเป็นกรดเป็นด่างของไม้

3.1.2 ทดสอบความชื้นและความหนาแน่น (Moisture content and density)

3.1.3 ทดสอบค่าการเปียกของพื้นผิว (Wettability of surface)

3.2 การทดสอบคุณสมบัติของกาวติดไม้ และเปรียบเทียบคุณสมบัติโดยใช้มาตรฐาน DIN EN 204–205 (D3 และ D4)

3.2.1 ทดสอบค่าแรงเฉือนดึงของรอยต่อเกย (Tensile shear strength)

3.2.2 ทดสอบเปอร์เซ็นต์การแตกของไม้ใกล้แนวกาว (Wood failure)

3.3 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าแรงเฉือนดึงของรอยต่อเกยและการแตกของไม้ใกล้แนวกาวของแผ่นทดสอบที่ใช้กาว Vinyl–urethane และกาว Resorcinol ด้วยวิธี T–Test for independent sample (ศิริชัย, 2540)

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาด้านคุณภาพการยึดเหนี่ยวของกาวได้ศึกษาคุณสมบัติบางประการของไม้วัตถุดิบก่อนทำการติดกาวและได้ผลการทดสอบ ดังนี้

1. การทดสอบคุณสมบัติไม้ตะกูก่อนทำการติดกาว

1.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง การผ่อนความเป็นกรด การผ่อนความเป็นด่าง และการผ่อนความเป็นกรดเป็นด่างของไม้

Table 3. The analysis of pH and buffering capacity of *Anthocephalus chinensis* (Lam.) compared with Rubber wood and *Eucalyptus camaldulensis*.

Sample	pH average	Acid buffering capacity, milliequivalent ($\times 10^{-2}$)	Alkali buffering capacity, milliequivalent ($\times 10^{-2}$)	Acid–alkali buffering capacity, milliequivalent ($\times 10^{-2}$)
Anthocephalus chinensis (Lam.)	6.15	17.94	9.17	27.11
Rubber Wood*	5.78	40.80	–	–
*Eucalyptus camaldulensis***	4.88	16.47	21.70	38.17

(*Oonjittichai, 2000), (**Oonjittichai, 2003)

ไม้ตะกู มีความเป็นกรดต่ำกว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีสและไม้ยางพารา มีค่าผ่อนความเป็นกรดใกล้เคียงไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส และต่ำกว่าไม้ยางพารา มีค่าผ่อนความเป็นด่างและค่าผ่อนความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส

1.2 ความชื้นและความหนาแน่นของแผ่นไม้บางก่อนติดกาว

Table 4. Average moisture content and density of *Anthocephalus chinensis* (Lam.).

Properties	*Anthocephalus chinensis* (Lam.)
Moisture content (%)	12.03
Density (kg/m^3)	444.35

จากการทดสอบไม้ตะกูที่ใช้ก่อนการติดกาว พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย 12.03 เปอร์เซ็นต์ และความหนาแน่นเฉลี่ย 444.35 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

1.3 การทดสอบการเปียกของพื้นผิว

ประเภทของวัสดุ : ไม้ตะกู

การตั้งค่าในการวัด :

1. ชนิดของของเหลวที่ใช้ในการทดสอบ : น้ำกลั่น
2. ปริมาณของของเหลวที่หยดลงบนผิวไม้ : 50 ไมโครลิตร
3. เวลาที่ใช้ในการวัดหลังจากหยดของเหลวลงบนพื้นผิว : 30 วินาที
4. ลักษณะการวัด : ตำแหน่งของหัวเข็มอยู่ด้านนอกหยด (Outside of a drop)

Table 5. Drop shape analysis on corner measurement touches, Dispersive component of the surface tension, Polar component of the surface tension, Total surface energy of *Anthocephalus chinensis* (Lam.)

Part of drop	Corner measurement touches			Disperse part (mN/m)	Polar part (mN/m)	Total surface energy (mN/m)
	Left Theta L	Right Theta R	Average Theta M			
Tangential	15.87	16.93	16.40	57.73	25.81	83.53
Radial	18.53	19.63	19.10	57.86	25.06	82.92
Cross–section	5.43	5.47	5.43	62.34	25.81	88.15

(1) (2) (3)

Figure 4. (1) Water absorbing of wood at tangential. (2) Water absorbing of wood at radial. (3) Water absorbing of wood at cross-section.

ผลการวัดค่าการเปียกของพื้นผิวของไม้ตะกู ด้านสัมผัส ด้านรัศมี และด้านหน้าตัด มีค่ามุมสัมผัสเฉลี่ยเท่ากับ 16.40 19.10 และ 5.43 ตามลำดับ องค์ประกอบการแพร่กระจายของแรงตึงผิว 57.73 57.86 และ 62.34 ไมโครนิวตันต่อเมตร ตามลำดับ องค์ประกอบที่มีประจุของแรงตึงผิว 25.81 25.06 และ 25.81 ไมโครนิวตันต่อเมตร ตามลำดับ และพลังงานพื้นผิวทั้งหมด 83.53 82.92 และ 88.15 ไมโครนิวตันต่อเมตร ตามลำดับ

2. การทดสอบคุณสมบัติการติดกาวของไม้แบ่งตามประเภทความทนทานตามมาตรฐาน DIN EN 204-205

แบ่งประเภทความทนทานออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1 การติดกาวของไม้ความทนทานประเภท D3

Table 6. Tensile shear strength of lap joints and wood failure of *Anthocephalus chinensis* (Lam.) tested by DIN EN 204-205 durability class D3.

Condition	Types and duration	DIN EN204 D3	Vinyl-urethane		Resorcinol resin	
			Tensile shear strength (N/mm^2)	Wood failure (%)	Tensile shear strength (N/mm^2)	Wood failure (%)
1	7 days[1] in standard atmosphere[2]	≥ 10	8.11	90	5.63	90
2	7 days in standard atmosphere. 4 days in cold water[3].	≥ 2	4.90	10	5.28	80
3	7 days in standard atmosphere. 4 days in cold water. 7 days in standard atmosphere.	≥ 8	7.13	30	5.71	70

Note : [1] 1 day = 24 hours.

[2] $(23\pm2)^0$C and (50±5)% RH. or $(20\pm2)^0$C and (65 ± 5)% RH.

[3] The water shall have the same temperature as the test climate (20^0C or 23^0C)

2.2 การติดกาวของไม้ความทนทานประเภท D4

Table 7. Tensile shear strength of lap joints and wood failure of *Anthocephalus chinensis* (Lam.) tested by DIN EN 204–205 durability class D4.

Condition	Types and duration	DIN EN204 D3	Vinyl – urethane		Resorcinol resin	
			Tensile shear strength (N/mm^2)	Wood failure (%)	Tensile shear strength (N/mm^2)	Wood failure (%)
1	7 days[1] in standard atmosphere[2]	≥ 10	9.67	90	5.90	100
2	7 days in standard atmosphere. 4 days in cold water[3].	≥ 4	7.51	30	5.18	80
3	7 days in standard atmosphere. 6 hours in boiling water. 2 hours in cold water.	≥ 4	5.52	10	4.82	80
4	7 days in standard atmosphere. 6 hours in boiling water. 2 hours in cold water. 7 days in standard atmosphere.	≥ 8	4.41	20	5.71	90

Note : [1] 1 day = 24 hours.

[2] $(23\pm2)^0$C and (50±5)% RH. or $(20\pm2)^0$C and (65 ± 5)% RH.

[3] The water shall have the same temperature as the test climate (20^0C or 23^0C)

3. การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าแรงเฉือนดึงของรอยต่อเกยและการแตกของไม้ใกล้แนวกาวของแผ่นทดสอบที่ใช้กาว Vinyl–urethane และกาว Resorcinol ด้วยวิธี T–Test for independent sample

3.1 กาวประเภท D3

Table 8. T–Test for independent sample of tensile shear strength of lap joints and wood failure of *Anthocephalus chinensis* (Lam.) with Vinyl–urethane and Resorcinol resin tested by DIN EN 204–205 durability class D3.

Properties		Levene's test for equality of variances		T–test for equality of means			
		F	Sig.	t	df	Sig. (2–tailed)	Mean difference
Tensile shear strength Condition 1	Equal variances assumed	1.614	.212^{ns}	5.841	38	.000	2.4770
	Equal variances not assumed			5.841	35.640	.000	2.4770
Tensile shear strength Condition 2	Equal variances assumed	2.357	.133^{ns}	–.661	38	.513	–.3770
	Equal variances not assumed			–.661	28.565	.514	–.3770
Tensile shear strength Condition 3	Equal variances assumed	6.444	.015*	2.617	38	.013	1.4235
	Equal variances not assumed			2.167	27.735	.014	1.4235
Wood failure Condition 1	Equal variances assumed	1.857	.181^{ns}	.450	38	.655	3.5000
	Equal variances not assumed			.450	31.729	.656	3.5000
Wood failure Condition 2	Equal variances assumed	1.613	.212*	–8.401	38	.000	–71.0000
	Equal variances not assumed			–8.401	32.386	.000	–71.0000
Wood failure Condition 3	Equal variances assumed	6.201	.017*	–4.433	38	.000	–47.0000
	Equal variances not assumed			–4.433	33.013	.000	–47.0000

Note: * Significant at 95% probability level. ns non significant at 95% probability level.

3.2 กาวประเภท D4

Table 9. T–Test for independent sample of tensile shear strength of lap joints and wood failure of *Anthocephalus chinensis* (Lam.) with Vinyl–urethane and Resorcinol resin tested by DIN EN 204–205 durability class D4.

Properties		Levene's test for equality of variances		T–test for equality of means			
		F	Sig.	t	df	Sig. (2–tailed)	Mean difference
Tensile shear strength Condition 1	Equal variances assumed	4.851	.034*	5.389	38	.000	3.7750
	Equal variances not assumed			5.389	26.808	.000	3.7750
Tensile shear strength Condition 2	Equal variances assumed	26.641	.000*	3.234	38	.003	2.3270
	Equal variances not assumed			3.234	23.300	.004	2.3270
Tensile shear strength Condition 3	Equal variances assumed	1.819	.185^{ns}	1.237	38	.224	.7030
	Equal variances not assumed			1.237	31.180	.225	.7030
Tensile shear strength Condition 4	Equal variances assumed	5.616	.023*	–2.294	38	.027	–1.2915
	Equal variances not assumed			–2.294	31.941	.028	–1.2915
Wood failure Condition 1	Equal variances assumed	2.120	.154^{ns}	–1.917	38	.063	–7.5000
	Equal variances not assumed			–1.917	37.250	.063	–7.5000
Wood failure Condition 2	Equal variances assumed	1.900	.176^{ns}	–4.038	38	.000	–49.0000
	Equal variances not assumed			–4.038	36.042	.000	–49.0000
Wood failure Condition 3	Equal variances assumed	4.394	.043*	–7.504	38	.000	–64.5000
	Equal variances not assumed			–7.504	30.877	.000	–64.5000
Wood failure Condition 4	Equal variances assumed	11.301	.002*	–6.662	38	.000	–68.5000
	Equal variances not assumed			–6.662	30.007	.000	–68.5000

Note: * Significant at 95% probability level. ns non significant at 95% probability level.

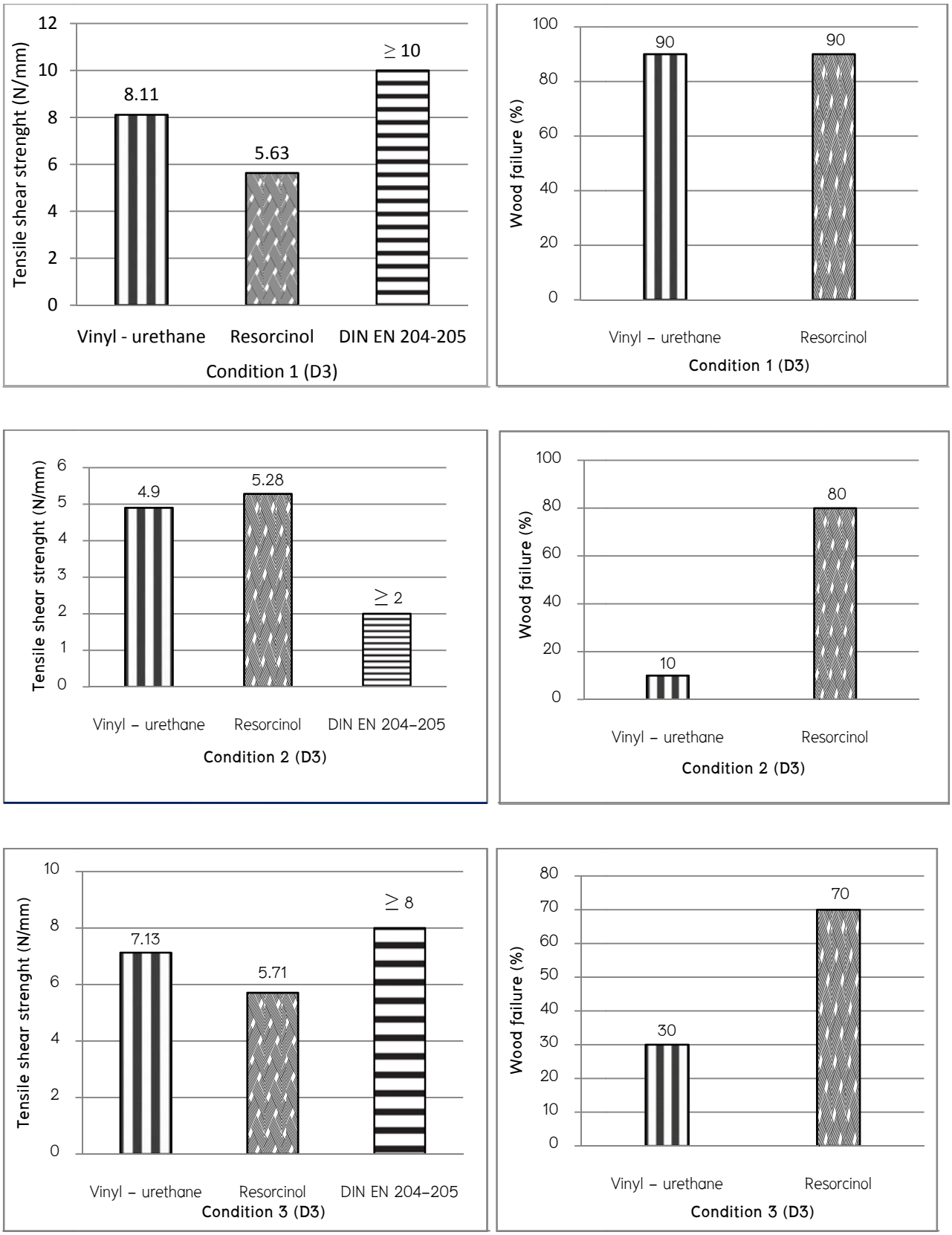
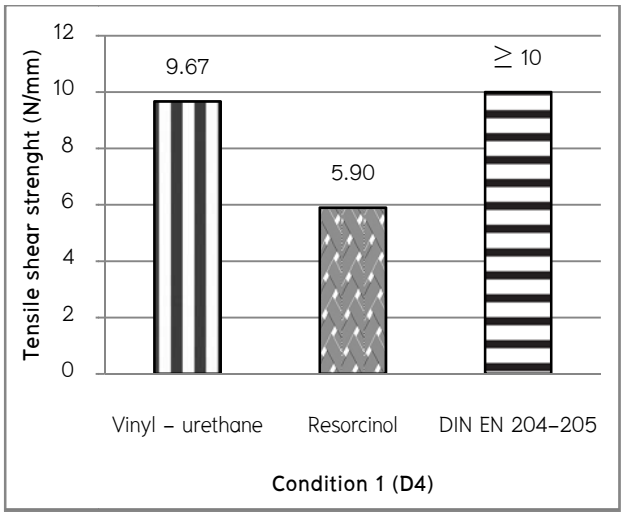
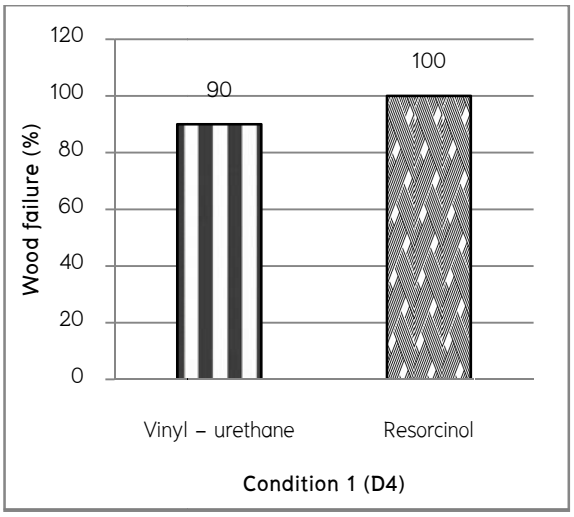
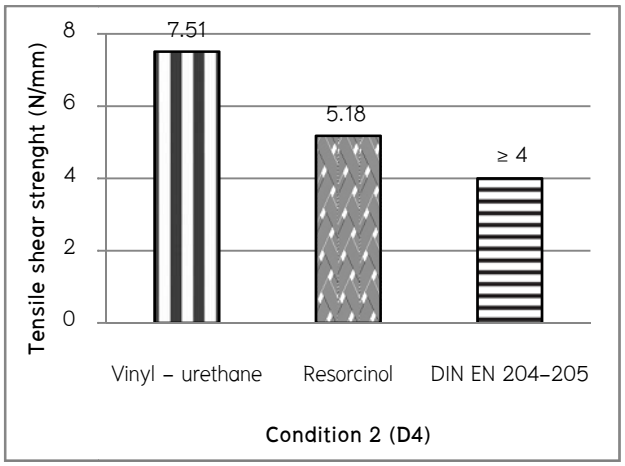
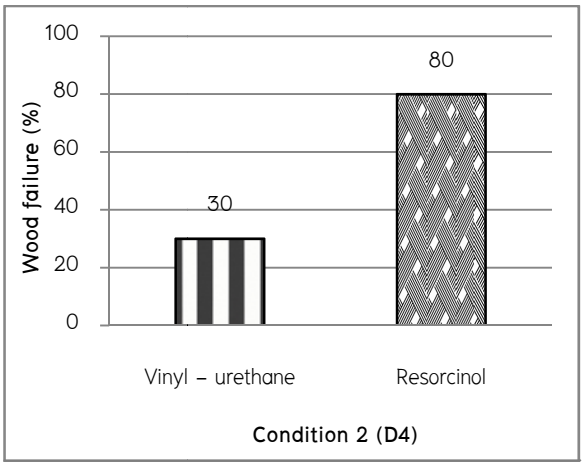


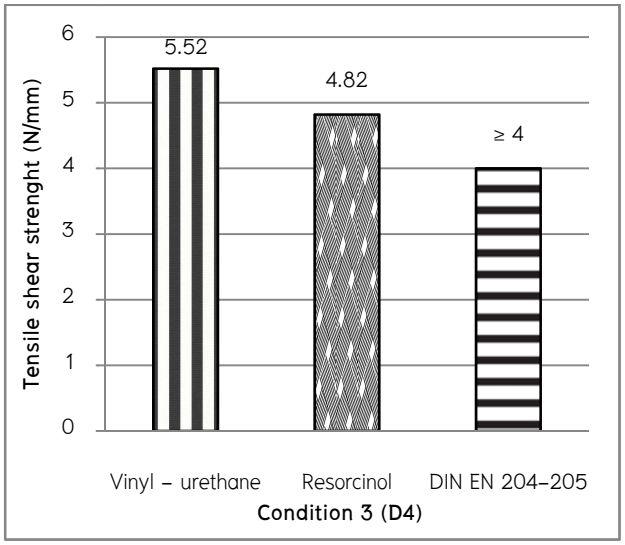
Figure 5. Tensile shear strength of lap joints and wood failure of *Anthocephalus chinensis* (Lam.) tested according to DIN EN 204–205 (D3).

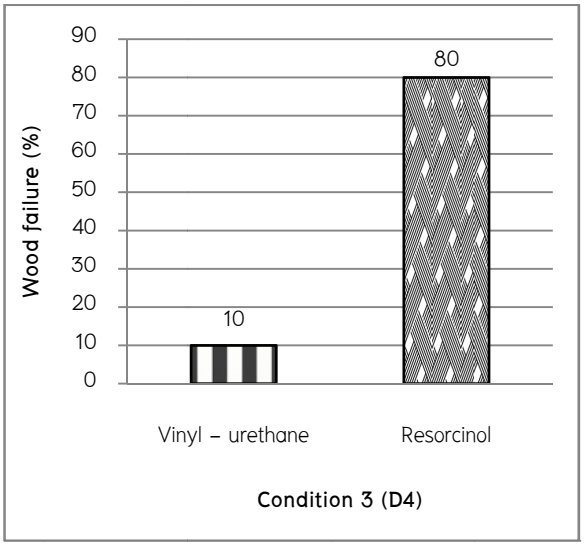

Tensile shear strenght (N/mm)
12
10
8
6
4
2
0
9.67
5.90
≥ 10
Vinyl – urethane
Resorcinol
DIN EN 204–205
Condition 1 (D4)


Wood failure (%)
120
100
80
60
40
20
0
90
100
Vinyl – urethane
Resorcinol
Condition 1 (D4)


Tensile shear strenght (N/mm)
8
6
4
2
0
7.51
5.18
≥ 4
Vinyl – urethane
Resorcinol
DIN EN 204–205
Condition 2 (D4)


Wood failure (%)
100
80
60
40
20
0
30
80
Vinyl – urethane
Resorcinol
Condition 2 (D4)


Tensile shear strenght (N/mm)
6
5
4
3
2
1
0
5.52
4.82
≥ 4
Vinyl – urethane
Resorcinol
DIN EN 204–205
Condition 3 (D4)


Wood failure (%)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
10
80
Vinyl – urethane
Resorcinol
Condition 3 (D4)

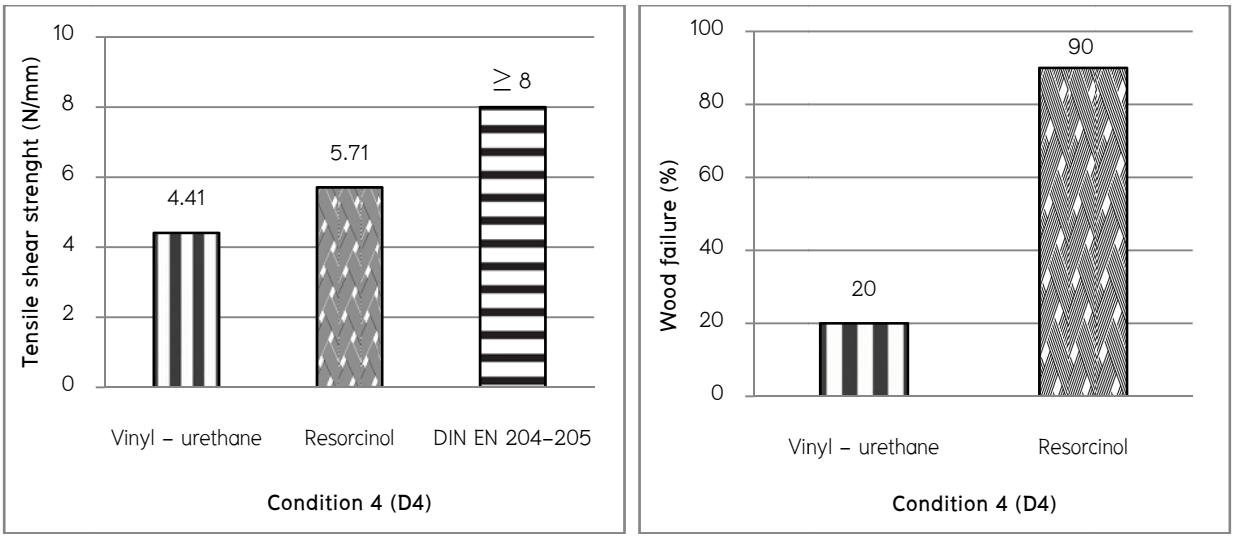


Figure 6. Tensile shear strength of lap joints and wood failure of *Anthocephalus chinensis* (Lam.) tested according to DIN EN 204–205 (D4).

การติดกาวของไม้ความทนทานประเภท D3

จากการทดสอบแรงเฉือนดึงและค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวของไม้ตะกู เปรียบเทียบการใช้กาว Vinyl–urethane และกาว Resorcinol ในสภาวะต่างๆ และนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน DIN EN 204–205 และทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี T–Test for independent sample ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลการทดสอบดังนี้

สภาวะที่ 1 เก็บในบรรยากาศ 23±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 50±5 เปอร์เซ็นต์ เวลา 7 วัน

พบว่า กาว Vinyl–urethane มีค่าแรงเฉือนดึงและค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวเท่ากับ 8.11 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าการแตกของไม้ 90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกาว Resorcinol มีค่าเท่ากับ 5.63 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และมีค่าการแตกของไม้ 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่า กาว Vinyl–urethane มีค่าแรงเฉือนดึงสูงกว่ากาว Resorcinol ส่วนค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวของกาวทั้ง 2 ชนิด มีเท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน พบว่า กาวทั้ง 2 ชนิด มีค่าแรงเฉือนดึงต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่า ค่าแรงเฉือนดึงและค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวของกาวทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สภาวะที่ 2 1. เก็บในบรรยากาศ 23±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 50±5 เปอร์เซ็นต์ เวลา 7 วัน
2. แช่ในน้ำเย็น 23±2 องศาเซลเซียส เวลา 4 วัน

พบว่า กาว Vinyl–urethane มีค่าแรงเฉือนดึงและค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาว มีค่าเท่ากับ 4.90 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าการแตกของไม้ 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกาว Resorcinol มีค่าเท่ากับ 5.28 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และมีค่าการแตกของไม้ 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่า กาว Vinyl–urethane มีค่าแรงเฉือนดึงและค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวต่ำกว่ากาว Resorcinol เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน

DIN EN 204–205 พบว่ากาวทั้ง 2 ชนิด มีค่าแรงเฉือนดึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดและเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่า ค่าแรงเฉือนดึงของกาวทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวของกาวทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สภาวะที่ 3 1. เก็บในบรรยากาศ 23±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 50±5 เปอร์เซ็นต์ เวลา 7 วัน
2. แช่ในน้ำเย็น 23±2 องศาเซลเซียส เวลา 4 วัน
3. เก็บในบรรยากาศ 23±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 50±5 เปอร์เซ็นต์ เวลา 7 วัน

พบว่า กาว Vinyl–urethane มีค่าแรงเฉือนดึงและค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาว เท่ากับ 7.13 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าการแตกของไม้ 30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกาว Resorcinol มีค่าเท่ากับ 5.71 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าการแตกของไม้ 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่า กาว Vinyl–urethane มีค่าแรงเฉือนดึงสูงกว่ากาว Resorcinol แต่กาว Vinyl–urethane ค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวต่ำกว่ากาว Resorcinol เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน พบว่ากาวทั้ง 2 ชนิด มีค่าแรงเฉือนดึงต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่า ค่าแรงเฉือนดึงและค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวของกาว ทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การติดกาวของไม้ความทนทานประเภท D4

จากการทดสอบค่าแรงเฉือนดึงและค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวของไม้ตะกู เปรียบเทียบการใช้กาว Vinyl–urethane และกาว Resorcinol ในสภาวะต่างๆ ดังนี้

สภาวะที่ 1 เก็บในบรรยากาศ 23±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 50±5 เปอร์เซ็นต์ เวลา 7 วัน

พบว่า กาว Vinyl–urethane มีค่าแรงเฉือนดึงและค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาว เท่ากับ 9.67 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าการแตกของไม้ 90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกาว Resorcinol มีค่าเท่ากับ 5.90 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าการแตกของไม้ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่า กาว Vinyl–urethane มีค่าแรงเฉือนดึงสูงกว่ากาว Resorcinol และกาวทั้ง 2 ชนิด มีค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน พบว่ากาวทั้ง 2 ชนิด มีค่าแรงเฉือนดึงต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่า ค่าแรงเฉือนดึงของกาวทั้ง 2 ชนิดมีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวของกาวทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สภาวะที่ 2 1. เก็บในบรรยากาศ 23±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 50±5 เปอร์เซ็นต์ เวลา 7 วัน
2. แช่ในน้ำเย็น 23±2 องศาเซลเซียส เวลา 4 วัน

พบว่า กาว Vinyl–urethane มีค่าแรงเฉือนดึงและค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาว เท่ากับ 7.51 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าการแตกของไม้ 30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกาว Resorcinol มีค่าเท่ากับ 5.18 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าการแตกของไม้ 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่า กาว Vinyl–urethane มีค่าแรงเฉือนดึง

สูงกว่ากาว Resorcinol และค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวต่ำกว่ากาว Resorcinol เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน พบว่ากาวทั้ง 2 ชนิด มีค่าแรงเฉือนดึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่า ค่าแรงเฉือนดึงของกาวทั้ง 2 ชนิด และค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวของกาวทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สภาวะที่ 3 1. เก็บในบรรยากาศ 23±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 50±5 เปอร์เซ็นต์ เวลา 7 วัน
2. ต้มในน้ำเดือด 6 ชั่วโมง
3. แช่ในน้ำเย็น 23±2 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง

พบว่า กาว Vinyl–urethane มีค่าแรงเฉือนดึงและค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาว มีค่าเท่ากับ 5.52 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าการแตกของไม้ 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกาว Resorcinol มีค่าเท่ากับ 4.82 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าการแตกของไม้ 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่า กาว Vinyl–urethane มีค่าแรงเฉือนดึงสูงกว่ากาว Resorcinol แต่มีค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวต่ำกว่ากาว Resorcinol เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน พบว่ากาวทั้ง 2 ชนิด มีค่าแรงเฉือนดึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่า ค่าแรงเฉือนดึงของกาวทั้ง 2 ชนิดมีแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวของกาวทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สภาวะที่ 4 1. เก็บในบรรยากาศ 23±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 50±5 เปอร์เซ็นต์ เวลา 7 วัน
2. ต้มในน้ำเดือด 6 ชั่วโมง
3. แช่ในน้ำเย็น 23±2 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง
4. เก็บในบรรยากาศ 23±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 50±5 เปอร์เซ็นต์ เวลา 7 วัน

พบว่า กาว Vinyl–urethane มีค่าแรงเฉือนดึงและค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาว เท่ากับ 4.41 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าการแตกของไม้ 20 เปอร์เซ็นต์ กาว Resorcinol มีค่าเท่ากับ 5.71 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าการแตกของไม้ 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่า กาว Vinyl–urethane มีค่าแรงเฉือนดึงและค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวต่ำกว่ากาว Resorcinol

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน พบว่ากาวทั้ง 2 ชนิด มีค่าแรงเฉือนดึงต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่า ค่าแรงเฉือนดึงและค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวของกาวทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผล

ไม้ตะกูมีความเป็นกรดต่ำกว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส และไม้ยางพารา มีค่าผ่อนความเป็นกรดใกล้เคียงไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส และต่ำกว่าไม้ยางพารา มีค่าผ่อนความเป็นด่าง และค่าผ่อนความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส

ไม้ตะกูที่ใช้ก่อนการอัดกาว พบว่ามีความชื้นเฉลี่ย 12.03 เปอร์เซ็นต์ และความหนาแน่นเฉลี่ย 444.35 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

เมื่อทำการวัดค่ามุมสัมผัสของไม้ตะกูในด้านต่างๆ พบว่า ไม้ตะกู ด้านรัศมี ด้านสัมผัส และด้านหน้าตัด มีค่าความสามารถในการเปียกที่ผิวหน้า (Wettability of surface) เรียงจากมากไปน้อย ตามลำดับ

การทดสอบคุณสมบัติของกาวติดไม้ความทนทานประเภท D3 พบว่าค่าแรงเฉือนดึง สภาวะที่ 1 และ 3 กาว Vinyl–urethane มีค่าสูงกว่ากาว Resorcinol แต่สภาวะที่ 2 กาว Resorcinol มีค่าแรงเฉือนดึงสูงกว่ากาว Vinyl–urethane ค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวสภาวะที่ 1 กาว Vinyl–urethane มีค่าเท่ากัน กับกาว Resorcinol ส่วนสภาวะที่ 2 และ 3 กาว Resorcinol มีค่าสูงกว่ากาว Vinyl–urethane เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน DIN EN 204 (D3) พบว่า กาว Vinyl–urethane และกาว Resorcinol สภาวะที่ 2 มีค่าแรงเฉือนดึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ส่วนสภาวะที่ 1 และ 3 มีค่าแรงเฉือนดึงต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และเมื่อทำการทดสอบโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี T–Test for independent sample ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สภาวะที่ 2 ค่าแรงเฉือนดึงของกาวทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสภาวะที่ 1 และ 3 ค่าแรงเฉือนดึงของกาว ทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวของกาว ทั้ง 2 ชนิด สภาวะที่ 1 มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสภาวะที่ 2 และ 3 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การทดสอบคุณสมบัติของกาวติดไม้ความทนทานประเภท D4 พบว่า ค่าแรงเฉือนดึงสภาวะที่ 1 2 และ 3 กาว Vinyl–urethane มีค่าสูงกว่ากาว Resorcinol แต่สภาวะที่ 4 กาว Vinyl–urethane มีค่าต่ำกว่ากาว Resorcinol ค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาว กาว Resorcinol มีค่าสูงกว่ากาว Vinyl–urethane ทุกสภาวะ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน DIN EN 204 (D4) พบว่า กาวทั้ง 2 ชนิด มีเพียง สภาวะที่ 2 และ 3 มีค่าแรงเฉือนดึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และเมื่อทำการทดสอบโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี T–Test for independent sample ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สภาวะที่ 1 2 และ 4 ค่าแรงเฉือนดึงของกาวทั้ง 2 ชนิดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสภาวะที่ 3 มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวของกาวทั้ง 2 ชนิด สภาวะที่ 1 มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสภาวะที่ 2 3 และ 4 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การทดสอบคุณสมบัติค่าแรงเฉือนดึงของกาวกับไม้ตะกูความทนทานประเภท D3 และ D4 พบว่า กาว Vinyl–urethane มีค่าแรงเฉือนดึงดีกว่ากาว Resorcinol แต่การใช้กาว Resorcinol มีค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาวดีกว่ากาว Vinyl–urethane

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณประทาย แก่นนาค ที่กรุณาติดต่อประสานงานเรื่องวัตถุดิบไม้จากจังหวัดกำแพงเพชร และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของสถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร ที่ได้กรุณาช่วยในการตัดทอนและขนย้ายมาเพื่อนำมาใช้ประโยชน์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้และกาวติดไม้ของสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2543. แผ่นปาร์ติเกิลจากเศษไม้คละชนิดเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม. ผลงานวิจัยกลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ 2541–2542. หน้า 91.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2546. ความรู้ทั่วไปในการใช้กาวกับงานไม้ กลุ่มอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ 151 หน้า.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2545. ความรู้ทั่วไปในการใช้กาวกับงานไม้ กลุ่มอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ 151 หน้า.

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

สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้. 2551. ไม้ตะกู (กระทุ่ม กระทุ่มบก ตุ้มหลวง ตะโกส้ม ฯลฯ), เอกสารเผยแพร่สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้. กรุงเทพมหานคร.

DEUTHCHE NORM 1991 Classification of non–structural adhesives for joining wood and wood–based panel products English version of DIN EN 204 : 1991.

DEUTHCHE NORM 1991 Classification of non–structural applications Determination of tensile shear strength of lab joints English version of DIN EN 205 : 1991.