เอ็ม ดี เอฟ ไม้ไผ่ที่เป็นมิตรกับผู้บริโภค

Bamboo MDF for Good Life Consumer

ปิยะวดี บัวจงกล[1] **(PIYAWADE BAUCHONGKOL)**
วัลยุทธ เฟื่องวิวัฒน์[2] **(VALLAYUTH FUEANGVIVAT)**
วีรญา ธรรมขันธ์[3] **(WEERAYA THAMMAKHAN)**

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาทำแผ่นเอ็ม ดี เอฟ จากไม้ไผ่ 4 ชนิด คือ ไผ่รวกดำ (*Thyrsostachys oliveri* Gamble) ไผ่มันหมู (*Dendrocalamus copelandii* Gamble ex Brandis) ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble) และไผ่กิมซุง (*Bambusa beecheyana* Munro) ที่ใช้กาวตามชนิดและปริมาณที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% 2) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% 3) กาว pMDI 7% และ 4) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อม โดยแผ่นที่ผลิตได้นำไปทดสอบคุณลักษณะตามเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966–2547 และมาตรฐาน JIS A 5905–1994 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ

จากสมบัติทางกายภาพและกลสมบัติของแผ่นเอ็ม ดี เอฟ จากไม้ไผ่ทั้ง 4 ชนิด พบว่า แผ่นที่ใช้กาว pMDI ในปริมาณ 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งซึ่งเป็นกาวที่ไม่มีสารระเหยประเภทฟอร์มัลดีไฮด์ มีคุณลักษณะผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด อีกทั้งยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับผู้บริโภค

คำหลัก: แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ไผ่รวกดำ ไผ่มันหมู ไผ่รวก ไผ่กิมซุง

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

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

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

ABSTRACT

Research and development for medium density fiberboard (MDF) made from Pai ruak dum (*Thyrsostachys oliveri* Gamble), Pai mun moo (*Dendrocalamus copelandii* Gamble ex Brandis), Pai ruak (*Thyrsostachys siamensis* Gamble), and Pai kim sung (*Bambusa beecheyana* Munro) were manufactured by 4 glue types that 1) Urea formaldehyde (UF) 10%, 2) UF 12%, 3) Polymeric Diphenyl Methane Diisocyanate (pMDI) 7%, and 4) UF 5% and pMDI 2% of bamboo fiber oven dry weight. All experimental boards were tested and analyzed the results for properties according to TISI 966-2547(2004) and JIS A 5905-1994.

The results indicated that all of bamboo types gluing with pMDI 7% of oven dry weight of bamboo fiber suitable for manufacturing MDF for good life consumer (non formaldehyde emission).

Key words: medium density fiberboard (MDF), *Thyrsostachys oliveri* Gamble, *Dendrocalamus copelandii* Gamble ex Brandis, *Thyrsostachys siamensis* Gamble, *Bambusa beecheyana* Munro.

คำนำ

ไผ่เป็นไม้ชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตในระยะเวลาสั้น และสามารถปลูกได้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน อีกทั้งยังเป็นพืชที่มีประโยชน์อย่างหลากหลาย ใบ ใช้ทำปุ๋ย หน่อใช้ทำอาหาร และลำไผ่ ซึ่งใช้ในการก่อสร้าง เป็นต้น จากการใช้ไม้โตเร็วเพื่อเป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรมแผ่นไม้ประกอบ และเยื่อกระดาษในแต่ละปีเป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นทุกปี ดังนั้น เพื่อเป็นการรองรับความต้องการใช้ไม้ในปัจจุบันจึงได้มีการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวางเพื่อที่จะหาไม้ หรือวัสดุที่เป็นเส้นใยมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเพิ่มมากขึ้น เพื่อเป็นการเพิ่มทางเลือกใหม่แก่โรงงานอุตสาหกรรม

จากในอดีตมีการวิจัยและพัฒนานำไม้ไผ่มาผลิตแผ่นไม้ประกอบ หลากหลายประเภท เช่น แผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง และแผ่นไม้ประกับ ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้สามารถนำไปพัฒนาในระบบอุตสาหกรรมเพื่อผลิตเป็นวัสดุแผ่นไม้ประกอบที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทดแทนไม้จริงได้เป็นอย่างดี ทั้งในงานก่อสร้างอาคารบ้านเรือน และงานเฟอร์นิเจอร์ ตามคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์นั้นๆ แต่เนื่องจากในอดีตเราไม่มีการคำนึงถึงสภาพแวดล้อม และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับผู้บริโภค อันเนื่องมาจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ซึ่งก็คือ สารเชื่อม หรือกาว นั่นเอง การวิจัยในครั้งนี้

มีแนวคิดที่จะผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง หรือที่เรียกกันว่า แผ่น เอ็ม ดี เอฟ ที่เป็นมิตรกับผู้บริโภคโดยใช้กาวที่มีสารระเหยประเภทฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ หรือที่เรียกกันในทางการค้าว่า “กาว E_0” ซึ่งจะแตกต่างจากการวิจัยในอดีตที่ผ่านมาที่ใช้กาวที่มีสารฟอร์มัลดีไฮด์เป็นส่วนผสมอยู่ในปริมาณที่สูง หรือที่เรียกว่า “กาวE_2” ที่ใช้ผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางในท้องตลาด

การวิจัยในครั้งนี้มีแนวความคิดที่จะศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจากไผ่แต่ละชนิดเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม

วิธีการศึกษา

การศึกษาวิจัยการทำแผ่นเอ็ม ดี เอฟ (medium density fiberboard; MDF) โดยกำหนดปัจจัยในการทดลอง 2 ปัจจัย คือ ชนิดไผ่ และชนิดกาวที่ใช้ โดยวางแผนการทดลองแบบ 4x4 แฟคตอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (4x4 factorial experiment in completely randomized design) การทดลองมี 16 ทรีทเมนต์คอมบิเนชั่น แต่ละระดับมีจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนว่าผลการทดสอบนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ ถ้าปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ก็จะนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple Rang Test (DMRT) พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966–2547 และมาตรฐาน JIS A5905–1994

1. วัตถุดิบที่ใช้

ไผ่ที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 4 ชนิด (ภาพที่ 1) ดังนี้

1.1 ไผ่รวกดำ (*Thyrsostachys oliveri* Gamble) จากท้องที่อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน

1.2 ไผ่มันหมู (*Dendrocalamus copelandii* Gamble ex Brandis) จากท้องที่อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

1.3 ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble) จากท้องที่อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี

1.4 ไผ่กิมซุง (*Bambusa beecheyana* Munro) จากท้องที่อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี

2. การเตรียมวัตถุดิบ

นำไม้ไผ่มาสับเป็นชิ้นไม้ไผ่สับ (bamboo chip) แล้วนำมาแยกเยื่อโดยใช้กรรมวิธีการแยกเยื่อแบบแอสพลุนด์ เยื่อหยาบที่ได้จะไปผ่านเครื่องบดละเอียดให้เยื่อมีค่าความเป็นอิสระเท่ากับ 20±1 DS จากนั้นนำเส้นใยไปอบให้เหลือความชื้นประมาณ 3–5% แล้วใส่ถุงพลาสติกรัดปากถุงให้แน่นเพื่อใช้ทำแผ่นต่อไป

1a 1b
1c 1d

1a Pai ruak dum (*Thyrsostachys oliveri* Gamble)
1b Pai mun moo (*Dendrocalamus copelandii* Gamble ex Brandis)
1c Pai ruak (*Thyrsostachys siamensis* Gamble)
1d Pai kim sung (*Bambusa beecheyana* Munro)

Figure 1. Bamboo as raw material

3. การทำแผ่น

เส้นใยไผ่จากข้อ 2. นำมาทำแผ่นเอ็ม ดี เอฟ โดยมีสภาวะในการวิจัย ดังนี้

ความหนาแน่นของแผ่น	750 กก./ลบ.ม.
ความหนาของแผ่น	10 มม.
ความชื้นของเยื่อก่อนผสมกาวร้อยละ	3-5

การวิจัยในครั้งนี้ทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง หรือที่เรียกกันว่า แผ่น เอ็ม ดี เอฟ ที่เป็นมิตรกับผู้บริโภคโดยใช้กาวที่มีสารระเหยประเภทฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ หรือที่เรียกกันในทางการค้าว่า “กาว E_0” เพื่อเปรียบเทียบสมบัติของแผ่นกับการใช้กาวที่มีสารฟอร์มัลดีไฮด์เป็นส่วนผสมอยู่ในปริมาณที่สูง หรือที่เรียกว่า “กาวE_2” ที่ใช้ผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางในท้องตลาด ดังนี้

3.1 กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (urea formaldehyde; UF) ใช้กาวประเภท E_2 ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ที่ร้อยละ 0.2% โดยใช้ในปริมาณ 10% และ 12% ของน้ำหนักของเยื่อแห้ง

3.2 กาวโพลีเมอริค ไดฟีนิลมีเทน ไดไอโซไซยาเนต (polymeric diphenyl methane diisocyanate; pMDI) เป็นกาวที่ไม่มีฟอร์มัลดีไฮด์เป็นส่วนผสม และไม่มีการปลดปล่อยสารระเหยจากผลิตภัณฑ์ จัดเป็นกาวประเภท non formaldehyde emission จึงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภคโดยใช้ในปริมาณ 7% ของน้ำหนักของเยื่อแห้ง

3.3 กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ในปริมาณ 5% ของน้ำหนักเยื่อแห้งผสมกับกาว pMDI ในปริมาณ 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเพื่อลดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ลง

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ได้นำมาผึ่งกระแสอากาศเพื่อปรับสภาวะความชื้นและอุณหภูมิประมาณ 1 สัปดาห์ นำไปตัดเป็นชิ้นทดสอบสำหรับทดสอบสมบัติตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547 และมาตรฐาน JIS A 5905-1994

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

เมื่อทำการเปรียบเทียบสมบัติของ แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำการศึกษาวิจัยจากไม้ไผ่ 4 ชนิด คือ ไผ่รวกดำ ไผ่มันหมู ไผ่รวก และไผ่กิมซุง ที่ใช้กาวตามชนิดและปริมาณที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% 2) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% 3) กาว pMDI 7% และ 4) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% กับมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547 และมาตรฐาน JIS A 5905-1994 แสดงให้เห็นว่า

1. ความหนา และปริมาณความชื้น

แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่มีค่าความหนาเฉลี่ยอยู่ในช่วง 9.69 – 10.45 มม. และปริมาณความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.16% – 8.44% (Table 1)

2. การดูดซึมน้ำ

การดูดซึมน้ำของแผ่นเอ็ม ดี เอฟ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 16.60% – 66.79% โดยแผ่นที่ทำจากไม้ไผ่กิมซุงใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยต่ำสุด คือ 16.60% (Table 1 และ Figure 2)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยเดี่ยว และปัจจัยร่วมของชนิดไผ่และกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

นำค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า

2.1 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ใช้กาว pMDI 7% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อม มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยเรียงจากน้อยไปหามากตามลำดับ และเป็นค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2.2 เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% เป็นสารเชื่อมค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่รวกดำ ไผ่มันหมู และไผ่รวก มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

2.3 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ จากไผ่มันหมู ไผ่รวก และไผ่กิมซุงที่ใช้กาว pMDI 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อม มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่รวกดำ

3. การพองตัวตามความหนา

ค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.55% – 14.99% พบว่า แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่ทั้ง 4 ชนิด และทุกชนิดและปริมาณกาวที่ใช้มีค่าการพองตัวตามความหนาผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966–2547 และมาตรฐาน JIS A 5905–1994 กำหนด ยกเว้นแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่รวกดำที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าการพองตัวตามความหนาผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966–2547 แต่ไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905–1994 กำหนด (Table 1 และ Figure 2)

Table 1. Physical properties of MDF from bamboo

Bamboo type	Glue type	Thickness (mm.)	Moisture content (%)	Water absorption (%)		Thickness swelling (%)	
TISI 966-2547 (2004)		10 ± 1.0	4.00 – 10.00	–		≤15.00	
JIS A 5905-1994		10 ± 1.0	5.00 – 13.00	–		≤12.00	
Pai Ruak dum (*Thyrsostachys oliveri*)	UF 10%	10.19	7.85	59.62	B	14.99	A
	UF 12%	10.08	8.11	52.00	CD	10.47	C
	pMDI 7%	9.87	6.20	28.15	F	9.59	C
	UF 5%+ pMDI 2%	9.87	6.20	28.15	F	9.59	C
Pai Mun moo (*Dendrocalamus copelandii*)	UF 10%	10.45	8.44	48.44	D	11.50	B
	UF 12%	10.03	8.29	40.18	E	10.27	C
	pMDI 7%	9.71	6.17	20.74	GH	8.14	D
	UF 5%+ pMDI 2%	9.97	7.66	22.76	FG	9.59	C
Pai Ruak (*Thyrsostachys siamensis*)	UF 10%	9.96	7.56	54.98	BC	11.88	B
	UF 12%	9.92	7.73	49.68	D	9.93	C
	pMDI 7%	9.69	6.62	18.98	GH	8.00	D
	UF 5%+ pMDI 2%	9.87	6.20	28.15	F	6.55	E
Pai Kim sung (*Bambusa beecheyana*)	UF 10%	9.75	7.53	66.79	A	11.95	B
	UF 12%	10.10	7.58	48.93	D	9.76	C
	pMDI 7%	9.69	6.47	17.77	GH	7.97	D
	UF 5%+ pMDI 2%	9.82	6.16	16.60	H	6.55	E

Remark: Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at experiment-wise error rate, $\alpha = 0.05$

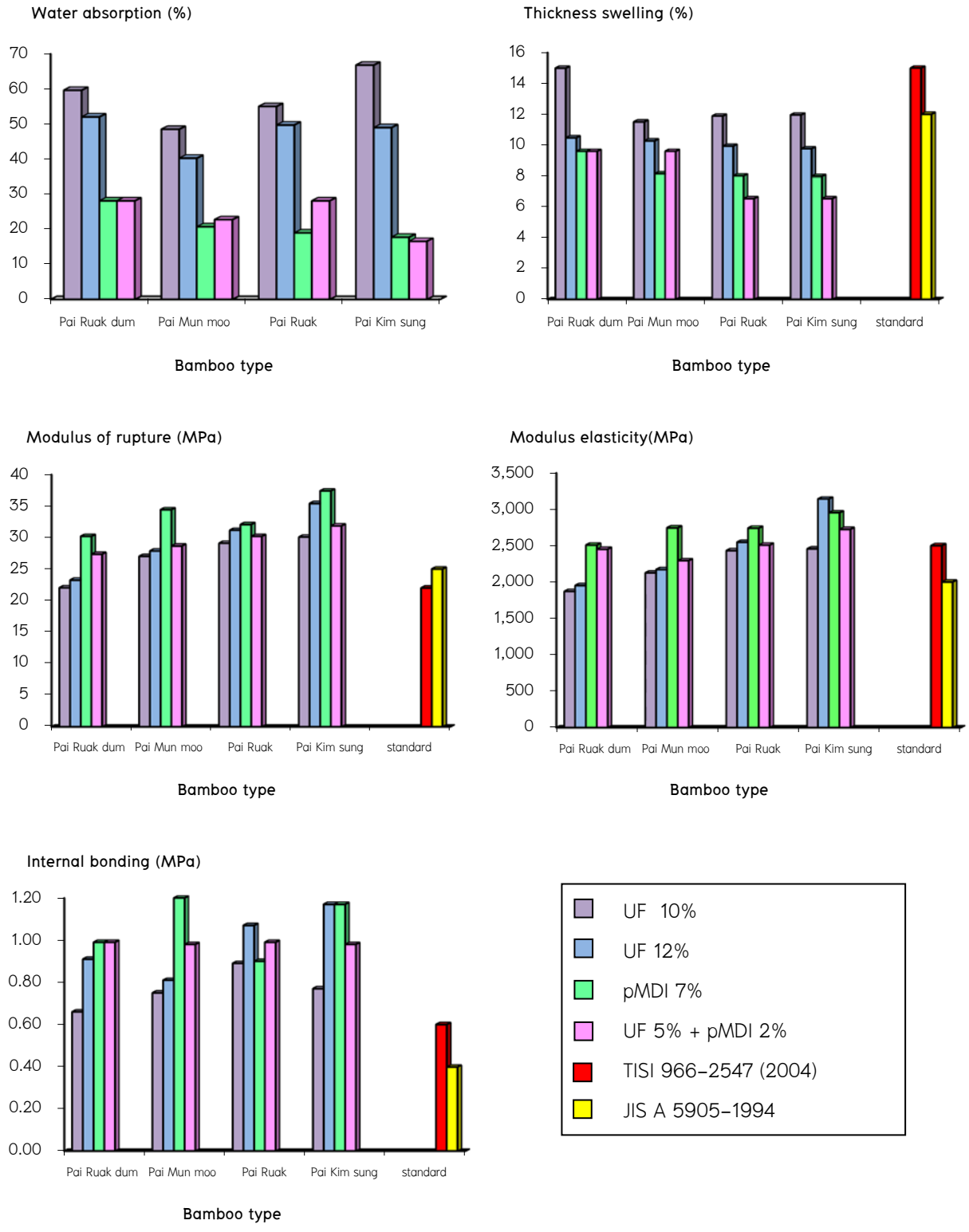

Figure 2. Physical and mechanical properties of MDF from bamboos

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยเดี่ยว และปัจจัยร่วมของชนิดไผ่และกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

นำค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า

3.1 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ใช้กาว pMDI 7% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อม มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยเรียงจากน้อยไปหามากตามลำดับ และเป็นค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3.2 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ จากไผ่มันหมู ไผ่รวก และไผ่กิมซุงที่ใช้กาว pMDI 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างจากไผ่รวกดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3.3 เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อม ค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยของแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่มันหมู และไผ่กิมซุง มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่รวกดำ และไผ่รวก

3.4 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่ทั้ง 4 ชนิด ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4. ค่าความต้านแรงดัด

ค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยของแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 22.03–37.41 MPa พบว่า แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่ทั้ง 4 ชนิด ทุกชนิดและปริมาณกาวมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966–2547 และมาตรฐาน JIS A 5905–1994 กำหนด ยกเว้นแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่รวกดำ ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% และ 12% ของน้ำหนักเยื่อแห้ง ไม่ผ่านมาตรฐาน JIS A 5905–1994 กำหนด โดยแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่กิมซุงที่ใช้กาว pMDI 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 37.41 MPa (Table 2 และ Figure 2)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า มีเพียงปัจจัยเดี่ยวของชนิดไผ่และกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

นำค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า

Table 2. Mechanical properties of MDF from bamboo

Bamboo type	Glue type	Modulus of rupture (MPa)		Modulus of elasticity (MPa)		Internal bonding (MPa)	
TISI 966-2547 (2004)		≥22.00		≥2,500		≥0.60	
JIS A 5905-1994		≥25.00		≥2,000		≥0.40	
Pai Ruak dum (*Thyrsostachys oliveri*)	UF 10%	22.03	H	1,870	I	0.66	D
	UF 12%	23.24	GH	1,951	HI	0.91	BCD
	pMDI 7%	30.19	DEF	2,508	CDE	0.99	ABC
	UF 5%+ pMDI 2%	27.36	FG	2,451	DEF	0.99	ABC
Pai Mun moo (*Dendrocalamus copelandii*)	UF 10%	27.03	FG	2,125	GHI	0.75	CD
	UF 12%	27.87	EF	2,171	FGH	0.81	CD
	pMDI 7%	34.42	ABC	2,745	BC	1.20	A
	UF 5%+ pMDI 2%	28.67	DEF	2,293	EFG	0.98	ABC
Pai Ruak (*Thyrsostachys siamensis*)	UF 10%	29.10	DEF	2,431	EF	0.89	BCD
	UF 12%	31.16	CDEF	2,547	CDE	1.07	AB
	pMDI 7%	32.07	ABCD	2,740	BC	0.90	BCD
	UF 5%+ pMDI 2%	30.19	DEF	2,508	CDE	0.99	ABC
Pai Kim sung (*Bambusa beecheyana*)	UF 10%	30.08	DEF	2,456	CDEF	0.77	CD
	UF 12%	35.41	AB	3,142	A	1.17	A
	pMDI 7%	37.41	A	2,953	AB	1.17	A
	UF 5%+ pMDI 2%	31.85	BCDE	2.724	BCD	0.98	ABC

Remark: Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at experiment-wise error rate, $\alpha = 0.05$

4.1 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่มันหมู และไผ่รวกมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจากแผ่นที่ทำจากไผ่รวกดำ และไผ่กิมซุงอย่างมีนัยสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่กิมซุงมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ แผ่นที่ทำจากไผ่รวก ไผ่มันหมู และไผ่รวกดำ ตามลำดับ

4.2 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันแต่แตกต่าง

จากแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% และกาว pMDI 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.3 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ใช้กาว pMDI 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยสูงสุดรองลงมาคือ แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อม ตามลำดับ

5. ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น

ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยของแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,870– 3,142 MPa พบว่า แผ่นเอ็ม ดี เอฟที่ทำจากไม้ไผ่ทั้ง 4 ชนิด ทุกชนิดและปริมาณกาวที่ใช้มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966–2547 กำหนด ยกเว้นแผ่น เอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่รวกดำที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% และ 12% (Table 2 และ Figure 2)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยว และปัจจัยร่วมของชนิดไผ่และกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

นำค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า

5.1 เมื่อใช้ไผ่ต่างชนิดกันทำแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยจะมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่กิมซุงมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยสูงสุด

5.2 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่กิมซุงที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% และกาว pMDI 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยสูงสุด คือ 3,142 MPa

5.3 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่มันหมูที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% 12% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันแต่แตกต่างจากแผ่นที่ใช้กาว pMDI 7% เป็นสารเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

5.4 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่รวกดำที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% และกาว pMDI 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันแต่แตกต่างจากแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% และ 12% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

5.5 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่รวกที่ใช้กาว pMDI 7% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

6. ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.66 – 1.20 MPa พบว่า แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่ทั้ง 4 ชนิด ทุกชนิดและปริมาณกาวมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และมาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด โดยแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่มันหมูที่ใช้กาว pMDI 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.20 MPa (Table 2 และ Figure 2)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยเดี่ยวของชนิดไผ่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ปัจจัยเดี่ยวของกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยร่วมของทั้งสองปัจจัยมีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

นำค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า

6.1 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% กาว pMDI 7% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันแต่แตกต่างจากแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% ของน้ำหนักเยื่อแห้ง เป็นสารเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

6.2 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่ทั้ง 4 ชนิด ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

6.3 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่มันหมูที่ใช้กาว pMDI 7% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

6.4 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่กิมซุงที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% กาว pMDI 7% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สรุปผล

คุณลักษณะของแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก 966–2547 และ JIS A 5905–1994 จากไม้ไผ่ 4 ชนิด คือ ไผ่รวกดำ ไผ่มันหมู ไผ่รวก และไผ่กิมซุง ที่ใช้กาวตามชนิดและปริมาณที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% 2) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% 3) กาว pMDI 7% และ 4) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% มีผลสรุปได้ดังนี้

1. ไผ่รวกดำ

ชนิดและปริมาณกาวที่เหมาะสมในการนำไม้ไผ่รวกดำมาทำแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่มีคุณลักษณะผ่านตามมาตรฐาน มอก. 966–2547 และ JIS A 5905–1994 คือ ใช้กาว pMDI 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อม แต่หากใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อม มีเพียงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่ไม่ผ่านตามมาตรฐาน มอก. 966–2547 ส่วนแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ในปริมาณ 10% และ 12% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมไม่เหมาะสมในการทำแผ่นเอ็ม ดี เอฟ จากไผ่รวกดำ

2. ไผ่มันหมู

ชนิดและปริมาณกาวที่เหมาะสมในการนำไผ่มันหมูมาทำแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่มีคุณลักษณะผ่านตามมาตรฐาน มอก. 966–2547 และ JIS A 5905–1994 คือ ใช้กาว pMDI 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อม แต่หากใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีเพียงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่ไม่ผ่านตามมาตรฐาน มอก. 966–2547 แต่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905–1994

3. ไผ่รวกและไผ่กิมซุง

ชนิดและปริมาณกาวที่เหมาะสมในการนำไม้ไผ่รวก และไผ่กิมซุงมาทำแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่มีคุณลักษณะผ่านตามมาตรฐาน มอก. 966–2547 และ JIS A 5905–1994 คือ ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% กาว pMDI 7% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อม แต่หากใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีเพียงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่ไม่ผ่านตามมาตรฐาน มอก. 966–2547 แต่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905–1994

จากแนวคิดในการวิจัยที่จะผลิตแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่เป็นมิตรกับผู้บริโภคโดยใช้กาวที่มีสารระเหยประเภทฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ หรือที่เรียกกันในทางการค้าว่า “กาว E_0” นั้น จะเห็นได้ว่าแผ่นเอ็ม ดี เอฟ จากไม้ไผ่ทั้ง 4 ชนิด ที่ใช้กาว pMDI ในปริมาณ 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งมีคุณลักษณะทั้งทางด้านกายภาพ และกลสมบัติผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966–2547 และ JIS A 5905–1994

และกาว pMDI เป็นกาวที่ไม่มีสารระเหยประเภทฟอร์มัลดีไฮด์ ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ในการนำไม้ไผ่มาผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง หรือแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

ปิยะวดี บัวจงกล และนิคม แหลมสัก. 2550. สมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไผ่หกและไผ่หวานอ่างขางต่างชั้นอายุ. วารสารวนศาสตร์ 26 (ฉบับพิเศษ): 83-92.

วิจิตร กฤษณบำรุง. 2529. เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง หลักการแยกเยื่อวัตถุดิบด้วยกรรมวิธีแอสพลุนด์ เพื่อผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็งและแผ่นเอ็มดีเอฟ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง. เลขที่ มอก. 966-2547.

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้. 2557. วิจัยการใช้ประโยชน์ไม้สะเดาเพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ. อักษรสยามการพิมพ์. กรุงเทพมหานคร. 146 หน้า.

อนันตชัย เชื่อนธรรม. 2539. หลักการวางแผนการทดลอง. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 395 หน้า.

ASTM. 1987. Standard methods of the properties of wood-based fiber and particla panel materials. *In* 1987 Annual Book of ASTM Standards. Volume 04.09 Wood. Eston, Madison, USA. pp. 226-272.

Japanese Industrial Standard. 1994. Japanese Industrial Standard : medium density fiberboards. No. JIS A 5905-1994.

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.

Maloney, T.M. 1993. Modern Particleboard and Dry-process Fiberboard manufacturing. Miller Freeman Pub, California. 672 p.