แผ่นใยไม้อัดยิปซั่มจากไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา

Gypsum Fiber Boards from *Eucalyptus urophylla*

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

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

วีรญา ธรรมขันธ์[3] **(WEERAYA THAMMAKHAN)**

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้นำไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา (*Eucalyptus urophylla*) ผลิตเป็นแผ่นใยไม้อัดยิปซั่ม ที่ทำจากเส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลาผสมกับยิปซั่มในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 15:85 20:80 25:75 และ 30:70 โดยแผ่นที่ผลิตได้นำไปทดสอบคุณลักษณะตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D 1037 จากนั้น นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสมบัติด้านต่าง ๆ ของแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มจากไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา สรุปได้ว่า อัตราส่วนของเส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลากับยิปซั่มมีอิทธิพลต่อสมบัติทางกายภาพ และกลสมบัติของแผ่นใยไม้อัดยิปซั่ม และอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำมาผลิตแผ่นใยไม้อัดยิปซั่ม คือ 25:75

คำหลัก: แผ่นใยไม้อัดยิปซั่ม ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา

---

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

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

[3] ผู้ช่วยนักวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ e-mail : weraya_ku63@yahoo.com

ABSTRACT

Research study for gypsum fiber board made from *Eucalyptus urophylla*. The ratio of experiment boards at fiber and gypsum with various 4 levels; 15:85, 20:80, 25:75, and 30:70. Properties of boards were tested by ASTM D 1037. The data gathered were analyzed by statistical method.

The results demonstrated that more fiber can be increased physical (WA and TS) and mechanical properties (MOR and MOE). Suitable matrix for manufacturing gypsum fiber board made from *Eucalyptus urophylla* were fiber and gypsum ratio 25:75.

Key words: Gypsum Fiber Board, *Eucalyptus urophylla*

คำนำ

แผ่นใยไม้อัดยิปซั่ม (Gypsum fiber board) เป็นผลิตภัณฑ์กลุ่มหนึ่งในแผ่นไม้อัดสารแร่ (Wood mineral-bonds panels) และรวมอยู่ในพวกผลิตภัณฑ์แผ่นไม้ประกอบ (Wood-based panels) ซึ่งเป็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางไม้ (Wood science and technology) ชนิดหนึ่งที่ได้รับความสนใจจากวิกฤตการณ์ด้านป่าไม้ซึ่งไม้ใหญ่ๆ จากป่าธรรมชาติเริ่มขาดแคลน จึงหันมาให้ความสนใจและต้องนำไม้โตเร็วจากป่าปลูกมาใช้ ประกอบกับการตระหนักถึงอันตรายจากฝุ่นผงใยหิน (Asbestos fiber) จากแผ่นกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน (Asbestos-cement board) และสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) จากแผ่นไม้อัดไม้ประกอบที่ใช้กาวเป็นสารเชื่อม

การวิจัยและพัฒนาเพื่อการผลิตแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มโดยศึกษาเทคโนโลยีการผลิตใหม่ๆ รวมทั้งพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของการผลิต ตลอดจนคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้มาตรฐานการใช้งานที่ดีควบคู่ไปกับการพัฒนารูปแบบ ในการนำแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มไปใช้งานให้กว้างขวางยิ่งขึ้น จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการไปพร้อมกับการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมแผ่นไม้ประกอบ นอกจากนั้น การวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการผลิตไม่ว่าจะเป็นด้านวัตถุดิบและกระบวนการผลิตนับเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตได้แก่ ชนิดไม้และสารเคมีเติมแต่งเป็นปัญหาที่มีความสลับซับซ้อนมีความสัมพันธ์กระทบถึงปัจจัยในกระบวนการผลิตทั้งระบบ หากมีการเปลี่ยนแปลงทั้งชนิดและปริมาณของวัตถุดิบอย่างใดอย่างหนึ่งย่อมเป็นผลกระทบให้กระบวนการผลิตต้อง

เปลี่ยนแปลงไปด้วยการแก้ไขปัญหาจึงต้องดำเนินการเป็นรูปแบบการศึกษาวิจัยเพื่อให้ได้ผลในการนำไปใช้เป็นแนวทางปฏิบัติในโรงงานจนเกิดประสิทธิภาพได้ต่อไป

วิธีการศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้นำไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา (*Eucalyptus urophylla*) ของสถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา อายุ 7 ปี (ปลูกปี พ.ศ. 2549) (Figure 1a) นำมาสับเป็นชิ้นไม้สับ (Figure 2a and 3a) และร่อนคัดขนาดเพื่อเอาฝุ่นผงออก จากนั้นนำไปแยกเยื่อโดยใช้กรรมวิธีการแยกเยื่อแบบแอสพลุนด์ (Figure 1b) นำเยื่อหยาบที่ได้นำไปบดละเอียด (Figure 2b) และอบแห้งให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 3–5 เพื่อทำเป็นแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มโดยมีสภาวะในการวิจัย ดังนี้

ความหนาแน่นของแผ่น	1,200 กก./ลบ.ม.
ความหนาของแผ่น	10 มม.
ขนาดของแผ่น	35 X 35 ตร.ซม.
ปริมาณสารหน่วงการแข็งตัวที่ใช้ต่อน้ำหนักของยิปซั่มร้อยละ	5
อัตราส่วนของเส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลากับยิปซั่ม	15:85 20:80 25:75 และ 30:70

นำเส้นใยที่เตรียมไว้แล้วไปผสมกับยิปซั่ม และสารหน่วงการแข็งตัวในเครื่องผสม (Figure 3b) ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ จากนั้นนำไปโรยในกล่องทำแผ่นโดยให้กระจายอย่างสม่ำเสมอ เสร็จแล้วนำไปอัดเย็นและจับยึดด้วยแบบจับยึด เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Figure 1c and 2c) แกะแบบจับยึดออก ผึ่งกระแสอากาศประมาณ 30 วัน (Figure 3c)

แผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่ได้นำมาตัดเป็นชิ้นทดสอบสมบัติเชิงกลและทางกายภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D 1037 และนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาสมบัติของแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มจากไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา ที่ใช้เส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลาผสมกับยิปซั่มในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 15:85 20:80 25:75 และ 30:70 แสดงให้เห็นว่า

1a	2a	3a
1b	2b	3b
1c	2c	3c

1a *Eucalyptus urophylla* plantation

2a Lumbering

3a Chiping

1b Defibrating

2b Refiner

3b Mixing

1c Pressing

2c Clamp board

3c Seasoning

Figure 1. Gypsum fiber board manufacturing

1. ความหนา และปริมาณความชื้น (Thickness and moisture content)

แผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลามีค่าความหนาเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10.32–11.28 มม. และปริมาณความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 13.01% – 16.25% (Table 1)

2. การดูดซึมน้ำ (Water absorption)

การดูดซึมน้ำของแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 26.74% – 31.49% โดยแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่อัตราส่วน 15:85 มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยต่ำสุด คือ 26.74% (Table 1 and Figure 2)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า อัตราส่วนของเส้นใยต่อยิปซั่ม มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

นำค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า แผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่อัตราส่วน 30:70 มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยสูงสุดและแตกต่างจากแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่อัตราส่วนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3. การพองตัวตามความหนา (Thickness swelling)

ค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.16% – 2.21% โดยแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่อัตราส่วน 15:85 มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยต่ำสุด คือ 0.16% (Table 1 and Figure 3)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า อัตราส่วนของเส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา ต่อยิปซั่มมีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

นำค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า แผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่อัตราส่วน 15:85 และ 20:80 มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4. ค่าความต้านแรงดัด (Modulus of rupture)

ค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.74 – 6.42 MPa โดยแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่อัตราส่วน 25:75 มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยสูงสุด คือ 6.42 MPa (Table 2 and Figure 4)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า อัตราส่วนของเส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา ต่อยิปซั่มมีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

Table 1. Physical properties of gypsum fiber board from *Eucalyptus urophylla.*

Fiber and gypsum ratio	Thickness (mm.)	Moisture content (%)	Water absorption (%)	Thickness swelling (%)
15:85	10.32	13.94	26.74 a	0.16 a
20:80	10.76	16.25	26.88 a	0.38 a
25:75	10.82	13.54	28.01 a	1.45 b
30:70	11.28	13.01	31.49 b	2.21 c

Remark: Groups with same letter in a column indicate that there is no statistical difference ($p < 0.05$) between samples according Duncan's multiply range test.

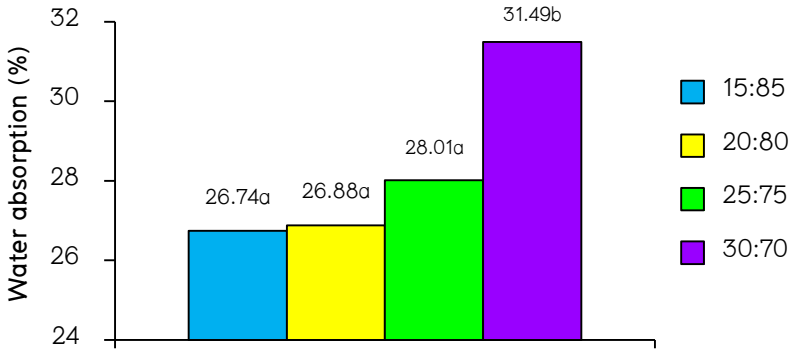

Figure 2. Water absorption of gypsum fiber board from *Eucalyptus urophylla*

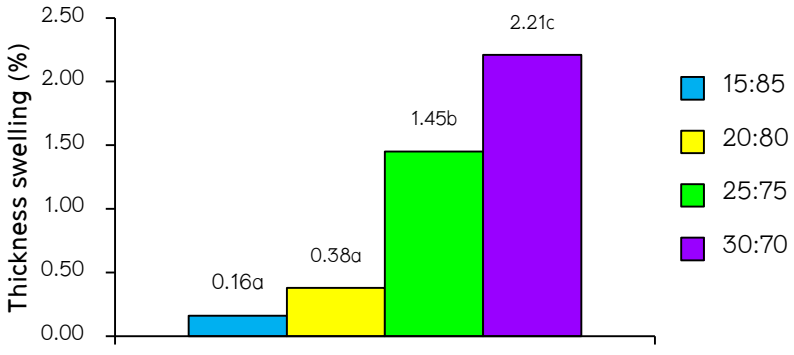

Figure 3. Thickness swelling of gypsum fiber board from *Eucalyptus urophylla*

Table 2. Mechanical properties of gypsum fiber board from *Eucalyptus urophylla*

Fiber and gypsum ratio	Modulus of rupture (MPa)	Modulus of elasticity (MPa)	Internal bonding (MPa)
15:85	4.74 a	2,039 a	0.69 b
20:80	5.28 a	2,065 a	0.62 b
25:75	6.42 b	1,950 a	0.62 b
30:70	6.35 b	1,673 a	0.39 a

Remark: Groups with same letter in a column indicate that there is no statistical difference ($p < 0.05$) between samples according Duncan's multiply range test.

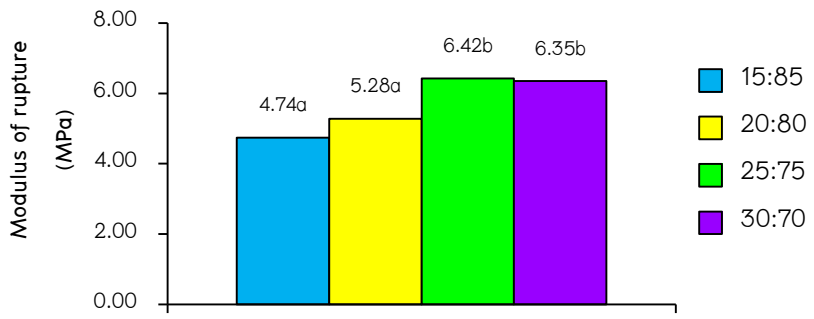

Figure 4. Modulus of rupture of gypsum fiber board from *Eucalyptus urophylla*

นำค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า แผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่อัตราส่วน 15:85 และ 20:80 มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยแตกต่างจากแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่อัตราส่วน 30:70 และ 25:75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

5. ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity)

ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,673 – 2,065 MPa พบว่า แผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่อัตราส่วน 20:80 มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยสูงสุด คือ 2,065 MPa (Table 2 and Figure 5)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า อัตราส่วนของเส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา ต่อยิปซั่มไม่มีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

6. ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal bonding)

ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.39 – 0.69 MPa โดยแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่อัตราส่วน 15:85 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยสูงสุด คือ 0.69 MPa (Table 2 and Figure 6)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า อัตราส่วนของเส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา ต่อยิปซั่มมีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

นำค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า แผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่อัตราส่วน 30:70 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยต่ำสุดและมีความแตกต่างจากแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่อัตราส่วนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

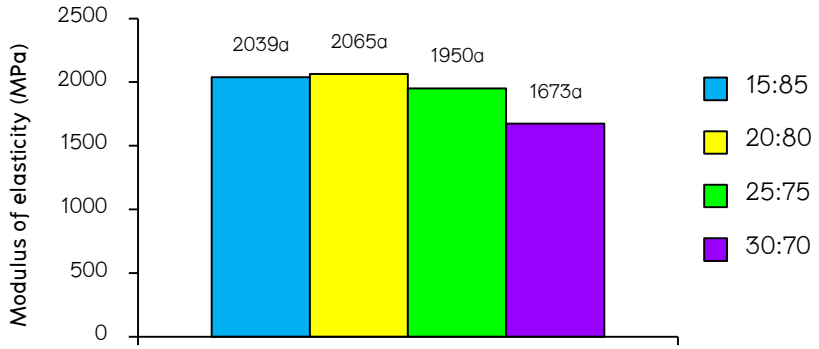

Figure 5. Modulus of elasticity of gypsum fiber board from *Eucalyptus urophylla*

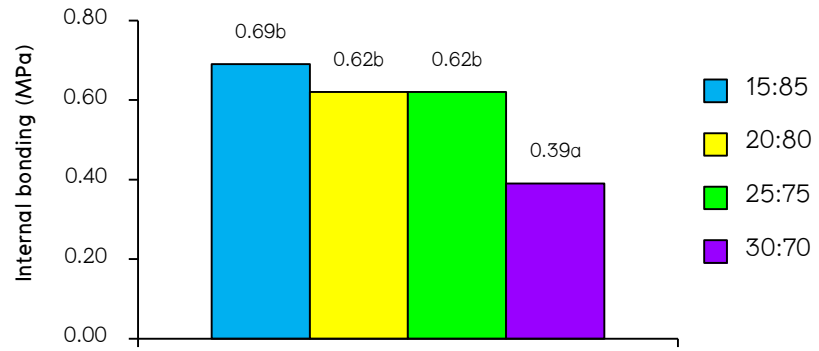

Figure 6. Internal bonding of fiber gypsum board from *Eucalyptus urophylla*

สรุปผล

สมบัติทางกายภาพและกลสมบัติของแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มจากไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลล าที่ทำจากเส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา กับยิปซั่มในอัตราส่วน 15:85 20:80 25:75 และ 30:70 ในการผลิต ผลสรุปได้ดังนี้

1. การดูดซึมน้ำ

การดูดซึมน้ำของแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มจากไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา ที่ใช้เส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา กับยิปซั่มในอัตราส่วน 15:85 มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยต่ำสุด คือ 26.74%

อัตราส่วนของเส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา กับยิปซั่มมีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่อัตราส่วน 15:85 20:80 และ 25:75 มีค่าการดูดซึมน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดลองจะเห็นได้ว่า การเพิ่มอัตราส่วนเส้นใยมากขึ้น มีผลให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น

2. การพองตัวตามความหนา

อัตราส่วนของเส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา กับยิปซั่มมีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มจากไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) การเพิ่มปริมาณเส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลาในแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มมีอิทธิพลทำให้ค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่อัตราส่วน 25:75 และ 30:70 มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยสูงกว่าที่อัตราส่วน 15:85 และ 20:80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่อัตราส่วน 15:85 มีค่าการพองตัวตามความหนาต่ำสุด คือ 0.16%

3. ค่าความต้านแรงดัด

จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนของเส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา กับยิปซั่มมีผลต่อค่าความต้านแรงดัดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความต้านแรงดัดสูงขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากเส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลาจะเป็นตัวประสานกับยิปซั่มทำให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ที่อัตราส่วน 25:75 ให้ค่าความต้านแรงดัดสูงสุด คือ 6.42 MPa รองลงมา คือ อัตราส่วน 30:70 โดยค่าทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น

ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่ทุกอัตราส่วนมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณเส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา ในแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่เพิ่มขึ้นจะไม่มีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย

5. ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

แผ่นใยไม้อัดยิปซั่มที่อัตราส่วน 15:85 20:80 และ 25:75 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน เมื่อเพิ่มปริมาณของเส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา มีผลให้ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยลดลง เนื่องจากเมื่อปริมาณยิปซั่มลดลงมีผลให้เส้นใยเกิดการยึดเหนี่ยวลดลง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสมบัติด้านต่าง ๆ ของแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มจากไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา สรุปได้ว่า อัตราส่วนของเส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลากับยิปซั่มมีอิทธิพลต่อสมบัติทางกายภาพ และกลสมบัติของแผ่นใยไม้อัดยิปซั่ม เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลา มีผลให้ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าการพองตัวตามความหนา และค่าความต้านแรงดัดของแผ่นใยไม้อัดยิปซั่มสูงขึ้น แต่จะทำให้ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าลดลง ส่วนค่ามอดุลัสยืดหยุ่นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการทดลองจะเห็นว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำมาผลิตแผ่นใยไม้อัดยิปซั่ม คือ 25:75

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงได้ก็เพราะได้รับความร่วมมืออย่างดียิ่งจากผู้ร่วมงานทุกท่าน จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ ขอขอบคุณสถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ที่สนับสนุนไม้ยูคาลิปตัส ยูโรฟิลลาเพื่อเป็นวัตถุดิบหลักในการทดลองครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จรัญ จันทลักขณา. 2534. สถิติ วิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 6. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 468 น.

บุญนำ เกี่ยวข้อง และ มยุรี ดวงเพชร. 2542. คู่มือปฏิบัติการทดสอบเชิงกลของไม้. ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อนันตชัย เขื่อนธรรม. 2539. หลักการวางแผนการทดลอง. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 395 น.

ASTM 1999. American Society for Testing and Materials: Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood–Base Fiber and Particle Panel Materials . No. ASTM D 1037–99.

Kollmann, F.F.P., E.W. Kuenzi and A.J. Stamm. 1975. Principle of Wood Science and Technology. Vol II. Springer–Verlag, New York.

Maloney, T.M. 1993. Modern Particleboard & Dry–Process Fiberboard Manufacturing. Updated edition. Miller Freeman Inc., California.