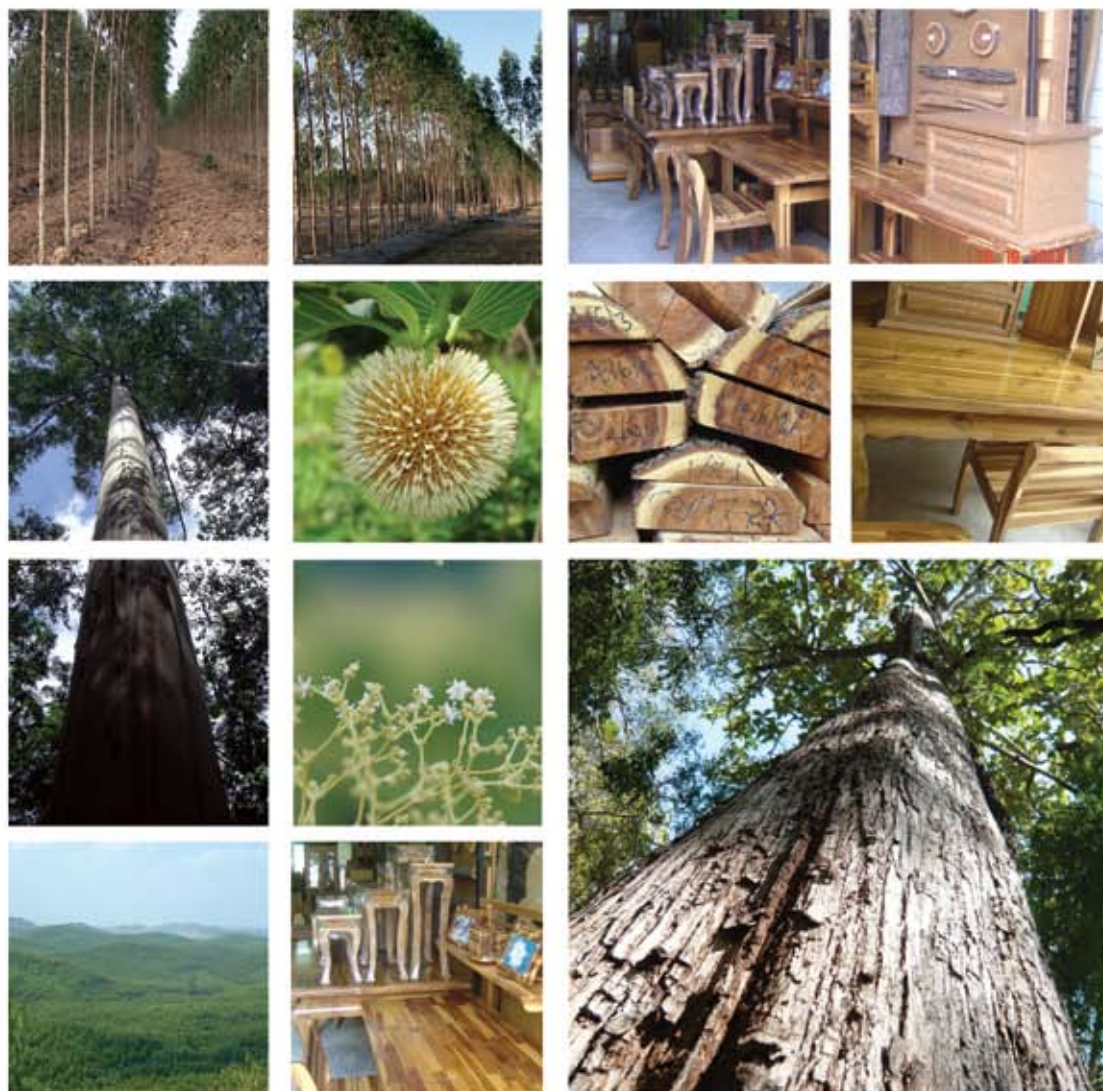




รายงานผลงานวิจัย

ประจำปี พ.ศ.

๒๕๕๑

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้
กรมป่าไม้

<http://www.forest.go.th>

ISBN : 978-974-7627-54-1

รายงานผลงานวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2551

เจ้าของ	กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	
วัตถุประสงค์	1. เป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ความก้าวหน้าของผลงานและวิชาการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ 2. เป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนแนวความคิดเห็นและความรู้ทางด้าน วิชาการหรือประสบการณ์ของผู้ที่อยู่ในวงการป่าไม้ 3. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือ และแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างหน่วยงานและ สถาบันต่างๆ	
ISBN :	978-974-7627-54-1	
ที่ปรึกษา	อธิบดีกรมป่าไม้ รองอธิบดีกรมป่าไม้ ฝ่ายวิชาการ ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้	
บรรณาธิการ	นางสาวณัฏฐากร เสมสันต์	
กองบรรณาธิการ	นายสุนทร วัชรกุลดิลก นายอนวัทย์ สุโชธนัง นายเจษฎา เหลืองแจ่ม นางสาวกิตติยา อติสงเคราะห์ นายวิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง	นายทรงศักดิ์ วิทย์อุดม นายเกรียงศักดิ์ เสพย์ธรรม นางสุรางค์ เขียรศิริฤ นายวรธรรม อุ่นจิตติชัย นางวรรณพรณ หิมพานต์
สำนักงาน	สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ 61 ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 โทรศัพท์ 0 2561 5498 โทรสาร 0 2579 5412 www.forest.go.th	
การเผยแพร่	มอบเป็นอภินันทนาการแก่ห้องสมุดของหน่วยงานรัฐบาลและเอกชน สถาบันการศึกษา องค์กรต่างๆ นักวิชาการ และประชาชนที่สนใจ	

รายงานผลงานวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2551



<http://www.forest.go.th>



สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้
กรมป่าไม้



คำนำ preface

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้เป็นองค์กรหลักในการศึกษาวิจัยและพัฒนาสร้างองค์ความรู้ทางวิชาการด้านป่าไม้และความหลากหลายทางชีวภาพ เพื่อฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยมีกลยุทธ์ คือ การวิจัยด้านป่าไม้และความหลากหลายทางชีวภาพในเชิงบูรณาการและมุ่งผลสัมฤทธิ์ เพื่อสร้างองค์ความรู้และพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการจัดการทรัพยากรป่าไม้ และความหลากหลายทางชีวภาพอย่างยั่งยืน รวมไปถึงการถ่ายทอดเทคโนโลยีและการให้บริการทางวิชาการด้านป่าไม้

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ได้ดำเนินการรวบรวมผลงานวิจัยที่ดำเนินการแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2551 ซึ่งประกอบด้วยงานวิจัยด้านการใช้ประโยชน์จากผลผลิตป่าไม้ จำนวน 27 เรื่อง

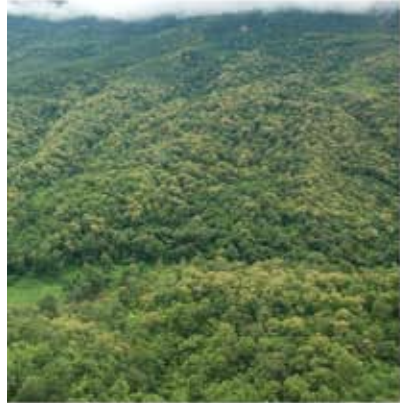
สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้หวังว่าเอกสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนักวิชาการหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงาน ใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนนำผลการวิจัยไปพัฒนาต่อยอดให้ได้นวัตกรรมใหม่ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อชุมชน ไปจนถึงการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศต่อไป



(นายสุนทร วัชรกุลฉิลก)

ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

กันยายน 2551





1 การวิจัยคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ไม้ส่วนป่าเศรษฐกิจสกุล *Acacia*

1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไม้ <i>Acacia crassiorpa</i>	1
2. ประสิทธิภาพความทนทานของไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ <i>Acacia crassiorpa</i> ต่อการเข้าทำลายของปลวกทำลายไม้และแนวทางการพัฒนาการยืดอายุการใช้งาน	11
3. การศึกษาด้านคุณภาพการยึดเหนี่ยวของกาวกับไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา : แรงเฉือนดึงรอยต่อเกย	22
4. การศึกษาไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา	37
5. การใช้ประโยชน์ไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา เพื่อผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด	51
6. แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา	68
7. การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูงจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา	82
8. การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ของไม้สกุลอะคาเซีย กรณีศึกษา : ถ่านกระดินคราสซิคาร์ปา (<i>Acacia crassiorpa</i>)	97

2 การพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้จากปาล์มน้ำมัน เศษไม้

และวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรอื่นๆ

1. การศึกษาการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากใบอ้อยเพื่อผลิตชิ้นส่วนเครื่องเรือน	113
2. การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร : ชานอ้อย เส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกข้าวโพด และขังข้าวโพด	128
3. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้สนดำ	149
4. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากใบชา	168
5. การศึกษาการผลิตแผ่นขึ้นอัดจากใบหญ้าสลาบลวง	182
6. จนวนกันความร้อนจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ	194
7. การพัฒนาวัสดุหลังคาและผนังจากไม้ไผ่	205
8. วัสดุทดแทนไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นปานกลางและเชื้อความร้อนเชิงกลจากไม้ยางพารา	230
9. แผ่นขึ้นไม้อัดเรียงเสี้ยนจากเศษไม้บาง	263

3 แผนงานวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์ไม้ส่วนป่าเชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรม

1. คุณสมบัติของแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้น (โอเอสบี) จากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส 303
2. แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกล (TMP)
: ผลของวิธีการผสมและซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ 318
3. การปรับปรุงแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกล (TMP) 332
4. การศึกษาปริมาณความชื้นของชิ้นไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส
ที่มีผลต่อการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด 346
5. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส 361
6. แผ่นใยไม้อัดแข็งจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส 377
8. การศึกษาเบื้องต้นฤทธิ์ของน้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัสต่อการเจริญเติบโตของพืช 412

4 การใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าผลิตผลป่าไม้

1. ผลของสารสกัดจากเปลือกต้นทามัง หมีเหม็น และยางบงต่อไมยราบยักษ์ 421
2. การศึกษาทดลองเพาะเลี้ยงเห็ดโคน 431

1

การวิจัยคุณสมบัติ
และการใช้ประโยชน์ไม้สวนป่าเศรษฐกิจ
สกุล *Acacia*







การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไม้ *ACACIA CRASSICARPA*
STUDY ON CHEMICAL CONSTITUENTS OF *ACACIA CRASSICARPA*

เพ็ญศรี อติวรรณพัฒน์	(Pensri Atiwannapat) ¹
วิวัฒน์ อรรณพานุรักษ์	(Wikhan Anapanuruk) ²
วรธรรม อุ่ณจิตติชัย	(Worathum Oonjittichai) ¹
เบญจวรรณ คฤหาพัฒนา	(Benjawan Karuhaputtana) ¹

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของไม้ *Acacia crassicaarpa* อายุ 4 ปี จากสถานีวนวัฒนวิจัย สะแกราช 5 สายพันธุ์ (family) คือ สายพันธุ์เบอร์ 5 79 9 20 และ 47 ผลการศึกษาพบว่า ไม้ทุกสายพันธุ์ มีปริมาณเซลลูโลสสูงกว่า 58% มีปริมาณลิกนินเฉลี่ย 25% และมีปริมาณเถ้าร้อยละ 0.19% ถึง 0.33% สายพันธุ์ เบอร์ 79 มีปริมาณเซลลูโลสสูงสุด 63.08% และมีปริมาณลิกนินต่ำสุด 24.58% สายพันธุ์เบอร์ 47 มีปริมาณเถ้าต่ำสุด 0.19% จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าไม้ *Acacia crassicaarpa* ทุกสายพันธุ์เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเยื่อกระดาษ

คำหลัก : องค์ประกอบเคมี

1 สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

2 สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ



ABSTRACT

The research was studied on chemical constituents of 4 year old *Acacia crassicaarpa* from Sakaerat research station, the five families were 5, 79, 9, 20 and 47. The results showed that every family contained more than 58% cellulose, approximately 25% lignin and a little ash of 0.19 to 0.33%. The cellulose content in family 79 was the highest of 63.08% while the lignin content was lowest of 24.58%, and family 47 had the lowest ash of 0.19%. In conclusion, all the number of *Acacia crassicaarpa* are suitable in using as raw material for pulping.

Keywords : chemical constituents, cellulose, lignin, ash, holocellulose, pentosan

คำนำ

องค์ประกอบหลักทางเคมีของไม้แบ่งเป็น เซลลูโลส (cellulose) ลิกนิน (lignin) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และสารแทรก (extractives) โดยมีเซลลูโลสประมาณ 40% ถึง 50% ลิกนินประมาณ 20% ถึง 40% เฮมิเซลลูโลสประมาณ 20% ถึง 35% และสารแทรก 3% ถึง 10% ซึ่งสารต่างๆ เหล่านี้สามารถหาปริมาณได้ด้วยการย่อยสลายโครงสร้างของสารก่อน ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี ความบริสุทธิ์ และการลดขนาดของสารที่ถูกแยกออกมา ขึ้นกับวิธีการแยกองค์ประกอบ ค่าขององค์ประกอบทางเคมีในไม้ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง ชนิดของต้นไม้ แหล่งและสภาพแวดล้อมที่ปลูก สายพันธุ์ ส่วนต่างๆ ของต้นไม้ เช่น แก่น กระพี้ อายุ ระดับความสูง สภาพและวิธีเก็บตัวอย่างไม้ไว้ก่อนนำมาวิเคราะห์ วิธีการเตรียมตัวอย่างไม้สำหรับการวิเคราะห์ ซึ่งค่าองค์ประกอบทางเคมีอาจแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของไม้ การแปรปรวนในองค์ประกอบทางเคมีของไม้มีอิทธิพลมากต่อสถานะ ปริมาณและชนิดของสารเคมีที่ใช้ต้มเยื่อ ปัญหาที่พบมากในการต้มเยื่อ เช่น พิต (pitch) ในไม้ องค์ประกอบทางเคมีของไม้ที่แตกต่างกันมีผลต่อการผลิตเยื่อ ทำให้ผลผลิตเยื่อ คุณสมบัติของเยื่อในการผลิตกระดาษ คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของกระดาษ แตกต่างกันไปตามชนิดของไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ (Rydholm, 1965 ; Casey, 1980)

ไม้ *Acacia crassicaarpa* ได้เริ่มนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยเมื่อปี 2528 เป็นไม้ที่เจริญเติบโตดี โดยเฉพาะ *Acacia crassicaarpa* ที่มีถิ่นกำเนิดในปาปัวนิวกินี ให้ผลผลิตเนื้อไม้สูงมาก ในประเทศอินโดนีเซียจึงนำไปปลูกป่าเพื่อผลิตเป็นเยื่อกระดาษ และกรมป่าไม้ได้ปรับปรุงพันธุ์ไม้ *Acacia crassicaarpa* และสร้างฐานพันธุ์กรรม สำหรับส่งเสริมให้ประชาชนปลูกป่าเศรษฐกิจต่อไป (วิฑูรย์, 2544) ในการวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไม้ *Acacia crassicaarpa* อายุ 4 ปี จากสถานีวนวัฒนวิจัยสระแกรซ 5 สายพันธุ์ (family) เพื่อศึกษาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของแต่ละสายพันธุ์ และนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อเก็บข้อมูลไว้สำหรับเป็นพื้นฐานในการนำไม้ *Acacia crassicaarpa* ไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม



วิธีการศึกษา

1. วัสดุดิบ

ไม้ที่ทำการทดลอง ไม้ *Acacia crassicaarpa* อายุ 4 ปี จากสถานีวนวัฒนวิจัยสระเกล้าจำนวน 5 สายพันธุ์ (family) คือ สายพันธุ์เบอร์ 5 79 9 20 และ 47 สายพันธุ์ละ 1 ต้น นำมาลอกเปลือกออกแล้วตากเก็บไว้ทำการทดลอง

2. การเตรียมตัวอย่างไม้ทดลอง

ตัดต้นไม้ออกเป็นแวนหนาประมาณ 1 นิ้ว นำแต่ละแวนมาสับเป็นชิ้นเล็กๆ นำเข้าเครื่องบดวิลเลียมส์ แล้วร่อนผ่านตะแกรง 40 เมช ค้างบนตะแกรง 60 เมช หากความชื้นแล้วเก็บตัวอย่างผงไม้ในถุงพลาสติกไว้ทำการทดลอง

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำตัวอย่างไม้ที่บดไว้มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของไม้ตามมาตรฐานของ TAPPI (Anonymous, 1998) ปริมาณความชื้น (T264 – om - 88) ละลายในแอลกอฮอล์ - เบนซีน แอลกอฮอล์ (T204 – om - 97)

การละลายในน้ำร้อน (T207 – om - 93) การละลายใน 1% โซเดียมไฮดรอกไซด์ (T212 – om - 98) ปริมาณเถ้า (T211 – om - 93) ปริมาณลิกนิน (T222 – om - 98) ปริมาณไฮโดรเซลลูโลส โดยวิธีโซเดียมคลอไรด์ (Browning, 1967) ปริมาณเซลลูโลส (T203 – om - 88) ปริมาณเพนโตซาน (T223 – cm - 84)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมี

ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไม้ องค์ประกอบละ 2 ซ้ำ แล้วนำค่าที่ได้ทั้ง 2 ค่ามาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบทางเคมีของไม้แต่ละค่า แล้วหาค่าเฉลี่ยออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ องค์ประกอบทางเคมีของไม้แต่ละสายพันธุ์

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไม้ *Acacia crassicaarpa* แต่ละสายพันธุ์ พบว่าปริมาณสารแทรกทั้งหมดในไม้ *Acacia crassicaarpa* ทั้ง 5 สายพันธุ์มีความแตกต่างกันไป โดยมีค่าระหว่าง 5.05% ถึง 6.91% สายพันธุ์เบอร์ 79 มีค่าสูงสุด 6.91% รองลงมาคือ สายพันธุ์เบอร์ 5 มีค่า 6.49% สายพันธุ์เบอร์ 47 มีค่า 6.28% สายพันธุ์เบอร์ 9 มีค่า 6.08% และสายพันธุ์เบอร์ 20 มีค่าต่ำสุด 5.05% การละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีน สายพันธุ์เบอร์ 9 และเบอร์ 47 มีค่าสูงสุด 4.51% สายพันธุ์เบอร์ 20 มีค่าต่ำสุด 3.38% การละลายในแอลกอฮอล์ สายพันธุ์เบอร์ 9 มีค่าสูงสุด 0.32% สายพันธุ์เบอร์ 20 และเบอร์ 47 มีค่าต่ำสุด 0.20% การละลายในน้ำร้อน สายพันธุ์เบอร์ 79 มีค่าสูงสุด 2.43% สายพันธุ์เบอร์ 9 มีค่าต่ำสุด 1.25%



Table 1. Chemical constituents of *Acacia crassicaarpa* from different family.

Chemical constituents (%)	<i>Acacia crassicaarpa</i> family				
	5	79	9	20	47
ethanol-benzene solubility	4.05	4.18	4.51	3.38	4.51
ethanol solubility	0.28	0.30	0.32	0.20	0.20
hot water solubility	2.16	2.43	1.25	1.47	1.57
Total extractive	6.49	6.91	6.08	5.05	6.28
1% sodium hydroxide solubility	12.44	12.45	13.16	11.70	12.02
ash	0.22	0.30	0.33	0.33	0.19
holocellulose	72.76	73.28	72.50	76.04	75.59
lignin	26.06	24.58	25.90	25.12	25.06
alpha – cellulose	58.45	63.08	60.78	61.42	62.48
pentosan	20.42	17.49	18.14	18.00	18.11

ปริมาณการละลายใน 1% โซเดียมไฮดรอกไซด์ ไม้ *Acacia crassicaarpa* ทั้ง 5 สายพันธุ์มีความแตกต่างกันไป สายพันธุ์เบอร์ 9 มีค่าสูงสุด 13.16% สายพันธุ์เบอร์ 5 และเบอร์ 79 มีค่าเกือบเท่ากัน 12.44% และ 12.45% สายพันธุ์เบอร์ 47 มีค่า 12.02% สายพันธุ์เบอร์ 20 มีค่าต่ำสุด 11.70% การละลายในค่านี้เป็นการวัดการพองตัวของไม้ต่อเชื้อเห็ดรา ดังนั้นเปอร์เซ็นต์การละลายในค่าของไม้ *Acacia crassicaarpa* ทำให้ทราบว่าไม้มีความคงทนต่อเชื้อเห็ดรามากน้อยเพียงใด ถ้าการละลายในค่ามีเปอร์เซ็นต์สูง แสดงว่าไม้มีความคงทนต่อเชื้อเห็ดราต่ำ (Casey, 1980)

ไม้ *Acacia crassicaarpa* มีปริมาณเถ้าในไม้ต่ำ สายพันธุ์เบอร์ 9 และ 20 มีปริมาณเถ้าเท่ากันและมีค่าสูงสุด 0.33% สายพันธุ์เบอร์ 79 มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยมีค่า 0.30% สายพันธุ์เบอร์ 47 มีค่าต่ำสุด 0.19% ปริมาณเถ้าในไม้ทำให้ทราบปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในไม้ ถ้าปริมาณเถ้าสูงก็มีแร่ธาตุในไม้สูง และแร่ธาตุในเถ้าบางตัวก็ทำให้เกิดปัญหาในการผลิตเชื้อด้วย ไม้ *Acacia crassicaarpa* มีปริมาณเถ้าในไม้ต่ำเหมาะสำหรับการนำมาผลิตเชื้อกระดาก

ปริมาณไฮโดรเซลลูโลส ไม้ *Acacia crassicaarpa* มีปริมาณไฮโดรเซลลูโลสสูงกว่า 70% ทุกสายพันธุ์ สายพันธุ์เบอร์ 20 มีค่าสูงสุด 76.04% สายพันธุ์เบอร์ 47 รองลงมา มีค่า 75.59% สายพันธุ์เบอร์ 79 มีค่า 73.28% สายพันธุ์เบอร์ 5 มีค่า 72.76% สายพันธุ์เบอร์ 9 มีค่าต่ำสุด 72.50%

ปริมาณลิกนิน ไม้ *Acacia crassicaarpa* ทุกสายพันธุ์มีปริมาณลิกนินค่อนข้างต่ำและใกล้เคียงกัน สายพันธุ์เบอร์ 5 มีค่าสูงสุด 26.06% รองลงมาสายพันธุ์เบอร์ 9 มีค่า 25.90% สายพันธุ์เบอร์ 79 มีค่าต่ำสุด 24.58% ปริมาณลิกนินในไม้ช่วยให้เราพิจารณาวิธีการผลิตเชื้อและสภาวะการต้มเชื้อที่เหมาะสมได้ ถ้าไม้มีปริมาณลิกนินน้อยย่อมใช้สารเคมีในการแยกลิกนินออกเพื่อผลิตเชื้อปริมาณน้อยด้วย (Casey, 1980)

ปริมาณแอลฟาเซลลูโลส ไม้ *Acacia crassicaarpa* มีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสสูงทุกสายพันธุ์ สายพันธุ์เบอร์ 79 มีปริมาณสูงมากมีค่าสูงสุด 63.08% รองลงมาคือ สายพันธุ์เบอร์ 47 มีค่า 62.48% สายพันธุ์เบอร์ 20 มีค่า 61.42% สายพันธุ์เบอร์ 9 มีค่า 60.78% สายพันธุ์เบอร์ 5 มีค่าต่ำสุด 58.45% ไม้ที่มีปริมาณ



เซลลูโลสในไม้สูงจะให้ผลผลิตเยื่อกระดาษสูง การที่ไม้ *Acacia crassicaarpa* มีปริมาณไฮโดรเซลลูโลสสูงทำให้การผลิตเยื่อกระดาษจากไม้ *Acacia crassicaarpa* ให้ผลผลิตเยื่อสูงด้วย (Casey, 1980)

ปริมาณเพนโตซาน ไม้ *Acacia crassicaarpa* มีปริมาณเพนโตซานสูงทุกสายพันธุ์ สายพันธุ์เบอร์ 5 มีปริมาณสูงสุดมีค่า 20.42% รองลงมาคือสายพันธุ์เบอร์ 9 มีค่า 18.14% สายพันธุ์เบอร์ 47 มีค่า 18.11% สายพันธุ์เบอร์ 20 มีค่า 18.00% สายพันธุ์เบอร์ 79 มีค่าต่ำสุด 17.49% ในทางทฤษฎีเพนโตซานมีส่วนในการต้านทานแรงดันทะลุและต้านทานต่อแรงดึง ถ้ามีปริมาณเพนโตซานสูงการต้านทานแรงดันทะลุและการต้านทานแรงดึงจะสูงขึ้น (Casey, 1980)

สรุปผล

ไม้ *Acacia crassicaarpa* ทุกสายพันธุ์มีปริมาณเถ้าของเนื้อไม้ต่ำและมีปริมาณเซลลูโลสสูง ทำให้นำมาต้มเป็นเยื่อกระดาษได้ง่ายและให้ผลผลิตเยื่อสูง มีปริมาณลิกนินค่อนข้างต่ำทำให้ใช้สารเคมีในการต้มเยื่อน้อย และมีปริมาณเพนโตซานสูงช่วยให้เยื่อที่ผลิตได้มีค่าความต้านทานแรงดันทะลุและความต้านทานแรงดึงสูง ไม้ *Acacia crassicaarpa* จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเยื่อและกระดาษได้ดี

เอกสารอ้างอิง

- วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง. 2544. การปรับปรุงพันธุ์ไม้อะเคเซียเพื่อการปลูกป่าเศรษฐกิจ. ใน รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 7. คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- Anonymous. 1998. Tappi test method. The Technical Association of The Pulp and Paper Industry (TAPPI). Tappi press. Atlanta. Georgia.
- Browning, B.L. 1967. Methods of Wood Chemistry. Interscience Publishers.
- Casey, J.P. 1980. Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology. 3Ed. Vol.1. A Wiley- Interscience Publication. John Wiley & Sons. Inc. New York. U.S.A.
- Macdonald, R.G. 1969. The pulping of wood. 2Ed. Vol.1. Pulp and Paper Manufacture.
- Rydholm, Sven, A. 1965. Pulping Process. Interscience Publishers. A division of John Wiley & Sons, Inc. New York. U.S.A.



การต้มเยื่อกราฟท์จากไม้ *ACACIA CRASSICARPA*

KRAFT PULPING OF *ACACIA CRASSICARPA*

เพ็ญศรี อติวรรณพัฒน์	(Pensri Atiwannapat) ¹
วิวัฒน์ อรรถพานุรักษ์	(Wikhan Anapanuruk) ²
วรธรรม อุ๋นจิตติชัย	(Worathum Oonjittichai) ¹
เบญจวรรณ คฤหพัฒนา	(Benjawan Karuhaputtana) ¹

บทคัดย่อ

ไม้ *Acacia crassicaarpa* ให้ผลผลิตเนื้อไม้สูง เหมาะสำหรับการใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเยื่อกระดาษและให้ผลผลิตเยื่อสูง การผลิตเยื่อกราฟท์จากไม้ *Acacia crassicaarpa* สภาวะที่เหมาะสมคือ sulfidity 25% active alkali 17% ใช้เวลาในการต้มเยื่อ 3 ชั่วโมง อุณหภูมิสูงสุด 165°C ให้ผลผลิตเยื่อ 52.44% และค่า kappa number 20.47 คุณสมบัติเยื่อดี มีค่าดัชนีต้านทานแรงฉีกขาด ดัชนีต้านทานแรงดันทะลุขาด ดัชนีต้านทานแรงดึงขาดสูง เยื่อที่ผลิตได้เหมาะสำหรับผลิตกระดาษทำถุงชั้นเดียวและกระดาษห่อของ

คำหลัก : เยื่อกระดาษ

1 สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

2 สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ



ABSTRACT

Acacia crassicaarpa give high wood production which is suitable for using as raw material for pulping that can produce high yield pulp. It was found from the study that the optimum condition in kraft pulping of *Acacia crassicaarpa* was 25% sulfidity, 17% active alkali, 3 hours cooking time at 165 °C maximum temperature, which would give 52.44% pulp yield with kappa number of 20.47. The produced pulp showed all good qualities of high tear index, burst index, and tensile index, that should be suitable for making single layer paper bag and wrapping paper.

Keywords : kraft pulping, sulfidity, active alkali, pulp yield, kappa number, tear index, burst index, tensile index

คำนำ

ไม้ *Acacia crassicaarpa* มีถิ่นกำเนิดทางตอนเหนือของประเทศออสเตรเลีย นำเข้ามาทดลองปลูกในประเทศไทยเมื่อปี 2528 เป็นไม้โตเร็วในเขตร้อน ขึ้นได้ทุกสภาพท้องถิ่นและมีคุณสมบัติช่วยปรับปรุงดิน เนื้อไม้มีความแข็งแรงและทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ใช้ในการก่อสร้างบ้านเรือน เฟอร์นิเจอร์ ต่อเรือ เป็นต้น (สุจิตราและคณะ, 2536) ไม้ *Acacia crassicaarpa* เป็นไม้ชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการนำไปปลูกสร้างป่าเศรษฐกิจที่ได้รับความสนใจมาก จากการนำมาปลูกในประเทศไทยให้ผลผลิตสูงมาก กรมป่าไม้ได้สร้างแหล่งพันธุ์กรรมนี้ที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ลำภา-ลำทราย จังหวัดกาญจนบุรี เมื่อปี 2539 และที่นครราชสีมาและฉะเชิงเทรา เมื่อปี 2545 ไม้ *Acacia crassicaarpa* มีประโยชน์มากสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเยื่อกระดาษในประเทศอินโดนีเซียมีการปลูกไว้เพื่อใช้ผลิตเยื่อกระดาษถึง 250,000 ไร่ (วิฑูรย์, 2544) เยื่อกระดาษจากไม้ *Acacia* เป็นเยื่อใยสั้น มีความหนาแน่นสูง ทำให้กระดาษมีผิวหน้าเรียบและมีความทึบแสงสูง เยื่อขาวและสว่างเหมาะสำหรับผลิตกระดาษได้หลายชนิด เช่น กระดาษทิชชู กระดาษพิมพ์-เขียน กระดาษคัมภีร์ กระดาษซองจดหมาย เป็นต้น (Luangviriyasaeng and Pinyopusarerk, 2005) การวิจัยนี้เพื่อศึกษาศักยภาพของไม้ *Acacia crassicaarpa* อายุ 4 ปี จากสถานีวนวัฒนวิจัยสระเกล้าเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเยื่อกระดาษ โดยกรรมวิธีการฟั่นและหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อ คุณสมบัติของเยื่อและความเหมาะสมในการผลิตกระดาษชนิดใด



วิธีการศึกษา

การเตรียมวัตถุดิบ

ไม้ที่ทำการทดลอง ไม้ *Acacia crassicaarpa* อายุ 4 ปี จากสถานีวนวัฒนวิจัยสระแกรงจำนวน 10 ต้น นำมาลอกเปลือกและนำเข้าเครื่องทำชิ้นไม้สับ แล้วนำชิ้นไม้สับมาร่อนผ่านตะแกรง 5/8 นิ้ว และล้างบนตะแกรง 3/8 นิ้ว ตากให้แห้ง แล้วเก็บใส่ถุงพลาสติกและหาความชื้นไว้ ชั่งชิ้นไม้สับที่ทราบค่าความชื้นแล้ว ให้น้ำหนักแห้ง 200 กรัม แล้วใส่ถุงพลาสติกมัดยางไว้ให้แน่น เก็บไว้สำหรับการทดลอง

การหาความหนาแน่นของไม้ *Acacia crassicaarpa*

ชั่งตัวอย่างไม้บดแห้งตัวอย่างละ 100 กรัม 2 ตัวอย่าง ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 2,000 ml ตัวอย่างละใบ เติมน้ำจนท่วมตัวอย่างไม้แล้วนำมาต้มเป็นเวลา 2-4 ชั่วโมง จนชิ้นไม้จมน้ำหมด นำตัวอย่างไม้มาล้างแล้วเทใส่ตะแกรงแล้วนำมาซับด้วยผ้าจนแห้ง นำมาใส่ตะแกรงลวดที่มีสายลวดห้อยไว้เพื่อนำมาชั่งหาน้ำหนักของชิ้นไม้ โดยการแทนที่น้ำในบีกเกอร์ซึ่งเติมน้ำไว้แล้วและตั้งอยู่บนเครื่องชั่ง โดยแขวนตะแกรงไว้กับ stand ให้ตะแกรงจุ่มลงในน้ำในบีกเกอร์จนมิด แล้วชั่งหาน้ำหนักของตัวอย่างไม้โดยการแทนที่น้ำ จดน้ำหนักไว้ นำมาคำนวณหาความหนาแน่นของไม้ทั้ง 2 ตัวอย่าง แล้วหาค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของไม้

การต้มเยื่อกราฟท์

นำตัวอย่างไม้ *Acacia crassicaarpa* มาต้มเยื่อด้วยกรรมวิธีกราฟท์เพื่อผลิตเยื่อให้มีค่า kappa number ประมาณ 20 โดยการเปลี่ยนปริมาณ active alkali ที่ 15 17 และ 19% แต่ให้ตัวแปรอื่นคงที่ดังนี้

sulfidity 25%

temperature 165 °C

time to max. temperature 60 minutes

time at max. temperature 120 minutes

นำชิ้นไม้สับหนัก 200 กรัม มาชั่งในหม้อต้มเยื่อขนาด 2 ลิตร ตามกำหนดสถานะที่กล่าวไว้ข้างต้น เมื่อต้มเสร็จแล้วนำเยื่อที่ได้มาล้างให้หมดน้ำยา แล้วนำมาเข้าเครื่องตีเยื่อและเครื่องกรองแยกเยื่อเพื่อแยกเอาเยื่อที่เป็นเศษเหลือออก แล้วผ่านเข้าเครื่องปั่นและอบแห้ง คำนวณหาผลผลิตและ kappa number เก็บไว้ใช้ทำแผ่นเยื่อตัวอย่างเพื่อการหาคุณสมบัติของเยื่อต่อไป

การทำแผ่นเยื่อทดสอบและหาคุณสมบัติของเยื่อ

นำเยื่อมาตีด้วยเครื่อง PFI mill จนได้ค่า degree of freeness ตามที่ต้องการแล้วทำแผ่นกระดาษจากเยื่อตัวอย่างและเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ 23 ± 2 °C และความชื้นสัมพัทธ์ $50 \pm 2\%$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำแผ่นกระดาษจากที่ได้มาทดสอบหาคุณสมบัติของเยื่อ



ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ความหนาแน่น

ไม้ *Acacia crassicaarpa* มีความหนาแน่นสูง 530 kg/m^3 ทำให้ทราบว่าไม้ *Acacia crassicaarpa* 1 ลูกบาศก์เมตรจะให้เนื้อไม้ 530 กิโลกรัมและเมื่อนำไปผลิตเยื่อจะให้ผลผลิตเยื่อสูง

การต้มเยื่อกราฟท์

การผลิตเยื่อจากไม้ *Acacia crassicaarpa* ซึ่งมี sulfidity 25% ที่ระดับ active alkali 15 17 และ 19% ให้ผลผลิตเยื่อ 53.46 52.44 48.29 และค่า kappa number 36.37 20.47 15.75 ตามลำดับ (Table 1) จึงทำให้ทราบว่าเมื่อต้มเยื่อที่ active alkali สูงขึ้น จะทำให้ผลผลิตเยื่อและค่า kappa number ลดลง เนื่องจากการเพิ่มปริมาณ active alkali ทำให้เกิด delignification ของลิกนินเพิ่มขึ้น (Casey, 1980) และที่ active alkali 17% ให้ผลผลิตเยื่อ 52.44% และค่า kappa number 20.47 ตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ คือ ประมาณ 20 จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการต้มเยื่อกราฟท์จากไม้ *Acacia crassicaarpa* ซึ่งการใช้ปริมาณ active alkali 17% นั้น เป็นปริมาณไม่มากเกินไป แต่ก็สามารถแยกเอาลิกนินออกได้มากและยังคงให้ผลผลิตเยื่อสูงโดยยังคงมีคุณสมบัติของเยื่อที่ดีดังในค่าคุณสมบัติของเยื่อตาม Table 1. ด้วย

Table 1. Pulp yield and kappa number of *Acacia crassicaarpa*

sample	<i>Acacia crassicaarpa</i>		
active alkali (%)	15.00	17.00	19.00
pulp yield (%)	53.46	52.44	48.29
reject (%)	0.79	0.90	0.08
kappa number	36.37	20.47	15.75

สมบัติของเยื่อ

สมบัติของเยื่อ *Acacia crassicaarpa* ต้มที่ sulfidity 25% ที่ระดับ active alkali 15 17 19% บดที่ระดับความเป็นอิสระเยื่อ 300 ml CSF จะให้ค่าดัชนีต้านทานแรงฉีกขาด (tear index) สูงระหว่าง $9.90\text{--}11.00 \text{ mN.m}^2/\text{g}$ โดยที่ระดับ active alkali 15% มีค่าต่ำสุด $9.90 \text{ mN.m}^2/\text{g}$ และ 19% มีค่าสูงสุด $11.00 \text{ mN.m}^2/\text{g}$ ค่าดัชนีต้านทานแรงดันทะลุ (burst index) ระหว่าง $4.30\text{--}5.02 \text{ kPa.m}^2/\text{g}$ โดยที่ระดับ active alkali 17% มีค่าต่ำสุด $4.36 \text{ kPa.m}^2/\text{g}$ และที่ active alkali 15% มีค่าสูงสุด $5.02 \text{ kPa.m}^2/\text{g}$ ค่าดัชนีต้านทานแรงดึงขาด (tensile index) สูง ระหว่าง $62.20\text{--}68.50 \text{ N.m/g}$ โดยที่ active alkali 15% มีค่าต่ำสุด 62.20 N.m/g และที่ active alkali 19% มีค่าสูงสุด 68.50 N.m/g ค่าดัชนีต้านทานแรงพับขาด (folding endurance) ระหว่าง 110-162 โดยที่ active alkali 19% มีค่าต่ำสุด 110 และที่ active alkali 15% มีค่าสูงสุด 162 โดยภาพรวมแล้วเยื่อกราฟท์จากไม้ *Acacia crassicaarpa* ให้คุณสมบัติของกระดาษที่ได้ค่อนข้างสูงเหมาะสำหรับการผลิตกระดาษทำถุงขึ้นเดียวและกระดาษห่อของ 9k (Table 2.)



Table 2. Physical properties of *Acacia crassicaarpa* pulp at 300 ml freeness by Kraft process at 25% sulfidity.

Items	<i>Acacia crassicaarpa</i>		
active alkali (%)	15	17	19
tear index (mN.m ² /g)	9.90	10.60	11.00
burst index (kPa.m ² /g)	5.02	4.36	4.95
tensile index (N.m/g)	62.20	65.00	68.50
folding endurance	162.00	122.00	110.00
brightness (%)	21.27	22.89	22.57

สรุปผล

1. ไม้ *Acacia crassicaarpa* มีความหนาแน่นสูงเหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเยื่อกระดาษ เพราะจะได้ผลผลิตเยื่อสูง
2. การต้มเยื่อกราฟท์จากไม้ *Acacia crassicaarpa* ต้มที่ active alkali 17% เหมาะสมที่สุดให้ผลผลิตเยื่อสูงและ kappa number ต่ำ
3. สมบัติของเยื่อจากไม้ *Acacia crassicaarpa* มีค่าดัชนีต้านทานแรงฉีกขาด ดัชนีต้านทานแรงดันทะลุขาดและดัชนีต้านทานแรงดึงขาดสูง เยื่อที่ผลิตได้มีคุณสมบัติเหมาะสำหรับนำไปผลิตกระดาษถุงชั้นเดียวและกระดาษห่อของ

เอกสารอ้างอิง

- วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง. 2544. การปรับปรุงพันธุ์ไม้อะคาเซียเพื่อการปลูกป่าเศรษฐกิจ. ใน รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 7. คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- สุจิตรา จางตระกูล พิเศษฐ ลือชานิมิตจิต พนิดา จิรวาวัฒน์ และวิโรจน์ รัตนพรเจริญ. 2536. เอกสารส่งเสริมการปลูกไม้ป่า. ฝ่ายวนวัฒนวิจัย, กองบำรุง, กรมป่าไม้. กรุงเทพมหานคร.
- Casey, J.P. 1980. Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology. 3Ed. Vol.1. A Wiley- Interscience Publication, John Wiley & Sons. Inc. New York. U.S.A.
- Luangviriyasaeng, V and Pinyopusarerk, K. 2005. Current Situation and Potential of Acacias for Pulp and Paper Industry. ใน การสัมมนา เรื่อง Fibrous raw materials for pulp production in Thailand. อาคารสารนิเทศ 50 ปีเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.



ประสิทธิภาพความทนทานของไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ *ACACIA CRASSICARPA*
ต่อการเข้าทำลายของปลวกทำลายไม้และแนวทางการพัฒนาการยืดอายุการใช้งาน

EFFICIENCY IN DURABILITY OF WOOD AND WOOD PRODUCTS OF *ACACIA CRASSICARPA*
TO THE ATTACK OF SUBTERRANEAN TERMITES AND DEVELOPING PROCESS TO EXTEND
LIFE SERVICE

ขวัญชัย เจริญกรุง

(Khwanchai Charoenkrung)¹

นภลัย เสมอใจ

(Napalai Samerchai)¹

บทคัดย่อ

การศึกษาและทดสอบความทนทานของไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ *Acacia crassicarpa* ต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน ดำเนินการทดสอบทั้งในห้องปฏิบัติการและในภาคสนาม กับปลวกที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในประเทศไทยชนิด *Coptotermes gestroi* Wasmann โดยใช้วิธีการทดสอบแบบบังคับ (no choice test) เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในห้องปฏิบัติการ และในภาคสนามใช้วิธีการทดสอบแบบเลือกอิสระ (choice test) เป็นระยะเวลา 6 เดือน การทดสอบในปีแรกของการวิจัยใช้ตัวอย่างไม้ *A. crassicarpa* จากสถานีวนวัฒนวิจัยสระแกราช สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ อำเภอด่านช้าง จังหวัดนครราชสีมา อายุ 4 ปี จำนวน 5 แม่ไม้ ซึ่งทำการปลูกในปี พ.ศ. 2545 ได้แก่ แม่ไม้หมายเลข 5 9 20 47 และ 79 ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD และในภาคสนามโดยใช้แผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ พบว่าทุกแม่ไม้ของไม้ *A. crassicarpa* พบความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของปลวกอยู่ในระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้ ทั้งในการทดสอบในห้องปฏิบัติการและในภาคสนาม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม้ *A. crassicarpa* ทั้ง 5 แม่ไม้ที่ทำการศึกษาไม่มีความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวก

คำหลัก : ปลวกไม้ในตระกูล Acacia

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้



ABSTRACT

Study on the durability of wood and wood products of *Acacia crassicaarpa* to the attack of subterranean termites. In the first year, Wood of *A. crassicaarpa* from Sakaerach Silviculture Research Office, Nakornrachasima province were conducted in laboratory for 4 weeks against most economically subterranean termite, *Coptotermes gestroi* Wasmann by no choice test method and more than 6 months in field test by choice test method. Experimental design in laboratory test was CRD and field test was RCBD, 4 replications. Results revealed that on five families of *A. crassicaarpa* indicated all families were non-resistant to termite attack in both of laboratory and field tests.

Keywords : Termite, Acacia wood

คำนำ

ไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจซึ่งมีการนำมาใช้ประโยชน์และนิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ไม้ชนิดหนึ่งที่สำคัญ ได้แก่ ไม้ในตระกูล *Acacia* กรมป่าไม้ได้มีการส่งเสริมให้มีการปลูกสร้างสวนป่าของไม้ชนิดนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีไม้ใช้สอยในประเทศอย่างเพียงพอ และทดแทนการใช้ประโยชน์ไม้จากป่าธรรมชาติที่เริ่มจะลดน้อยลงไป โดยส่วนใหญ่ในการนำไม้เหล่านี้จากสวนป่าออกไปใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะการแปรรูปไม้เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ รวมทั้งการนำไปพัฒนาใช้ประโยชน์เป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนไม้ในรูปแบบต่างๆ มักจะประสบปัญหาในด้านแมลงศัตรูทำลายไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลวกได้ดิน ซึ่งเป็นศัตรูทำลายไม้ที่มีความสำคัญอย่างมากทางเศรษฐกิจ เนื่องจากทำให้เกิดความเสียหายต่อไม้ ทั้งต้นไม้ที่มีชีวิตอยู่และไม้ที่ตัดทิ้งไว้แล้วรอการชักลากออกจากสวนป่า รวมทั้งผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่แปรรูปจากไม้

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีองค์ความรู้และการศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพความทนทานของไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ในตระกูล *Acacia* ต่อการเข้าทำลายของปลวกได้ดิน เพื่อให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นและข้อมูลที่บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพความทนทานของไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ในตระกูล *Acacia* เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาหรือปรับปรุงแนวทางในการยืดอายุไม้ รวมทั้งการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตให้มีความคงทนมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ผลิตภัณฑ์จากไม้เหล่านี้มีคุณภาพดี แข็งแรงและทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกมากยิ่งขึ้น และสามารถนำไปส่งเสริมและเผยแพร่ให้ผู้บริโภคหันมานิยมใช้ไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ประเภทนี้มากยิ่งขึ้น

วิธีการศึกษา

การศึกษาและทดสอบความทนทานของไม้และผลิตภัณฑ์ของไม้ในตระกูล *Acacia* ต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน ดำเนินการทดสอบทั้งในห้องปฏิบัติการและในภาคสนาม โดยในห้องปฏิบัติการใช้วิธีการทดสอบแบบ Modified Wood Block Test ซึ่งเป็นการทดสอบในรูปวิธีการบังคับ (no choice test) โดยใช้ปลวกชนิด *Coptotermes gestroi* ซึ่งเป็นปลวกที่ใช้เป็นมาตรฐานในการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ส่วนในการทดสอบในภาคสนาม ใช้วิธีการศึกษาแบบเลือกอิสระ (choice test) (JWPAS, 1981)

การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

1. การสำรวจและเก็บตัวอย่างปลวกทำลายไม้

ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างปลวกทำลายไม้ในเขตกรุงเทพมหานคร และจังหวัดปริมณฑล เก็บตัวอย่างปลวกเพื่อนำไปจำแนกชนิดในห้องปฏิบัติการ จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับการดักจับปลวก และนำปลวกไปเพาะเลี้ยงสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

2. เพาะเลี้ยงปลวกชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ

ได้แก่ปลวก *C. gestroi* Wasmann ซึ่งเป็นปลวกที่อยู่ในวงศ์ Rhinotermitidae สำหรับใช้ในการทดสอบในห้องปฏิบัติการดัง Figure 1 โดยจัดเตรียมบ่อซีเมนต์ขนาด 45×150×60 ซม. สำหรับเป็นที่อยู่ของปลวก รองพื้นบ่อซีเมนต์ ด้วยดินหรือทรายเพื่อให้เป็นที่เก็บความชื้น เพื่อให้สภาพแวดล้อมภายในบ่อซีเมนต์ใกล้เคียงกับสภาพธรรมชาติของปลวก หล่อน้ำไว้รอบๆ บ่อซีเมนต์เพื่อป้องกันไม่ให้ปลวกหนีจากแหล่งเพาะเลี้ยง และป้อนด้วยขี้ไม้ยางพาราเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารของปลวก



Figure 1. *Coptotermes gestroi* Wasmann (A) Worker (B) Soldier

3. วิธีการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ทำการทดสอบความทนทานของไม้ *A crassica* 5 แม่ไม้ (families) อายุ 4 ปี จากสถานีวิจัยวนวัฒนวิจัยสระแกราช สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ ตำบลอุดมทรัพย์ อำเภอน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา มีรายละเอียดในแต่ละทริทเมนต์ดังต่อไปนี้



1. แม่ไม้ <i>A crassicarpa</i>	หมายเลข 5
2. แม่ไม้ <i>A crassicarpa</i>	หมายเลข 9
3. แม่ไม้ <i>A crassicarpa</i>	หมายเลข 20
4. แม่ไม้ <i>A crassicarpa</i>	หมายเลข 47
5. แม่ไม้ <i>A crassicarpa</i>	หมายเลข 79

ใช้วิธีการทดสอบแบบบังคับ (no choice test) โดยนำชิ้นตัวอย่างไม้ *A. crassicarpa* ขนาด 2.5x2.5 ซม. ทั้ง 5 แม่ไม้ และทรีทเมนต์ควบคุม (control) ซึ่งใช้ไม้ยางพารา 1 ตัวอย่าง (รวมทั้งหมด 6 ทรีทเมนต์) ทดสอบในกล่องพลาสติกขนาด 8x11x5 ซม. ซึ่งได้ใส่ทรายที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อและให้ความชื้นแล้ว โดยใช้ปลวกทดลองประมาณ 400 ตัว ในแต่ละทรีทเมนต์ ทำการทดสอบทั้งหมดจำนวน 4 ซ้ำ (replication) ใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 4 สัปดาห์

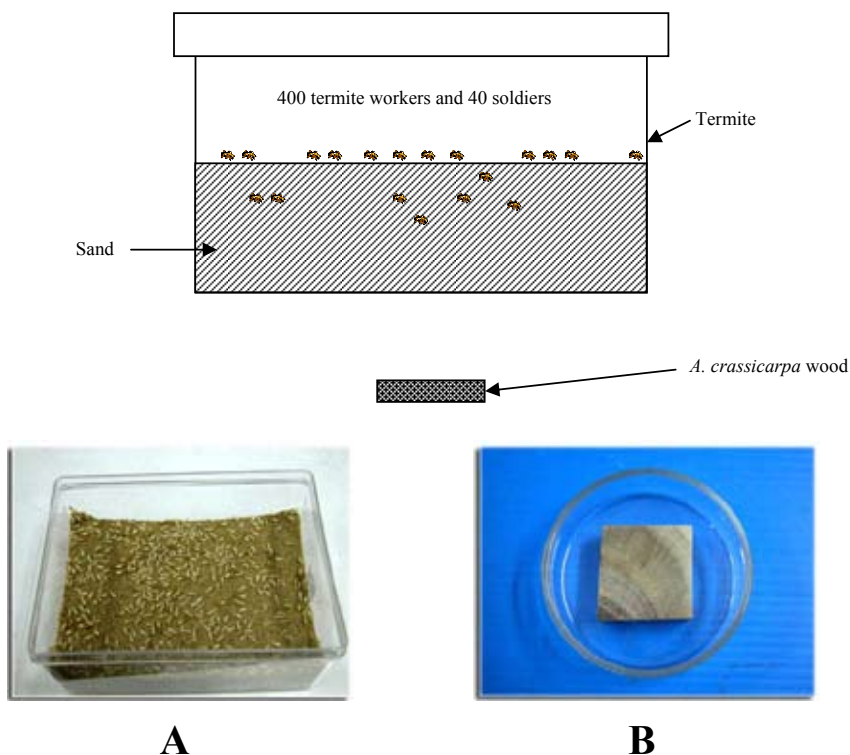


Figure 2. Laboratory test. (A) In plastic block (B) Size of *A. crassicarpa* was 2.5×2.5 cm.

4. การวางแผนการทดลอง

ในห้องปฏิบัติการใช้แผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) เปรียบเทียบความทนทานของไม้ *A. crassicarpa* แม่ไม้ต่างๆ และมีทรีทเมนต์ควบคุมเปรียบเทียบกับจำนวน 1 ทรีทเมนต์ตามแบบหุนสติดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad \text{เมื่อ } i = 1, 2, \dots, t$$

$$\mu = \text{ค่าเฉลี่ยร่วม} \quad j = 1, 2, \dots, r$$

$$\tau_i = \text{อิทธิพลของทรีทเมนต์}$$

$$\epsilon_{ij} = \text{ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง}$$



5. การบันทึกและประเมินผลการทดสอบ

การประเมินความเสียหายบนไม้ทดสอบ โดยใช้ค่าน้ำหนักของไม้ที่สูญหาย (weight loss) จากน้ำหนักไม้ก่อนและหลังการทดสอบ เป็นเปอร์เซ็นต์ความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของปลวกในห้องปฏิบัติการ ตามสูตรดังนี้ (JWPAS, 1981)

$$\text{Weight loss (\%)} = (W_1 - W_2) / W_1 \times 100$$

$$\text{Weight loss (\%)} = \text{ค่าน้ำหนักที่สูญหาย}$$

$$W_1 = \text{น้ำหนักไม้ก่อนการทดสอบ}$$

$$W_2 = \text{น้ำหนักไม้หลังการทดสอบ}$$

ระดับเปอร์เซ็นต์ความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของปลวก ดังนี้

ระดับคะแนน	ความเสียหายของไม้ (เปอร์เซ็นต์)	ลักษณะของความเสียหาย	ประสิทธิภาพความเสียหาย
1	1-10	ทำลายผิววัสดุทดลอง	น่าพึงพอใจ (satisfactory)
2	11-35	ทำลายภายในวัสดุทดลองน้อย	ยอมรับ (acceptable)
3	36-80	ทำลายภายในวัสดุทดลองมาก	ไม่ยอมรับ (unacceptable)
4	81-100	ทำลายภายในวัสดุทดลองอย่างรุนแรง	ไม่ยอมรับ (unacceptable)

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดสอบความทนทานของไม้ในตระกูล Acacia ต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน ข้อมูลที่ได้ได้แก่เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของไม้ทดสอบ นำไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ถ้าค่าเฉลี่ยนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามวิธีการ Duncan's multiple range tests (อนันต์ชัย, 2539)

การทดสอบในภาคสนาม

1. การเตรียมแปลงทดสอบ

ออกศึกษำสำรวจพื้นที่ที่จะใช้ในการวางแผนทดสอบความทนทาน โดยใช้พื้นที่บริเวณศูนย์ส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่า จังหวัดราชบุรี หลังจากได้พื้นที่แล้วทำความสะอาดและปรับพื้นที่ รวมทั้งสำรวจและเก็บตัวอย่างปลวกทำลายไม้ที่พบในพื้นที่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบ

2. วิธีการทดสอบในภาคสนาม

นำบ่อซีเมนต์ทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 ซม. สูง 60 ซม. หัวท้ายเปิด จำนวนเท่ากับจำนวนซ้ำที่จะทดสอบ วางในพื้นที่ที่ได้จัดเตรียมไว้ โดยมีระยะห่างแต่ละจุดเท่ากับ 1 เมตร ปูรองพื้นด้วยทรายหยาบ นำชิ้นตัวอย่างไม้ Acacia ซึ่งมีขนาด 5×10 ซม. สำหรับการทดสอบแบบไม้สัมผัสดิน (จำนวนทั้งหมด 4 ซ้ำ) วางบนอิฐบล็อกเพื่อให้อยู่ในระดับเหนือดิน และไม้ Acacia ขนาด 5×30 ซม. สำหรับการทดสอบแบบสัมผัสดิน (จำนวนทั้งหมด 4 ซ้ำ) ของแต่ละทรีทเมนต์รวมทั้ง control ใส่งบ่อซีเมนต์

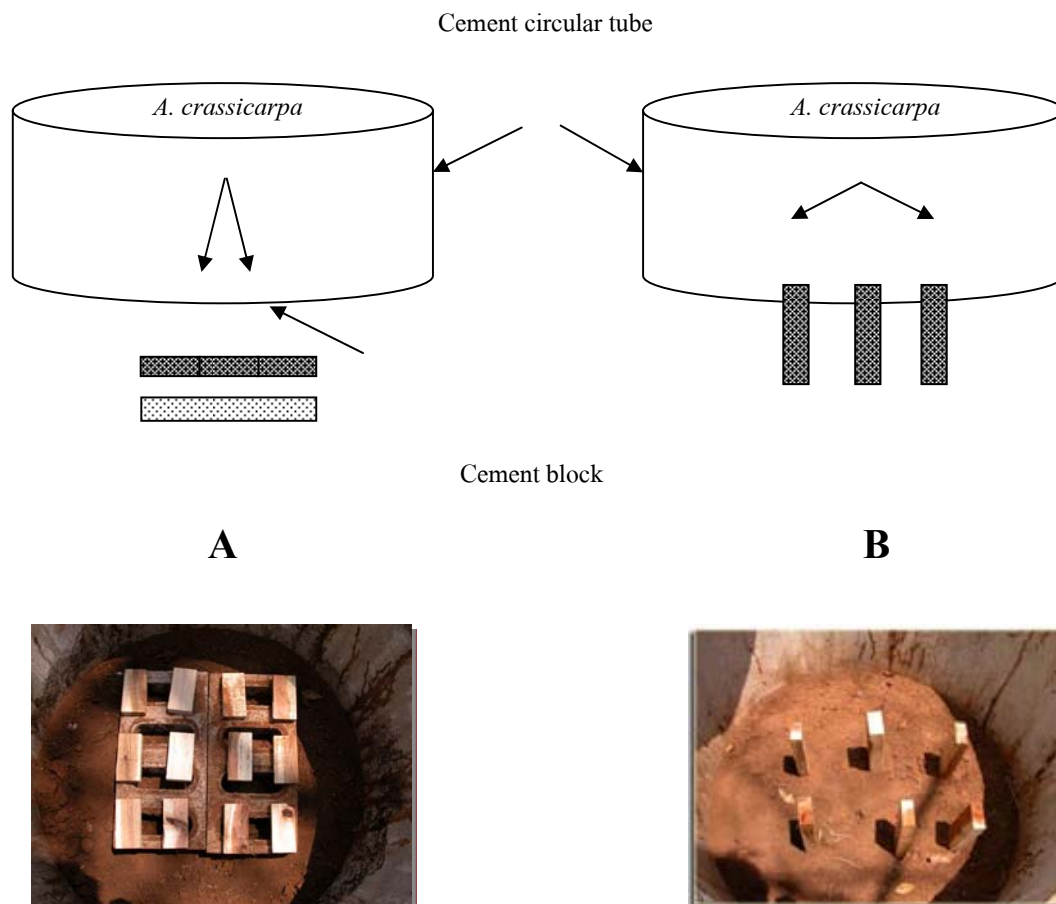


Figure 3. Field test. (A) above ground (B) on ground

3. การวางแผนการทดลอง

ในการทดสอบในภาคสนามนี้ ได้กำหนดวิธีการทดลองในลักษณะชิ้นงานทดสอบทั้งในลักษณะไม่สัมผัสดินและสัมผัสดิน โดยวิธีเลือกอิสระ (choice test) ใช้แผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) เปรียบเทียบความทนทานของไม้ *A. crassicaarpa* แม่ไม้ต่างๆ และมีทริทเมนต์ควบคุมเปรียบเทียบ จำนวน 1 ทริทเมนต์ในแต่ละซ้ำ ตามแบบหุ่นสถิติดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \rho_i + \tau_j + \varepsilon_{ij} \quad ; \text{เมื่อ} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, r \\ j = 1, 2, \dots, t \end{array}$$

μ = ค่าเฉลี่ยร่วม
 ρ_i = อิทธิพลของบล็อก
 τ_j = อิทธิพลทริทเมนต์
 ε_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลองวิเคราะห์ข้อมูล



4. การประเมินผลการทดลอง

การทดสอบในภาคสนาม ใช้ระยะเวลาในการทดสอบทั้งสิ้นไม่ต่ำกว่า 6 เดือน โดยเก็บผลการทดลองทุกเดือน บันทึกและประเมินผลการทดสอบ โดยการประเมินความเสียหายบนแผ่นวัสดุทดลองด้วยสายตา (visual rating) และบันทึกอัตราการเข้าทำลายเป็นเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย (ยูพาพร และจารุณี, 2540) เช่นเดียวกับการศึกษาในห้องปฏิบัติการ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของไม้ทดสอบ นำไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ถ้าค่าเฉลี่ยนั้นๆ มีนัยสำคัญทางสถิติ ตามวิธีการ Duncan's multiple range test (อนันต์ชัย, 2539)

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ดำเนินการทดสอบความทนทานของไม้ในตระกูล Acacia ต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษาดังนี้

1. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ จะเห็นได้ว่า ไม้ *A. crassicarpa* ทั้ง 5 แม่ไม้ ได้แก่ แม่ไม้หมายเลข 5 9 20 47 และ 79 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของปลวกอยู่ในระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้ (Table 1.) โดยค่าเฉลี่ยความเสียหายของไม้ *A. crassicarpa* ทั้ง 5 แม่ไม้ในการทดสอบในห้องปฏิบัติการเท่ากับ 41.18 51.18 36.40 37.05 และ 50.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความเสียหายอยู่ในระดับความเสียหายเท่ากับ 3 ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่ไม่ยอมรับ (unacceptable) ถือว่าไม่มีความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวก ในขณะที่ทริทเมนต์ควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายเท่ากับ 55.15 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความเสียหายจากการเข้าทำลายของปลวก ทั้ง 5 แม่ไม้ในห้องปฏิบัติการมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1 และ 2) โดยแม่ไม้หมายเลข 20 และ 47 จะมีค่าเฉลี่ยความเสียหายน้อยกว่าแม่ไม้หมายเลขอื่นๆ ในขณะที่ ทริทเมนต์ควบคุมจะมีค่าเฉลี่ยความเสียหายมากที่สุด

2. การทดสอบในภาคสนาม จากการทดสอบทั้ง 2 ลักษณะแบบไม่สัมผัสดินและแบบสัมผัสดิน จะเห็นได้ว่า ไม้ *A. crassicarpa* ทั้ง 5 แม่ไม้ ได้แก่ แม่ไม้หมายเลข 5 9 20 47 และ 79 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของปลวกอยู่ในระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้เช่นกัน (Table 1.) โดยค่าเฉลี่ยความเสียหายของไม้ *A. crassicarpa* ทั้ง 5 แม่ไม้จากการทดสอบในลักษณะการทดสอบแบบไม่สัมผัสดินเท่ากับ 90.00 100.00 55.00 65.00 และ 95.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในลักษณะการทดสอบแบบสัมผัสดินเท่ากับ 87.50 100.00 67.50 77.50 และ 100.00 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความเสียหายอยู่ในระดับความเสียหายเท่ากับ 3 และ 4 ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่ไม่ยอมรับ (unacceptable) ถือว่าไม่มีความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวก ส่วนทริทเมนต์ควบคุมมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความเสียหายเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ในการทดสอบทั้ง 2 ลักษณะ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความเสียหายจากการเข้าทำลายของปลวกในห้องปฏิบัติการ ทั้ง 5 แม่ไม้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1, 3. และ 4.) โดยแม่ไม้หมายเลข 20 และ 47 จะมีค่าเฉลี่ยความเสียหายน้อยกว่าแม่ไม้หมายเลขอื่นๆ ในขณะที่ทริทเมนต์ควบคุมจะมีค่าเฉลี่ยความเสียหายมากที่สุดเช่นเดียวกับการทดสอบในห้อง



ปฏิบัติการ

ตามเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบของ Japan Wood Preservative Association (JWPAS) ไม้ทดสอบที่ทำการทดสอบทั้งในห้องปฏิบัติการและในภาคสนามต้องสามารถทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกได้ โดยมีค่าระดับความเสียหายไม่เกิน 1 (ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์) และไม้ที่เป็นทรีทเมนต์ควบคุมต้องมีความเสียหายมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ในห้องปฏิบัติการ และ 75 เปอร์เซ็นต์ในภาคสนาม เพราะฉะนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ในการทดสอบประสิทธิภาพความทนทานของไม้ในตระกูล Acacia ในปีแรกซึ่งใช้ไม้ *A. crassicaarpa* เป็นตัวแทนไม้ *A. crassicaarpa* อายุ 4 ปี จากสถานีวนวัฒนวิจัยสระแกราช จังหวัดนครราชสีมา ทั้ง 5 แม่ไม้ไม่สามารถทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกได้ทั้งการทดสอบในห้องปฏิบัติการและในภาคสนาม

Table 1. Damage average percentage on five families of *A. crassicaarpa*.

Families of <i>Acacia crassicaarpa</i>	Laboratory		Field (above ground)		Field (on ground)	
	Damage average Percentage	Level	Damage average percentage	Level	Damage average percentage	Level
Family no. 5	47.18 b	3	90.00 bc	4	87.50 bc	4
Family no. 9	51.18 bc	3	100.00 c	4	100.00 c	4
Family no. 20	36.40 a	3	55.00 a	3	67.50 a	3
Family no. 47	37.05 a	3	65.00 ab	3	77.50 ab	3
Family no. 79	50.05 bc	3	95.00 bc	4	100.00 c	4
Control	55.15 c	3	100.00 c	4	100.00 c	4

Table 2. ANOVA of damage average percentage in laboratory test

Source of Variance	df	Sum of Square	Mean of Square	F
Treatment				
A (Families)	5	1201.176	240.235	21.565**
Error	18	200.517	11.140	
Total	23	1401.693		



Table 3. ANOVA of damage average percentage in field test (above ground)

Source of Variance	df	Sum of Square	Mean of Square	F
Block	3	2816.667	938.889	2.770ns
Treatment				
A (Families)	5	7483.333	1496.667	4.416*
Error	15	5083.333	338.889	
Total	23	15383.333		

Table 4. ANOVA of damage average percentage in field test (on ground)

Source of Variance	df	Sum of Square	Mean of Square	F
Block	3	245.833	81.944	0.517ns
Treatment				
A (Families)	5	3837.500	767.500	4.839**
Error	15	2379.167	158.611	
Total	23	6462.500		

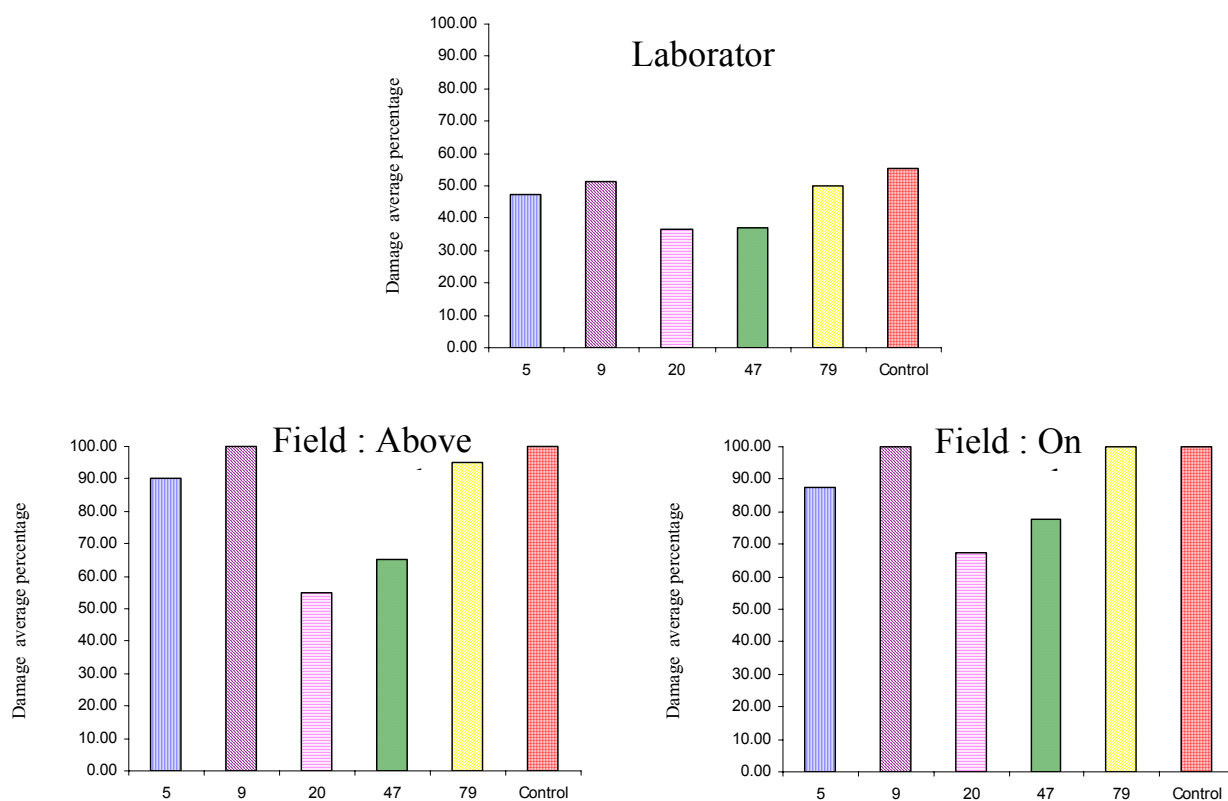


Figure 4. Damage average percentage on five families of *A. crassiparva* in laboratory test and field test.



สรุปผล

ผลการทดสอบประสิทธิภาพความทนทานของไม้ *A. crassicarpa* ต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน ได้ผลการทดสอบดังนี้

ไม้ *A. crassicarpa* อายุ 4 ปี จากสถานีวนวัฒนวิจัยสระแกราช จังหวัดนครราชสีมา 5 สายพันธุ์ ได้แก่ แม่ไม้หมายเลข 5 9 20 47 และ 79 ไม่สามารถทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกได้เมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ และในภาคสนาม เพราะฉะนั้นในการนำไปใช้งานจริง ควรจะต้องหาวิธีการในการช่วยยึดอายุไม้เหล่านี้ โดยวิธีการต่างๆ อาทิเช่น การจุ่ม แช่ ทา ด้วยสารเคมีป้องกันรักษาเนื้อไม้ หรือการอัดน้ำยาเข้าไปในเซลล์ของเนื้อไม้ เป็นต้น

วิธีการอบน้ำยาไม้มีอยู่หลายกรรมวิธี (processes) ด้วยกัน ประกอบด้วยการอบน้ำยาอย่างง่ายแบบธรรมดา หรือแบบที่ไม่ใช้กำลังอัด (non-pressure treatment) และแบบที่ต้องใช้กำลังอัด (vacuum and pressure treatment)

การอบน้ำยาไม้อย่างง่ายมีวิธีการดำเนินการได้หลายวิธี ที่รู้จักและใช้กันทั่วไป ได้แก่ การใช้น้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ทาหรือพ่นลงบนผิวไม้ เอาไม้มาจุ่มหรือแช่ในน้ำยา การต้มไม้ในน้ำยาร้อนแล้วนำมาแช่ในน้ำยาเย็น การอบน้ำยาต้นไม้ที่ยังยืนต้นและยังมีชีวิตอยู่ การใช้น้ำยาเทลงไปในรูที่เจาะไว้ในไม้ เป็นต้น

การอบน้ำยาไม้ด้วยกำลังอัด หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า การอัดน้ำยาไม้ โดยใช้เครื่องจักร เป็นการอบน้ำยาไม้ภายในถังรูปทรงกระบอก (cylinder) ที่มีฝาปิดเปิดได้ สามารถต้านทานต่อกำลังอัด (pressure) ได้สูง เรียกถังอัดน้ำยาแบบนี้ว่า ถังอัดน้ำยา (impregnating cylinder) ปัจจุบันนิยมทำการอบน้ำยาไม้ด้วยกำลังอัดกันมากที่สุด เพราะได้ผลดีกว่ากรรมวิธีอื่นมาก โดยสามารถอัดน้ำยาเข้าไปในไม้ได้ลึกและสม่ำเสมอดีกว่า ยิ่งไปกว่านั้นสามารถควบคุมปริมาณของยาที่จะเข้าไปในไม้ตามต้องการอีกด้วย ทำการอบน้ำยาไม้ได้คราวละมากๆ ภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมง และอบได้ดีทั้งไม้สดและไม้แห้ง (พจน์ และ ชีระ, 2538)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยภายใต้ชุดโครงการ การวิจัยคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ไม้สวนป่าเศรษฐกิจสกุล *Acacia* ในปีแรกขึ้นนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ ต้องขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ คุณวรธรรม อุ่นจิตติชัย หัวหน้าชุดโครงการที่ได้ให้คำแนะนำรวมทั้งประสานงานในชุดโครงการมาโดยตลอด ผู้ช่วยนักวิจัยและนักวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ทุกท่าน



เอกสารอ้างอิง

- พจน์ อนุวงศ์ ชีระ วิณิน. 2538. การอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้. ใน เอกสารอบรมหลักสูตรการป้องกันและกำจัดศัตรูทำลายไม้. กรมป่าไม้ กรุงเทพมหานคร. หน้า 109 – 151.
- ยุพาพร สรณวัตร จารุณี วงศ์ข้าหลวง. 2540. การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการทดสอบทางชีววิทยาในห้องปฏิบัติการ เพื่อประเมินผลประสิทธิภาพของสารกำจัดแมลง และสารป้องกันรักษาเนื้อไม้ในการป้องกันปลวกใต้ดิน *Coptotermes gestroi* Wasmann. เอกสารเผยแพร่กรมป่าไม้. กรมป่าไม้ กรุงเทพมหานคร. 14 หน้า.
- วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง. 2545. การปรับปรุงพันธุ์ไม้อะเคเซียเพื่อการปลูกป่าเศรษฐกิจ. ใน รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 7. กรมป่าไม้, กรุงเทพมหานคร. หน้า 1- 10.
- อนันต์ชัย เขื่อนธรรม. 2539. หลักการวางแผนการทดลอง. ภาควิชาสถิติ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 350 หน้า
- JWPAS. 1981. 14-Qualitative standards for termiticide, preservative termiticides and soil-posonning termiticide Japan Wood Preservative Association. 4-2-5, Toranomom Minato-ku (Tokyo) 105.



การศึกษาด้านคุณภาพการยึดเหนี่ยวของกาวกับไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา : แรงเค้นดึงรอยต่อเกย

STUDY ON BONDING QUALITY OF ADHESIVES WITH *ACACIA CRASSICARPA* : TENSILE SHEAR STRENGTH OF LAP JOINTS

วรรณม อุ่นจิตติชัย (Woratham Oonjittichai)¹
กำพล ชูปรีดา (Kumpon Choopreedaa)¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการประเมินคุณภาพการยึดเหนี่ยวของกาวไวโนลยูรีเทนในการยึดติดกับไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา อายุ 4 และ 16 ปี โดยวิธีการหาค่าความแข็งแรงทางแรงเค้นดึงของรอยต่อเกยตามมาตรฐานยุโรป และก่อนทดสอบได้ทำการวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง การพ่นความเป็นกรด การพ่นความเป็นด่างและการพ่นความเป็นกรดเป็นด่าง

ผลการศึกษาพบว่า ไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และการพ่นความเป็นกรดสูงกว่าอายุ 16 ปี แต่การพ่นความเป็นด่าง และการพ่นความเป็นกรดเป็นด่างน้อยกว่าของไม้อะเคเซียอายุ 16 ปี เมื่อทำการทดสอบค่าความชื้นและความหนาแน่นพบว่า ไม้อะเคเซียอายุ 4 ปี มีค่าต่ำกว่าอายุ 16 ปี ส่วนค่าแรงเค้นดึง และค่าการแตกของไม้ไผ่เส้นแนวกาวนั้นนำมาเปรียบเทียบ และหาค่าความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี F-test Two-Samples for Variances ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % พบว่าในสถานะที่ 1 และ 2 ค่าความแข็งแรง ด้านแรงดึงของไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 และ 16 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าการแตกของไม้ไผ่เส้นแนวกาวของไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 และ 16 ปี มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในสถานะที่ 3 และ 4 ค่าความแข็งแรงด้านแรงดึงและค่าการแตกของไม้ไผ่เส้นแนวกาวของไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี และ 16 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน DIN EN 204-205 พบว่า มีเพียงไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 16 ปี สภาวะแห้งในบรรยากาศที่อุณหภูมิ 23 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 50 ± 5 % เวลา 7 วัน ที่มีค่าแรงเค้นดึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

คำหลัก : กาวไวโนลยูรีเทน อะเคเซียคราสซิคาร์ปา ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง การพ่นความเป็นกรด การพ่นความเป็นด่าง การพ่นความเป็นกรดเป็นด่าง แรงเค้นดึง รอยต่อเกย ค่าการแตกของไม้ไผ่เส้นแนวกาว

¹ งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้



ABSTRACT

Study on bonding quality of vinyl-urethane adhesive with *Acacia crassicaarpa* aged 4 and 16 years. The property of bonding in case of tensile shear strength of lap joints was tested by European Standard (DIN EN 204-205).

Analysis of pH and acid buffering of *Acacia crassicaarpa* aged 4 years were higher than aged 16 years but alkali buffering, acid and alkali buffering were lower than aged 16 years. When test property of moisture content and density, it found that aged 4 years had lower than aged 16 years. Tensile shear strength of lap joints and wood failure near glue line found that aged 16 years at dry-condition $23 \pm 2^\circ \text{C}$, $50 \pm 5\% \text{ r.h.}$ in 7 days pass the standard.

Keywords : Vinyl urethane, *Acacia crassicaarpa*, pH, Acid Buffering Capacity, Alkali Buffering Capacity, Acid and Alkali Buffering Capacity, Tensile shear strength, Lap joints, Wood failure

คำนำ

ในปัจจุบันการผลิตแผ่นไม้อัดเพื่อนำไปแปรรูปทำเป็นของใช้ตกแต่งเครื่องเรือน เฟอร์นิเจอร์ อุปกรณ์ในสำนักงาน มีความนิยมเพิ่มมากขึ้น แต่ไม้ที่มีอยู่โดยทั่วไปมีการเจริญเติบโตช้าและมีราคาสูง จึงทำให้โรงงานอุตสาหกรรมหันมาใช้ไม้สกุลอะเคเซียแทน การนำไม้สกุลอะเคเซียมาใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ มีแนวโน้มมากขึ้นเพราะไม้สกุลอะเคเซียจัดเป็นพืชโตเร็ว ให้ผลผลิตตอบแทนคุ้มค่าในเวลาอันสั้น และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ต่อเนื่อง ไม้สกุลอะเคเซียจึงเป็นไม้ที่ใช้ได้สารพัดประโยชน์ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีหลายอย่าง เช่น คุณสมบัติที่ยืดหยุ่น และดัดงอได้ เนื้อไม้นำมาใช้ประโยชน์ได้ตั้งแต่อายุ 1-6 ปี ซึ่งในขณะนี้ผลิตภัณฑ์จากไม้สกุลอะเคเซียของไทยมีความหลากหลาย และกำลังเป็นที่ต้องการของต่างประเทศ ซึ่งขบวนการผลิตส่วนใหญ่ในการนำไม้อะเคเซียมาใช้ทำเป็นไม้แผ่นใหญ่นิยมทำการต่อปลายด้วยการใช้วิธีการต่อแบบนิ้วมือ ประสานติดด้วยกาวโพลีไวนิลอะซีเตต (PVAc) หรือที่นิยมเรียกกันว่ากาวลาเท็กซ์ (latex) และกาวสังเคราะห์ชนิดอื่นๆ อีก (วรรณม, 2545)

ดังจะเห็นได้ว่าในกระบวนการผลิตไม้แปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรมมีแนวโน้มว่าอัตราการขยายตัวของปริมาณการใช้กาวเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากกาวที่ใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ไม้ประกอบส่วนใหญ่มีอยู่อย่างจำกัด และประสบปัญหาคุณภาพของกาวที่ใช้ไม่สม่ำเสมอ อีกทั้งยังมีราคาสูง และมีสถานะที่ค่อนข้างจำกัดในการยึดติด เช่น ไม้ทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศที่รุนแรง ไม้ทนความชื้น และอุณหภูมิสูง ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อดำเนินการทดลองศึกษาความสามารถในการยึดติดของกาวโวนิลยูรีเทน ที่สถานะและอายุไม้ที่แตกต่างกัน และนำมาทดสอบหาค่าความแข็งแรงของวัสดุประสานที่กระทำสูงสุดกับแนวรอยต่อ และค่าการแตกของไม้ใกล้แนวกาว



วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ใช้ตัวอย่างไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปอายุ 4 และ 16 ปี คละสายพันธุ์ จากสถานีวนวัฒนวิจัยสระเกษฯ โดยใช้กาวไวโนลยูรีเทน 2 ส่วนผสมเป็นตัวยึดประสาน แล้วนำไปทดสอบ ค่าแรงฉีกดึง และค่าการแตกของไม้ไกล้แนวทวนในสภาวะต่างๆ กัน 4 สภาวะ โดยใช้มาตรฐาน DIN EN 204-205

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบได้ปฏิบัติตามงานที่ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

อุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่องอัดเย็น (Cold – press)
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Electric Balance)
3. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ (Universal Testing Machine)

ขั้นตอนการศึกษา

1. การเตรียมวัสดุและกาวติดไม้

1.1 การเตรียมวัสดุทดลองการวิจัยครั้งนี้ใช้ไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปอายุ 4 และ 16 ปี คละสายพันธุ์ จากสถานีวนวัฒนวิจัยสระเกษฯ ซึ่งต้องนำมาผ่านขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้ได้แผ่นไม้ที่พร้อมจะนำไปใช้ในกระบวนการอัดกาว โดยสรุปเป็นขั้นตอนต่างๆ ในการเตรียมแผ่นไม้ได้ดังนี้

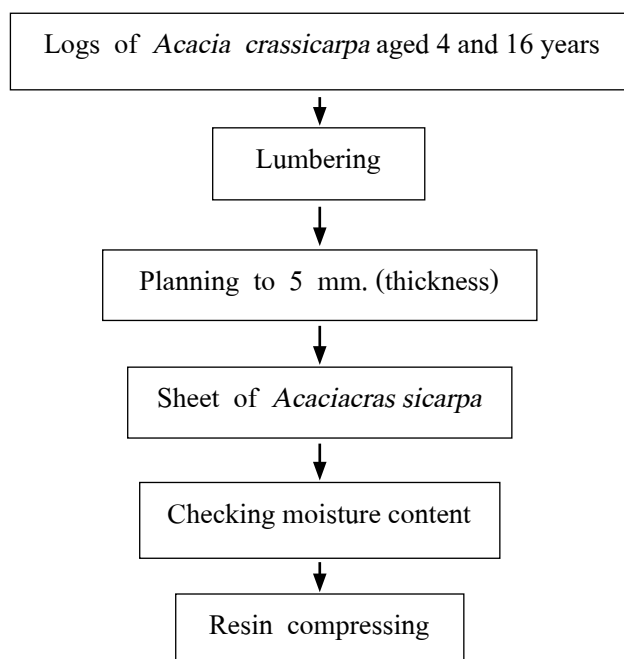


Figure 1. Wood preparation before production.



1.2 การเตรียมกาวในการวิจัยครั้งนี้ใช้กาวไวนิลยูรีเทนและHardener เป็นตัวประสาน ได้กำหนดระดับปริมาณกาวต่อปริมาณ Hardener เท่ากับ 100 ต่อ 15 ส่วนโดยน้ำหนัก

1.3 สมบัติทางกายภาพของกาวไวนิลยูรีเทนที่นำมาศึกษาและ Hardener (Table 1.)

Table 1. Physical property of glue.

Order	Detail	Properties
1	commercial name	PANATEX H - 135
2	Kind	Vinyl urethane
3	Content	white liquid condensed
4	Content Intensity (%by weight)	38-42 %
5	pH	6-9
6	Viscosities at 30 °C	50-80 poise
7	Hardener	CAT – 02
8	Color of hardener	Liquid brown-black
9	Content Intensity of hardener (% by weight)	upper 98 %
10	Viscosities at 30 °C	2-4 poise
11	Ratio glue : hardener	100 : 15
12	expiration	Upper 2 hours.
13	Glue quantity	200 -300 g/m ²
14	Moisture content of wood	lower 12 %

2. ขั้นตอนการติดกาวลงบนแผ่นไม้ และการเซาะร่องแผ่นไม้

2.1 การติดกาว นำแผ่นไม้อะเคเซียคราสชิคาร์ปา ที่ผ่านขั้นตอนการผลิตแผ่นเรียบร้อยแล้วมาทำความสะอาดให้ปราศจากฝุ่น แล้วชั่งปริมาณกาวและ Hardener ตามที่คำนวณไว้ โดยกำหนดปริมาณกาวที่ใช้ 200-300 กรัมต่อตารางเมตร จากนั้นจึงทาที่ขึ้นไม้ โดยการทดลองครั้งนี้ใช้วิธีการทาแบบ 2 ด้าน (Double glue line) จากนั้นนำแผ่นไม้ที่ทาแล้วมาประกบกัน

2.2 การอัดเย็น นำแผ่นไม้ที่ประกบกันเรียบร้อยแล้วไปเข้าเครื่องอัดเย็น โดยใช้แรงดัน 150 บาร์ ระยะเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำออกมาและตั้งทิ้งไว้ 7 วัน แล้วนำแผ่นไม้ที่ติดกาวไปตัดโดยใช้เลื่อยวงเดือน ให้มีขนาดความกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร

2.3 การเซาะร่อง ปรับใบเลื่อยวงเดือนให้มีความสูงประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำแผ่นไม้ที่ได้มาเซาะร่องทั้ง 2 ด้าน ให้หลวมกันโดยให้มีระยะห่างระหว่างรอยเซาะร่อง 1.0 เซนติเมตร

ในขั้นตอนการผลิตแผ่นไม้อัดมีการกำหนดสภาวะในการผลิตแผ่น ดังนี้

1. วัสดุที่ใช้ในการอัดแผ่น

ไม้อะเคเซีย อายุ 4 และ 16 ปี

2. อัตราส่วนกาวที่ใช้ในการติดไม้

กาว : Hardener = 100 : 15 ส่วนโดยน้ำหนัก



3. สภาวะในการผลิตแผ่นไม้อัด

ความหนาของแผ่น	5	มม.
ขนาดของแผ่น	20 x 150 x 10	มม.
ปริมาณกาว	200 - 300	กรัม ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร
แรงดันในการอัด	150	บาร์
ระยะเวลาในการอัด	1	ชั่วโมง

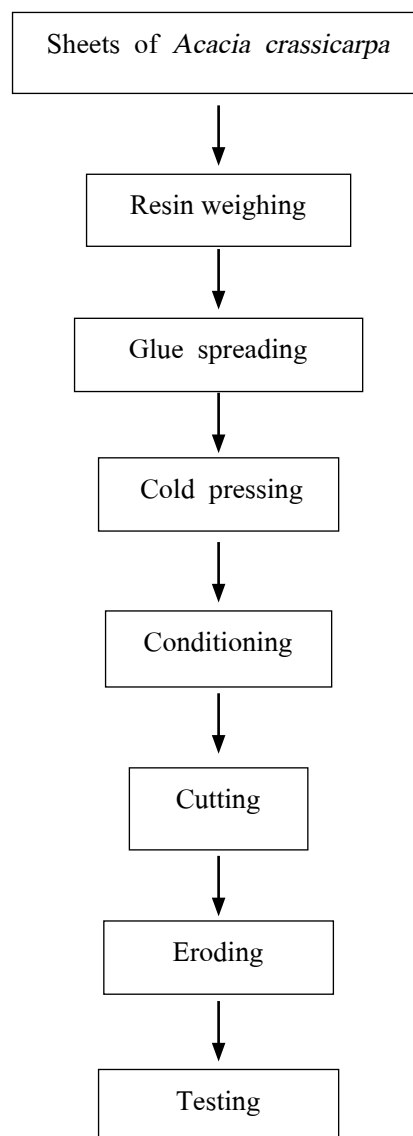


Figure 2. Product processing



Sheets of *Acacia crassicaarpa*



Glue spreading



Wood assembly



Cold pressing



Conditioning



Eroding



Soaking in water at Temp. $23^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$



Boiling



Testing



Destruction of wood near resin line

Figure 3. Process of production.

3. การทดสอบคุณสมบัติของกาวติดไม้

การวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งสถานะการทดสอบต่างกัน 4 สถานะ และใช้ไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี และ 16 ปี นำมาทดสอบตามมาตรฐาน DIN EN 204-205

3.1 การทดสอบคุณสมบัติไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา ก่อนทำการติดกาว

3.1.1 ทดสอบค่าความเป็นกรดเป็นด่าง การฟ่อนความเป็นกรด การฟ่อนความเป็นด่าง และการฟ่อนความเป็นกรดเป็นด่างของไม้

3.1.2 ทดสอบความชื้นและความหนาแน่น

3.1.3 การวัดค่ามุมสัมผัส

3.2 การทดสอบคุณสมบัติของกาวติดไม้ และเปรียบเทียบคุณสมบัติโดยใช้มาตรฐาน DIN EN 204-205.

3.2.1 ทดสอบค่าความแข็งแรงทางแรงเฉือนดึงของรอยต่อเกย

3.2.2 ทดสอบเปอร์เซ็นต์การแตกของไม้ใกล้แนวกาว

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1 การทดสอบคุณสมบัติไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา ก่อนทำการติดกาว

1.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง การฟ่อนความเป็นกรด การฟ่อนความเป็นด่างและการฟ่อนความเป็นกรดเป็นด่างของไม้

จากตารางผลการทดสอบค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนความเป็นกรดของไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปี มีค่ามากกว่าไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 16 ปี แต่การฟ่อนความเป็นด่าง และการฟ่อนความเป็นกรดเป็นด่างของไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 16 ปี มีค่ามากกว่าไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปี



Table 2. Analysis of pH, Acid Buffering Capacity, Alkali Buffering Capacity, Acid and alkali Buffering Capacity of *Acacia crassicaarpa*.

<i>Acacia crassicaarpa</i>	Rep.	pH	Acid Buffering Capacity Milliequivalent (x 10 ⁻²)	Alkali Buffering Capacity Milliequivalent (x 10 ⁻²)	Acid and Alkali Buffering Capacity Milliequivalent (x 10 ⁻²)
4 years	1	5.50	13.10	3.50	16.60
	2	5.49	12.90	3.40	16.30
	3	5.61	13.70	3.20	16.90
average		5.53	13.23	3.37	16.60
16 years	1	4.84	7.20	12.10	19.30
	2	4.86	7.70	13.20	20.90
	3	4.92	6.50	12.30	18.80
average		4.87	7.13	12.53	19.67

1.2 ทดสอบความชื้นและความหนาแน่น (Table 3)

Table 3. Average moisture content and density of *Acacia crassicaarpa* aged 4 and 16 years.

<i>Acacia crassicaarpa</i>	Moisture content (%)	Density (kg/m ³)
4 years	8.57	772.21
16 years	10.59	780.49

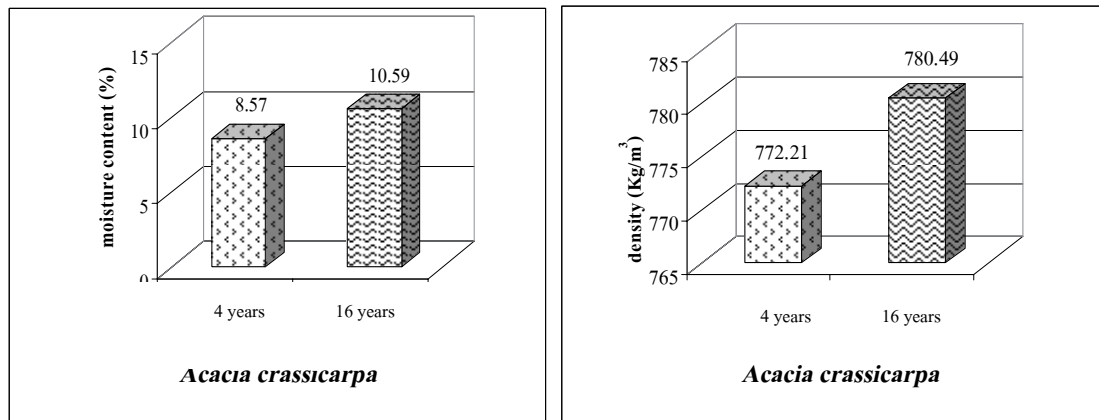


Figure 4. Average moisture content and density of *Acacia crassicaarpa* aged 4 and 16 years.

จากการทดสอบไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นและความหนาแน่นเฉลี่ยต่ำกว่าไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 16 ปี

1.3 การวัดค่ามัมสัมพัทธ์

ประเภทของวัสดุ : แก่นและกระพี้ไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 และ 16 ปี

การตั้งค่าในการวัด :

1. ชนิดของของเหลวที่ใช้ในการทดสอบ : น้ำกลั่น*
2. ปริมาณของของเหลวที่หยดลงบนผิวไม้ : 50 μ l
3. เวลาที่ใช้ในการวัดหลังจากหยดของเหลวลงบนพื้นผิว : 30 วินาที
4. อุณหภูมิที่ใช้ในการวัด : 23 องศาเซลเซียส
5. ตำแหน่งของหัวเข็ม : หัวเข็มอยู่ด้านนอกหยด (outside of a drop)
6. เปอร์เซ็นต์ความชื้นของไม้ :

แก่นไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปี	9.40 %
กระพี้ไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปี	11.10 %
แก่นไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา อายุ 16 ปี	9.27%
กระพี้ไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา อายุ 16 ปี	10.17 %



Table 4. Drop Shape Analysis on corner measurement touches, Dispersive component of the surface tension, Polar component of the surface tension, Total Surface Energy of core and alburnum *Acacia crassicarpa*.

Acacia crassicarpa	Part of wood	corner measurement touches			Dispersive component of the surface tension (mN /m)	Polar component of the surface tension (mN /m)	Total Surface Energy (mN /m)
		Left Theta L	Right Theta R	Average Theta M			
4 years	core	40.20	40.20	40.20	41.04	23.74	64.77
	albur- num	20.10	20.10	20.10	56.69	25.06	81.75
16 years	core	41.30	41.30	41.30	57.90	16.55	74.45
	albur- num	31.0	31.0	31.0	51.41	23.16	74.57

ผลการวัดค่ามุมสัมผัสของแก่นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ป่าอายุ 4 ปี มีค่ามุมสัมผัสเฉลี่ยเท่ากับ 40.2 องศาประกอบการแพร่กระจายของแรงตึงผิว 41.04 mN/m องค์ประกอบที่มีประจุของแรงตึงผิว 23.74 mN/m และพลังงานพื้นผิวทั้งหมด 64.77 mN/m ส่วนกระพี้ไม้ มีค่ามุมสัมผัสเฉลี่ยเท่ากับ 20.1 องศาประกอบการแพร่กระจายของแรงตึงผิว 56.69 mN/m องค์ประกอบที่มีประจุของแรงตึงผิว 25.06 mN/m และพลังงานพื้นผิวทั้งหมด 81.75 mN/m จากค่ามุมสัมผัสพบว่า แก่นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ป่ามีค่าความสามารถในการเปียกที่ผิวหน้า (wettability) น้อยกว่ากระพี้ไม้

ผลการวัดค่ามุมสัมผัสของแก่นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ป่าอายุ 16 ปี มีค่ามุมสัมผัสเฉลี่ยเท่ากับ 41.3 องศาประกอบการแพร่กระจายของแรงตึงผิว 57.90 mN/m องค์ประกอบที่มีประจุของแรงตึงผิว 16.55 mN/m พลังงานพื้นผิวทั้งหมด 74.45 mN/m ส่วนกระพี้ไม้มีค่ามุมสัมผัสเฉลี่ยเท่ากับ 31.0 องศาประกอบการแพร่กระจายของแรงตึงผิว 51.41 mN/m องค์ประกอบที่มีประจุของแรงตึงผิว 23.16 mN/m พลังงานพื้นผิวทั้งหมด 74.57 mN/m จากค่ามุมสัมผัสพบว่า แก่นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ป่ามีค่าความสามารถในการเปียกที่ผิวหน้า (wettability) น้อยกว่ากระพี้ไม้



2. การทดสอบคุณสมบัติของกาวติดไม้ (Table 5)

Table 5. Tensile shear strength of lap joints and wood failure of *Acacia crassicaarpa* tested by DIN EN 204-205 and statistics test F-test Two-Samples for Variances.

Sequence No.	Kind and duration	DIN EN 204	<i>Acacia crassicaarpa</i> aged 4 years		<i>Acacia crassicaarpa</i> aged 16 years	
			Tensile shear (N/mm ²)	wood failure (%)	Tensile shear (N/mm ²)	wood failure (%)
1	7 days ¹ in standard atmosphere ²	≥ 10	6.20*	90 ^{ns}	11.18*	80 ^{ns}
	7 days in standard atmosphere. 4 days in cold water ³ .	≥ 4	3.34*	10 ^{ns}	1.45*	0 ^{ns}
3	7 days in standard atmosphere. 6 hours in boiling water. 2 hours in cold water.	≥ 4	2.58*	10*	1.63*	10*
4	7 days in standard atmosphere. 6 hours in boiling water. 2 hours in cold water. 7 days in standard atmosphere.	≥ 8	4.73*	20*	4.29*	20*

Note : 1 1 day = 24 hours.

2 (23 ± 2) °C and (50 ± 5) % r.h. or (20 ± 2) °C and (65 ± 5) % r.h.

3 The water shall have the same temperature as the test climate (20 °C or 23 °C)

ns is the vary between *Acacia crassicaarpa* aged 4 and 16 years different no statistics significance 0.05 level.

* is the vary between *Acacia crassicaarpa* aged 4 and 16 years different statistics significance 0.05 level.

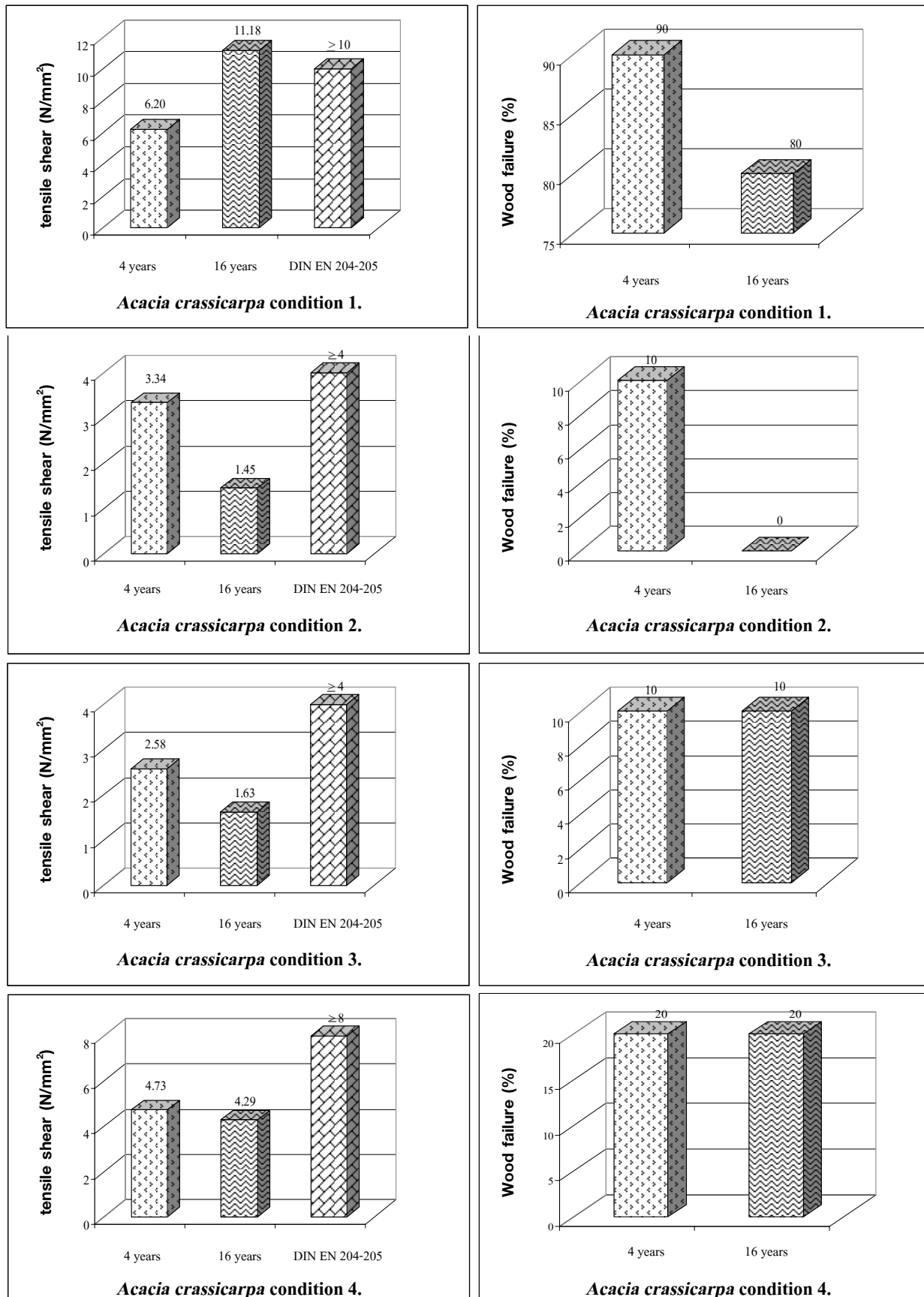


Figure 5. Tensile shear strength of lap joints and wood failure of *Acacia crassicaarpa* tested by DIN EN 204-205.



สถานะที่ 1 1. เก็บในบรรยากาศ $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$. และ $50 \pm 5\%$ RH. เวลา 7 วัน

จากการทดสอบค่าแรงเค้นดึงและค่าการแตกของไม้ไผ่เส้นแนวทแยงของไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปี และ 16 ปี ในสถานะที่ 1 พบว่า ไม้อะเคเซียอายุ 16 ปี มีค่าแรงเค้นดึง 11.18 N/mm^2 ซึ่งสูงกว่าไม้อะเคเซียอายุ 4 ปี มีค่า 6.20 N/mm^2 ส่วนค่าการแตกของไม้ไผ่เส้นแนวทแยงพบว่า ไม้อะเคเซียอายุ 4 ปี มีการแตกของไม้ไผ่เส้นแนวทแยง 90 % ซึ่งสูงกว่าไม้อะเคเซียอายุ 16 ปี ที่มีค่า 80%

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน DIN EN 204-205 พบว่า มีเพียงไม้อะเคเซียอายุ 16 ปี ที่มีค่าแรงเค้นดึง ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

และเมื่อทำการทดสอบโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี F-test Two-Samples for Variances ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % พบว่า ค่าแรงเค้นดึงของไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี และ 16 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าการแตกของไม้ไผ่เส้นแนวทแยงของไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี และ 16 ปี มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สถานะที่ 2 1. เก็บในบรรยากาศ $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ และ $50 \pm 5\%$ RH. เวลา 7 วัน

2. แช่ในน้ำเย็น $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$. เวลา 4 วัน

จากการทดสอบค่าแรงเค้นดึงและค่าการแตกของไม้ไผ่เส้นแนวทแยงของไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปี และ 16 ปี พบว่า ไม้อะเคเซียอายุ 16 ปี มีค่าความแข็งแรงด้านแรงเค้นดึงและค่าการแตกของไม้ไผ่เส้นแนวทแยงเท่ากับ 1.45 N/mm^2 และ 0% ซึ่งต่ำกว่าไม้อะเคเซียอายุ 4 ปี ที่มีค่า 3.34 N/mm^2 และ 10%

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน DIN EN 204-205 พบว่า ไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปี และ 16 ปี มีค่าแรงเค้นดึงไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

และเมื่อทำการทดสอบโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี F-test Two-Samples for Variances ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % พบว่า แรงเค้นดึงของไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี และ 16 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าการแตกของไม้ไผ่เส้นแนวทแยงของไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี และ 16 ปี มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สถานะที่ 3 1. เก็บในบรรยากาศ $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ และ $50 \pm 5\%$ RH. เวลา 7 วัน

2. ต้มในน้ำเดือด 6 ชั่วโมง

3. แช่ในน้ำเย็น $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$. เวลา 2 ชั่วโมง

จากการทดสอบค่าแรงเค้นดึงของไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี และ 16 ปี พบว่า ไม้อะเคเซียอายุ 16 ปี มีค่า 1.63 N/mm^2 ซึ่งต่ำกว่าไม้อะเคเซียอายุ 4 ปี ที่มีค่า 2.58 N/mm^2 ส่วนค่าการแตกของไม้ไผ่เส้นแนวทแยงของไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี และ 16 ปี มีค่าเท่ากันคือ 10%

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน DIN EN 204-205 พบว่า ไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี และ 16 ปี มีค่าแรงเค้นดึงไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

และเมื่อทำการทดสอบโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี F-test Two-Samples for Variances ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % พบว่า ค่าแรงเค้นดึงและค่าการแตกของไม้ไผ่เส้นแนวทแยงของไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี และ 16 ปี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



- สถานะที่ 4**
1. เก็บในบรรยากาศ $23 \pm 2^\circ \text{C}$ และ $50 \pm 5\% \text{ RH}$. เวลา 7 วัน
 2. ต้มในน้ำเดือด 6 ชั่วโมง
 3. แช่ในน้ำเย็น $23 \pm 2^\circ \text{C}$. เวลา 2 ชั่วโมง
 4. เก็บในบรรยากาศ $23 \pm 2^\circ \text{C}$. และ $50 \pm 5\% \text{ RH}$. เวลา 7 วัน

จากการทดสอบค่าแรงเฉือนดึงและค่าการแตกของไม้ไผ่ไกล้แนวทวนของไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปีและ 16 ปี มีค่า 4.29 N/mm^2 และ 4.73 N/mm^2 และค่าการแตกของไม้ไผ่ไกล้แนวทวนของไม้อะเคเซีย ทั้งสองปีมีค่าเท่ากับ 20 %

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน DIN EN 204-205 พบว่า ไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปีและ 16 ปี มีค่าแรงเฉือนดึงไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

และเมื่อทำการทดสอบโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี F-test Two-Samples for Variances ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % พบว่า ค่าแรงเฉือนดึง และค่าการแตกของไม้ไผ่ไกล้แนวทวนของไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปีและ 16 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผล

1. การทดสอบค่าความเป็นกรดเป็นด่าง การผ่อนความเป็นกรด การผ่อนความเป็นด่างและการผ่อนความเป็นกรดเป็นด่างของชิ้นไม้

ไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และการผ่อนความเป็นกรดสูงกว่า ไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 16 ปี แต่การผ่อนความเป็นด่าง และการผ่อนความเป็นกรดเป็นด่างของไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา อายุ 16 ปี มีค่ามากกว่าไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี

2. การทดสอบค่าความชื้นและความหนาแน่น

จากการทดลองพบว่า ไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นและค่าความหนาแน่น ต่ำกว่าไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 16 ปี

3. การวัดค่ามุมสัมผัส

เมื่อทำการวัดค่ามุมสัมผัสพบว่า อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปีและ 16 ปี แก่นไม้มีค่าความสามารถในการเปียกที่ผิวหน้า (wettability) น้อยกว่ากระพี้ไม้

4. การทดสอบคุณสมบัติของกาวติดไม้

จากการทดสอบค่าแรงเฉือนดึงและค่าการแตกของไม้ไผ่ไกล้แนวทวนของไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 และ 16 ปี ในสถานะที่ 1 พบว่า ไม้อะเคเซียอายุ 16 ปี มีค่าแรงเฉือนดึงสูงกว่าไม้อะเคเซียอายุ 4 ปี ส่วนค่าการแตกของ ไม้ไผ่ไกล้แนวทวน พบว่า ไม้อะเคเซียอายุ 4 ปี มีค่าการแตกของไม้ไผ่ไกล้แนวทวนสูงกว่าไม้อะเคเซียอายุ 16 ปี ในสถานะที่ 2 พบว่า ไม้อะเคเซียอายุ 16 ปีมีค่าแรงเฉือนดึงและค่าการแตกของไม้ไผ่ไกล้แนวทวนต่ำกว่าไม้อะเคเซียอายุ 4 ปี



ในสภาวะที่ 3 พบว่า ไม้อะเคเซียอายุ 16 ปี มีค่าแรงเฉือนดึงต่ำกว่าไม้อะเคเซียอายุ 4 ปี และค่าการแตกของไม้ไกล้แนวทวน ของไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปอายุ 4 และ 16 ปี มีค่าเท่ากัน ในสภาวะที่ 4 พบว่า ไม้อะเคเซียอายุ 16 ปี มีค่าแรงเฉือนดึงต่ำกว่า แต่ค่าการแตกของไม้ไกล้แนวทวน มีค่าเท่ากับไม้อะเคเซียอายุ 4 ปี

เมื่อทำการเปรียบเทียบที่ไม้อะเคเซียอายุ 4 ปี ที่สภาวะการทดสอบต่างกัน 4 สภาวะ พบว่า สภาวะที่ให้ค่าแรงเฉือนดึงดีที่สุดคือสภาวะที่ 1 4 2 และ 3 ซึ่งมีค่า 6.20 4.73 3.34 และ 2.58 N/mm² ตามลำดับ ส่วนไม้อะเคเซียอายุ 16 ปี สภาวะที่ให้ค่าแรงเฉือนดึงดีที่สุดคือสภาวะที่ 1 4 3 และ 2 ซึ่งมีค่า 11.18 4.29 1.63 และ 1.45 N/mm² ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน DIN EN 204-205 พบว่ามีเพียงไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปอายุ 16 ปี ในสภาวะที่ 1 ที่มีค่าแรงเฉือนดึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

และการทดสอบทางสถิติโดยวิธี F-test Two-Samples for Variances ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % พบว่า ในสภาวะที่ 1 และ 2 ค่าแรงเฉือนดึงของไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปอายุ 4 ปีและ 16 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าการแตกของไม้ไกล้แนวทวนมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในสภาวะที่ 3 และ 4 ค่าความแข็งแรงด้านแรงดึงและค่าการแตกของไม้ไกล้แนวทวนของไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปอายุ 4 ปีและ 16 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของแผนงานหรือชุดโครงการวิจัยคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ไม้สกุลกระถิน *Acacia* และขอขอบคุณ คุณธิตี วิสารัตน์ คุณวิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง คุณรัตนะ ไทยงาม และคุณเบญจวรรณ คฤหาพัฒนา ที่ได้กรุณาสันับสนุนวัตถุดิบไม้จากสถานีวนวัฒนวิจัยสระแก้ว

และขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโส สังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ และสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

วรรณม อุณจิตติชัย. 2545. ความรู้ทั่วไปในการใช้กากับงานไม้, กลุ่มอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้, สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้ 151 หน้า.

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.



การศึกษาไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา

STUDY OF POLYMER COMPOSITES AS ARTIFICIAL WOOD FROM POLYETHYLENE AND ACACIA CRASSICARPA

วรธรรม อุ่นจิตติชัย (Woratham Oonjittichai)¹
อิทธิพล แจ่มชัด (Ittipol Jangchud)²
วชิราภรณ์ อิ่มแก้ว (Wachiraporn Eimkaew)¹

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ขนาดของชิ้นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปีและ 16 ปี ที่ใช้ผลิตแผ่นไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา พบว่า พงไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาทั้งอายุ 4 ปีและ 16 ปี ค้างอยู่บนตะแกรง -120 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดและการฟ่อนความเป็นกรดของไม้พบว่า พงไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาอายุมากขึ้นมีค่าความเป็นกรดเป็นค่าและการฟ่อนความเป็นกรดลดลง

การศึกษาไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา ได้ศึกษาอายุของไม้ที่มีผลต่อการผลิตแผ่น และนำไปทดสอบกายสมบัติและกลสมบัติตามมาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboards จากผลการทดสอบปรากฏว่า ไม้อายุ 4 ปี มีค่าผลการทดสอบโดยรวมสูงกว่าแผ่นทดสอบที่ใช้ไม้อายุ 16 ปี

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของแผ่นทดสอบไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาระหว่างอายุ 4 ปีและ 16 ปี พบว่า ค่าการพองตัวและการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ ค่าแรงดึงตะปูเกลียว ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นและค่าความหนาแน่น เกิดความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตรงข้ามกับค่าความต้านทานแรงดัด ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าและค่าความชื้นที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อเปรียบเทียบค่าการทดสอบกับมาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboards พบว่า ค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ ค่าแรงดึงตะปูเกลียว ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าและความหนาแน่นผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนค่าความต้านแรงดัด ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นและค่าความชื้นต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

คำหลัก : ไม้พอลิเมอร์คอมโพสิต พอลิเอทิลีน ไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา

1 งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

2 คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ABSTRACT

Study of polymer composites as artificial wood from polyethylene and *Acacia crassicaarpa*. Screen analysis of *Acacia crassicaarpa* aged 4 and 16 years had most particle on -120 mesh by weight and it found that particle of *Acacia crassicaarpa* which more growth should have pH average and acid buffering capacity decrease. The properties were tested by JIS A 5908 – 2003 : Particleboards. The result showed that wood polymer composite (WPC) made from polyethylene and *Acacia crassicaarpa* aged 4 years had the mechanical and physical properties better than *Acacia crassicaarpa* aged 16 years.

The study analysis of variances found that aged 4 years and 16 years effect to water absorption, screw withdraw, modulus of elasticity and board density have variances is non significant at the 95% but modulus of rupture, internal bond and moisture content had difference variances is significant at the 95%.

The properties compared to JIS A 5908 – 2003 : Particleboards had thickness swelling, screw withdraw, internal bond and density pass the standard except modulus of rupture, modulus of elasticity and moisture content.

Keywords : Wood Polymer Composites , Polyethylene, *Acacia crassicaarpa*

คำนำ

ไม้พอลิเมอร์คอมโพสิต (Wood Polymer Composites: WPC) เป็นวัสดุที่มีองค์ประกอบหลักคือ พอลิเมอร์และไม้ (ยุทธพงษ์, 2549) จัดเป็นวัสดุชนิดใหม่ที่ปัจจุบันได้รับความสนใจใช้เป็นวัสดุทดแทนไม้ เนื่องจากไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตมีสมบัติเด่นหลายประการ เช่น มีสมบัติเชิงกลที่ดีและหลากหลาย สามารถเลือกชนิดพอลิเมอร์และไม้เตรียมเป็นคอมโพสิตที่มีสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งาน สามารถตัด เลื่อย หรือตกแต่งได้ มีน้ำหนักเบา ดูดซับน้ำน้อย อายุการใช้งานนาน ไม่ถูกทำลายโดยมอด ปลวก หรือแมลงอื่นๆ และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิต เพื่อใช้เป็นวัสดุแผ่นไม้เทียม โดยพอลิเมอร์ที่ใช้ในการทดลองคือ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง (Medium density polyethylene ; MDPE) และผงไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา เนื่องจาก MDPE เป็นพอลิเมอร์ที่มีความเหนียว (เด่นศักดิ์ และคณะ, 2549) นิยมนำมาใช้อย่างกว้างขวางโดยเฉพาะงานหล่อแบบหมุน (Rotational molding) เช่น แท็งก์น้ำ ซึ่งต้องการความแข็งแรง ความเหนียว และทนต่อสภาพภูมิอากาศได้ MDPE มีลักษณะเป็นผงทำให้สามารถที่จะกระจายตัวอยู่ระหว่างผงไม้ได้ดี และเมื่อได้รับความร้อนก็สามารถหลอมเหลวได้ง่ายทำให้ครอบคลุมผงไม้ได้อย่างทั่วถึง และไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา เป็นไม้ที่นิยมปลูกเป็นสวนป่าเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นไม้โตเร็ว ให้ผลผลิตเนื้อไม้สูง



สามารถปลูกได้ทุกสภาพพื้นที่ และยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะเป็นการนำไม้ชนิดนี้มาใช้ทดแทนไม้ชนิดอื่นที่มีการใช้อย่างมากในปัจจุบัน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางวิชาการในการใช้ประโยชน์จากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและอะเคเชียคราสซิคาร์ปา เพื่อศึกษาอิทธิพลของอายุไม้ที่มีผลต่อคุณสมบัติของแผ่นไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา และเพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของการผลิตแผ่นไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาให้ได้คุณภาพของแผ่นตามมาตรฐาน

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบคุณสมบัติของไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี และ 16 ปี คละสายพันธุ์จากสถานีวนวัฒนวิจัยสระแกราข จ. นครราชสีมา มาผลิตเป็นแผ่นไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิต โดยใช้ผงพลาสติกชนิด Medium Density Polyethylene (MDPE) เป็นตัวประสาน ปริมาณ 50 % ในการอัดแผ่นต่อน้ำหนักแห้งของไม้ แล้วนำแผ่นไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตที่ได้มาเปรียบเทียบค่าทางกายสมบัติและทางกลสมบัติโดยใช้มาตรฐาน Japanese Industrial Standard Particleboards, (JIS A 5908-2003 : Particleboards) โดยกำหนดให้แผ่นไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตมีความหนาแน่น 800 kg/ m³

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบแผ่นไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา ได้ปฏิบัติดำเนินงานที่ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

อุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่องสับชิ้นไม้ (Chipper)	2. เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง (Screening Machine)
3. เครื่องอัดร้อน (Hot – press)	4. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ (Universal Testing Machine)

ขั้นตอนการศึกษา

1. การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการศึกษา

1.1 การวิจัยครั้งนี้ใช้ไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา ซึ่งต้องนำมาผ่านขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้ได้ผงไม้ที่พร้อมจะนำไปใช้ในกระบวนการอัดแผ่น โดยสรุปเป็นขั้นตอนต่างๆ ในการเตรียมผงไม้ได้ดังนี้ (Figure 1.)

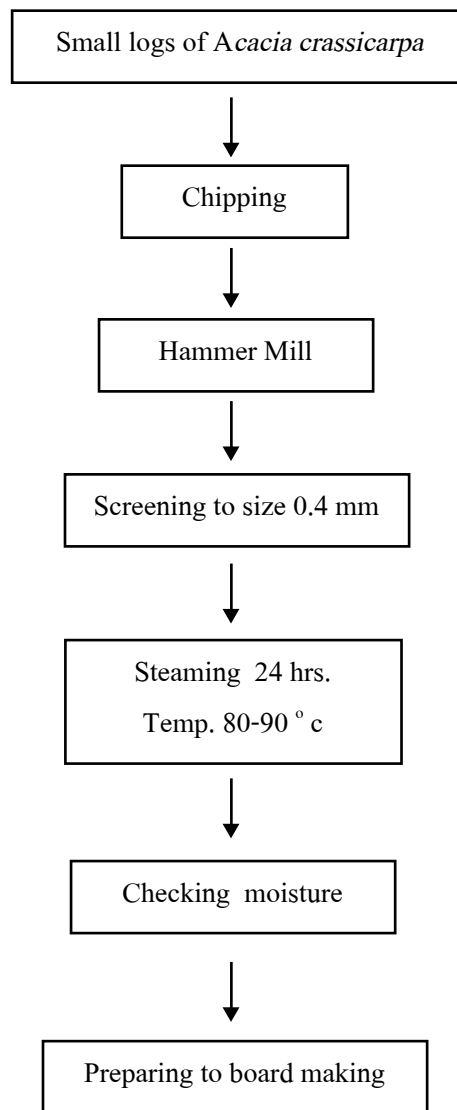


Figure 1. Material preparation from *Acacia crassicaarpa* before board making.

1.2 การเตรียมผงพลาสติก การวิจัยครั้งนี้ใช้ผงพลาสติกชนิด Medium Density Polyethylene (MDPE) กำหนดระดับปริมาณเปอร์เซ็นต์ผงพลาสติกต่อน้ำหนักแห้งของผงไม้อยู่ที่ระดับ 50%



Figure 2. Medium Density Polyethylene (MDPE) and particles of *Acacia crassicaarpa* before board making.

2. การผลิตแผ่นไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา

ผสมผงพลาสติก MDPE กับผงไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาโดยนำผงพลาสติก MDPE และผงไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา ไปชั่งให้ได้น้ำหนักตามที่คำนวณได้ ผสมให้เข้ากัน แล้วนำมาโรยแผ่นขนาด 350 x 350 มม. แล้วนำไปเข้าเครื่องอัดร้อนจนครบเวลาที่กำหนด นำแผ่นไม้เทียมออกจากเครื่องอัดร้อน ปรับสภาวะของ แผ่นเป็นระยะเวลา 7 วัน (วรรณม, 2543) แล้วจึงนำแผ่นไม้เทียมไปทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและทางกลสมบัติต่อไป

ในการผลิตแผ่นไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา มีการกำหนดสภาวะในการผลิตแผ่นไม้เทียมดังนี้

1. สภาวะต่างๆ ที่กำหนดในการผลิต

ผงไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา	4 และ 16	ปี
ความหนาแน่น	800	กก./ ลบ.ม.
ความหนาของแผ่น	15	มม.
ขนาดของแผ่น	350 x 350	มม.
ปริมาณพอลิเอทิลีน*	50	%
อุณหภูมิในการอัด	180	°c
แรงดันในการอัด	100	กก./ซม. ²
ระยะเวลาในการอัด	15	นาที

หมายเหตุ * เทียบเป็นน้ำหนักพอลิเอทิลีนต่อน้ำหนักแห้งของผงไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา

2. การผลิตแผ่นไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา

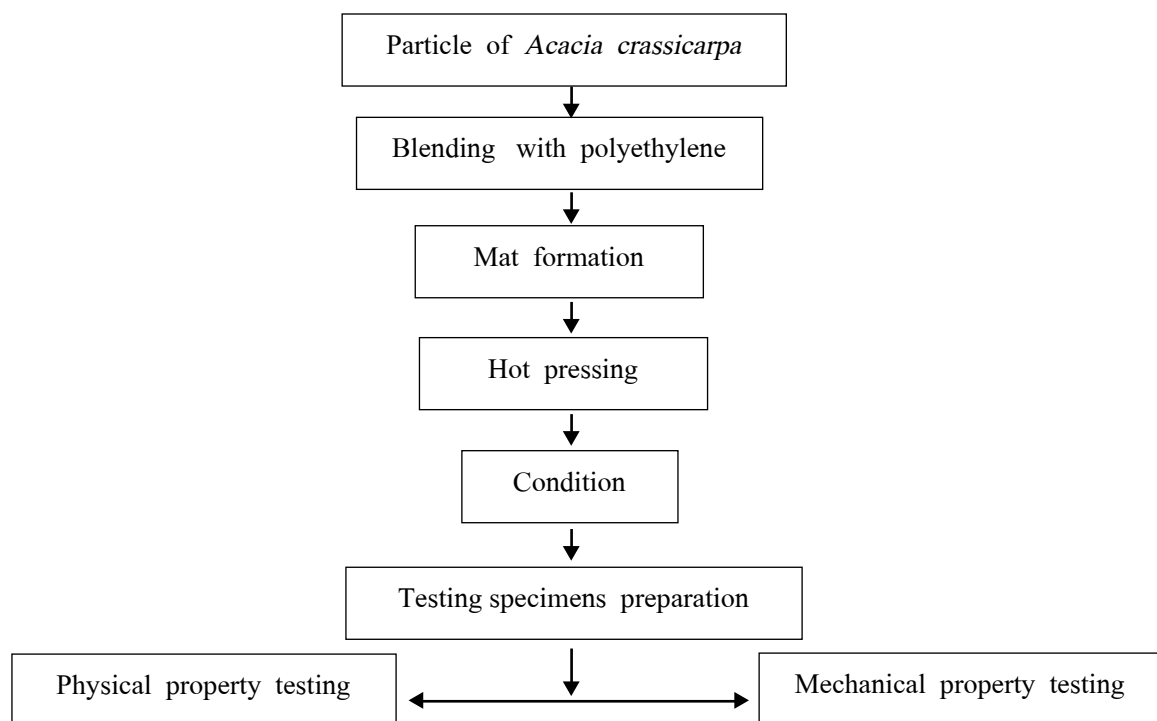


Figure 3. Production of polymer composites from polyethylene and *Acacia crassicaarpa*. (Oonjittichai, 2002)



3. การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ

3.1 การเตรียมชิ้นทดสอบในการทดสอบทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ

นำแผ่นไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาที่ผลิตได้ทั้งหมด แต่ละแผ่นมีขนาด 350 x 350 มม. ไปตัดขอบออกทั้ง 4 ด้าน แล้วนำไปตัดเป็นชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboards

3.2 การทดสอบสมบัติต่างๆ ของแผ่นตามมาตรฐาน JIS A 5908 - 2003 : Particleboards

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การดูดซึมน้ำและการพองตัวหลังแช่น้ำและการทดสอบคุณสมบัติทางกล ได้แก่ ค่าแรงดึงตะปูเกลียว ความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ทดสอบตามมาตรฐาน JIS 5908 – 2003 : Particleboards

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 และ 16 ปี มาผลิตเป็นผงไม้เพื่อใช้เป็นวัสดุที่ใช้ในการอัดแผ่น มีผลดังนี้

1. การวิเคราะห์ขนาดผงไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา

โดยการนำเอาผงไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา ไปชั่งน้ำหนักแล้วเข้าเครื่องร่อน แล้วนำไปวิเคราะห์ขนาดผงไม้ ดังนี้ (Table 1-2)

Table 1. Screen Analysis of *Acacia crassicarpa* aged 4 years.

Mesh No.	Average mesh aperture (mm.)	Average Particle dimension ^{1/}			Slenderness ratio	Amount of particle ^{2/} (%)
		Width (mm.)	Length (mm.)	Thickness (mm.)		
+ 40	0.425	0.69	3.31	0.29	11.14	0.63
- 40+60	0.337	0.14	1.05	0.03	33.06	6.35
- 60+80	0.215	0.11	0.69	0.02	38.48	23.98
-80 +100	0.165	0.07	0.33	0.01	42.39	13.08
-100+120	0.135	0.06	0.29	0.01	42.26	12.10
- 120	0.120	-	-	-	-	45.00

1/ Each average value was measured from 100 particles.

2/ Percentage value based on the weight of total particles.



Table 2 . Screen Analysis of *Acacia crassicaarpa* aged 16 years.

Mesh No.	Average mesh aperture (mm.)	Average Particle dimension ^{1/}			Slenderness ratio	Amount of particle ^{2/} (%)
		Width (mm.)	Length (mm.)	Thickness (mm.)		
+ 40	0.425	0.73	4.55	0.28	16.25	0.71
- 40+60	0.337	0.14	0.84	0.02	44.68	4.24
- 60+80	0.215	0.09	0.48	0.01	55.83	26.15
-80 +100	0.165	0.07	0.34	0.01	50.49	14.91
-100+120	0.135	0.01	0.04	0.01	6.86	11.79
- 120	0.120	-	-	-	-	44.60

1/ Each average value was measured from 100 particles.

2/ Percentage value based on the weight of total particles.

จากตารางพบว่า พงไม้เคเชียคราสชิคาร์ป่าอายุ 4 และ 16 ปี ที่ใช้ผลิตแผ่นไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้เคเชียคราสชิคาร์ป่ามีขนาดของผงไม้ที่ผ่านรูตะแกรง (เมช) -120 มีปริมาณมากที่สุด

2. ความเป็นกรดและการฟ่อนความเป็นกรดของไม้เคเชียคราสชิคาร์ป่า (Table 3)

Table 3. The analysis of pH and acid buffering capacity of *Acacia crassicaarpa*.

Sample	pH Average	Acid Buffering Capacity, Milliequivalent (x 10 ⁻²)
<i>Acacia crassicaarpa</i> aged 4 years	5.32	19.20
<i>Acacia crassicaarpa</i> aged 16 years	4.78	12.43
Rubberwood	5.78	40.80

จากตารางจะเห็นได้ว่าไม้เคเชียคราสชิคาร์ป่าอายุ 4 ปี มีค่าความเป็นกรดและการฟ่อนความเป็นกรดเฉลี่ย 5.32 และ 19.20 ตามลำดับ และอายุ 16 ปี มีค่าความเป็นกรดและการฟ่อนความเป็นกรดเฉลี่ย 4.78 และ 12.43 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าไม้ยางพารา โดยไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.78 และ 40.80 ตามลำดับ



3. ผลการทดสอบแผ่นไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา อายุ 4 และ 16 ปี (Table 4)

Table 4. The properties of Polymer Composites from polyethylene and *Acacia crassicapa* aged 4 and 16 years.

Result average	4 years	16 years	JIS 5908 -2003 type 18
Thickness Swelling 24 hrs.(%)	1.10 a*	1.26 a	≤ 12
Water Absorption 24 hrs. (%)	15.65 a	21.56 a	-
Screw withdraw (N)	872.56 a	882.50 a	≥ 500
Modulus of Rupture (MPa)	13.44 a	11.03 b	≥ 18
Modulus of Elasticity (MPa)	969 a	880 a	≥ 3000
Internal Bond (MPa)	0.57 a	0.38 b	≥ 0.3
Board Moisture Content (%)	1.83 a	2.41 b	5-13
Board Density (kg/m ³)	807.81 a	831.37 a	400-900

* Same letters (a, b) in each column mean the non significant difference at 95 %.



Table 5. Analysis of variances by Levene's Test and t-test of *Acacia crassica* aged 4 and 16 years.

Property		Levene's Test for Equality of Variances			T-test for Equality of mean					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
TS 24	Equal variances assumed	4.986	.040	-1.390	16	.184	-.1611	.1159	-.4068	8.460E-02
	Equal variances not assumed			-1.390	11.684	.190	-.1611	.1159	-.4144	9.128E-02
WA 24	Equal variances assumed	1.693	.212	-1.417	16	.176	-5.9144	4.1749	-14.7648	2.9359
	Equal variances not assumed			-1.417	13.876	.179	-5.9144	4.1749	-14.8762	3.0473
Screw	Equal variances assumed	.166	.689	-.162	16	.873	-9.9389	61.3241	-139.9401	120.0623
	Equal variances not assumed			-.162	14.122	.874	-9.9389	61.3241	-141.3593	121.4815
MOR	Equal variances assumed	.757	.397	2.208	16	.042	2.4156	1.0939	9.658E-02	4.7345
	Equal variances not assumed			2.208	15.142	.043	2.4156	1.0939	8.587E-02	4.7452
MOE	Equal variances assumed	.918	.352	1.382	16	.186	88.6667	64.1384	-47.3006	224.6339
	Equal variances not assumed			1.382	14.842	.187	88.6667	64.1384	-48.1675	225.5009
IB	Equal variances assumed	1.918	.185	4.444	16	.000	.1978	4.451E-02	.1034	.2921
	Equal variances not assumed			4.444	12.070	.001	.1978	4.451E-02	.1009	.2947
Density	Equal variances assumed	4.437	.051	-1.101	16	.287	-23.5544	21.3969	-68.9139	21.8050
	Equal variances not assumed			-1.101	12.866	.291	-23.5544	21.3969	-69.8287	22.7198
Moisture Content	Equal variances assumed	2.226	.155	-3.273	16	.005	-.5756	.1759	-.9484	-.2027
	Equal variances not assumed			-3.273	13.823	.006	-.5756	.1759	-.9532	-.1979

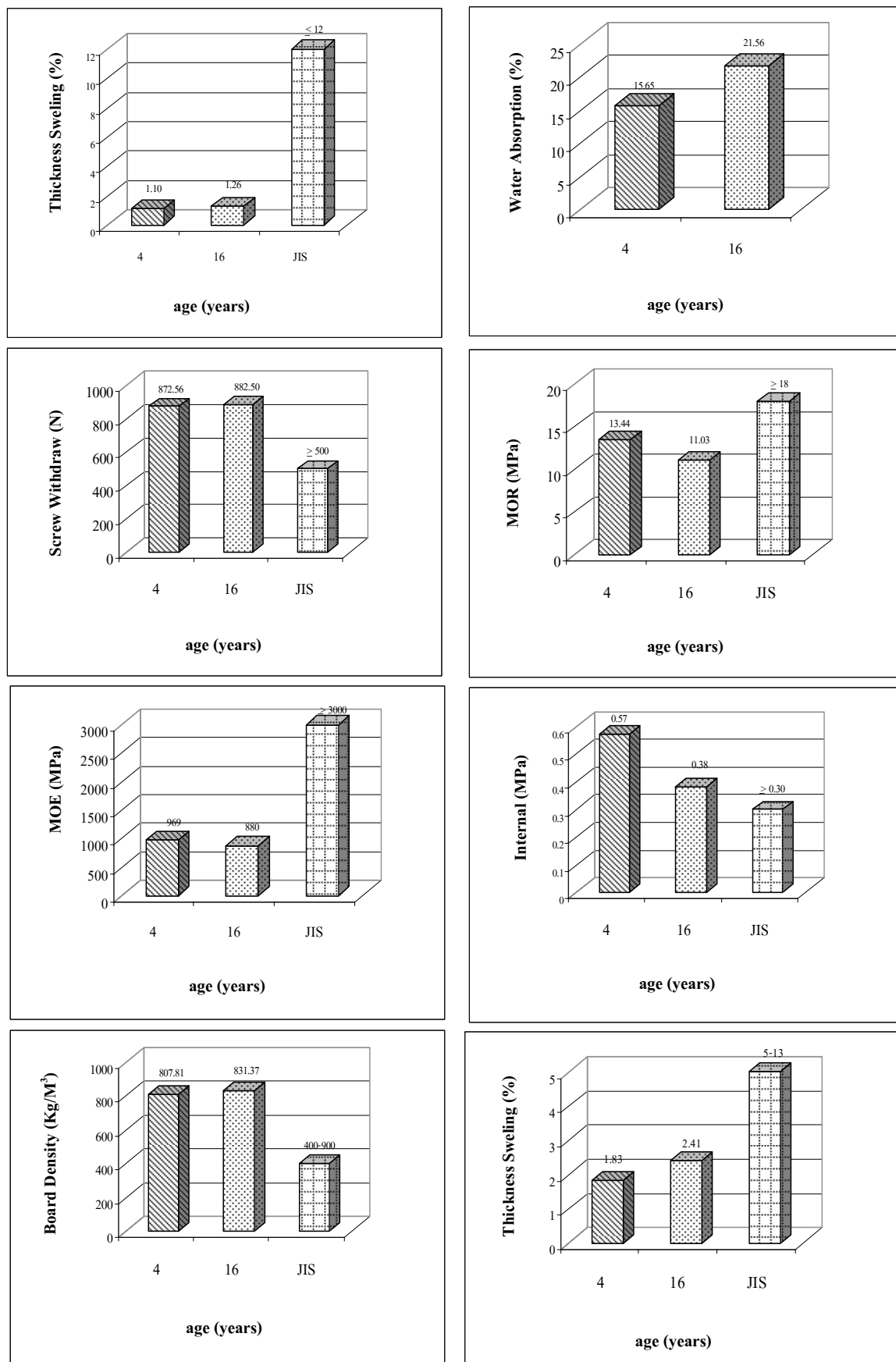


Figure 4. The properties of polymer composites from polyethylene and *Acacia crassicarpa*.



1. การพองตัวหลังแช่น้ำ (Thickness Swelling)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของแผ่นทดสอบไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา ไม้อายุ 4 ปีและ 16 ปี ด้วยวิธี Levene's test พบว่า เกิดความแปรปรวนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อทดสอบ t – test พบว่า ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นต้องใช้ Equal variances not assumed ในการตัดสินใจ ค่าเฉลี่ยการพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมงของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปี ไม่มีความแตกต่างกับค่าเฉลี่ยการพองตัวของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา อายุ 16 ปี และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 2003 : Particleboards ค่าเฉลี่ยการพองตัวของแผ่นทดสอบจากไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปีและ 16 ปี อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

2. การดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ (Water Absorption)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของแผ่นทดสอบไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้ อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา ไม้อายุ 4 ปีและ 16 ปี ด้วยวิธี Levene's test พบว่า เกิดความแปรปรวนอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อทดสอบ t – test พบว่า ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นต้องใช้ Equal variances assumed ในการตัดสินใจ ค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมงของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปี ไม่มีความแตกต่างกับค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา อายุ 16 ปี

3. ค่าแรงดึงตะปูเกลียว (Screw withdraw)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของแผ่นทดสอบไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา ไม้อายุ 4 และ 16 ปี ด้วยวิธี Levene's test พบว่า เกิดความแปรปรวนอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อทดสอบ t – test พบว่า ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นต้องใช้ Equal variances assumed ในการตัดสินใจ ค่าเฉลี่ยแรงดึงตะปูเกลียวของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปี ไม่มีความแตกต่างกับค่าเฉลี่ยแรงดึงตะปูเกลียวของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา อายุ 16 ปี และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 2003 : Particleboards ค่าเฉลี่ยแรงดึงตะปูเกลียวของแผ่นทดสอบจากไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา อายุ 4 และ 16 ปี มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

4. ค่าความต้านทานแรงดัด (Modulus of Rupture)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของแผ่นทดสอบไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา ไม้อายุ 4 ปีและ 16 ปี ด้วยวิธี Levene's test พบว่า เกิดความแปรปรวนอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อทดสอบ t – test พบว่า ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นต้องใช้ Equal variances assumed ในการตัดสินใจ ค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงดัดของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปี มีความแตกต่างกับค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงดัดของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา อายุ 16 ปี และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 2003 : Particleboards ค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงดัดของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปีและ 16 ปี มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

5. ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของแผ่นทดสอบไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเซีย คราสซิคาร์ปา ไม้อายุ 4 ปีและ 16 ปี ด้วยวิธี Levene's test พบว่า เกิดความแปรปรวนอย่างไม่มี



นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อทดสอบ $t - test$ พบว่า ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นต้องใช้ Equal variances assumed ในการตัดสินใจ ค่าเฉลี่ยมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี ไม่มีความแตกต่างกับค่าเฉลี่ยมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 16 ปี และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 2003 : Particleboards ค่าเฉลี่ยมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปีและ 16 ปี มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

6. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal Bond)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของแผ่นทดสอบไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา ไม้อายุ 4 ปีและ 16 ปี ด้วยวิธี Levene's test พบว่า เกิดความแปรปรวนอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อทดสอบ $t - test$ พบว่า ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นต้องใช้ Equal variances assumed ในการตัดสินใจ ค่าเฉลี่ยความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี มีความแตกต่างกับค่าเฉลี่ยความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 16 ปี และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 2003 : Particleboards ค่าเฉลี่ยความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปีและอายุ 16 ปี มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

7. ความชื้น (Board Moisture Content)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของแผ่นทดสอบไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา ไม้อายุ 4 ปีและ 16 ปี ด้วยวิธี Levene's test พบว่า เกิดความแปรปรวนอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อทดสอบ $t - test$ พบว่า ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นต้องใช้ Equal variances assumed ในการตัดสินใจ ค่าเฉลี่ยความชื้นของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี มีความแตกต่างกับค่าเฉลี่ยความชื้นของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 16 ปี และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 2003 : Particleboards ค่าเฉลี่ยความชื้นของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปีและ 16 ปี มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

8. ความหนาแน่น (Board Density)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของแผ่นทดสอบไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา ไม้อายุ 4 ปีและ 16 ปี ด้วยวิธี Levene's test พบว่า เกิดความแปรปรวนอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อทดสอบ $t - test$ พบว่า ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นต้องใช้ Equal variances assumed ในการตัดสินใจ ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี ไม่มีความแตกต่างกับค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 16 ปี และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 2003 : Particleboards ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของแผ่นทดสอบไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 และ 16 ปี มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

สรุปผล

จากการวิเคราะห์ขนาดของชิ้นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ป อายุ 4 ปี และ 16 ปี พบว่า จะมีชิ้นไม้ที่ค้างอยู่บนตะแกรง -120 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดและการฟ่อนค่าความเป็นกรดของไม้เทียบกับชนิดอื่นพบว่า ชิ้นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ป อายุมากขึ้นพบว่า มีค่าความเป็นกรดเป็นค่าลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ยางพาราพบว่า มีค่าความเป็นกรดเป็นค่าและการฟ่อนค่าความเป็นกรดน้อยกว่าไม้ยางพารา

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของแผ่นทดสอบไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ป ระหว่างอายุ 4 ปี และ 16 ปี พบว่า ค่าการพองตัวและการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ ค่าแรงดึงตะปูเกลียว ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นและค่าความหนาแน่น เกิดความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตรงข้ามกับค่าความต้านทานแรงดัด ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และค่าความชื้นที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboards แผ่นไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ป อายุ 4 ปี และ 16 ปี พบว่า ทุกชั้นปีมีค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ค่าแรงดึงตะปูเกลียว ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และค่าความหนาแน่น มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และค่าความต้านทานแรงดัด ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น และค่าความชื้น มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

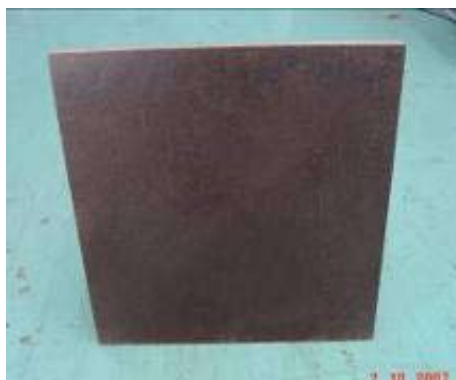


Figure 5. Sample of polymer composites from polyethylene and *Acacia crassicaarpa*.



Figure 6. Sample of polymer composites in the construction.



กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของแผนงานหรือชุดโครงการวิจัยคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ไม้สกุล กระถิน *Acacia* และขอขอบคุณ คุณธิตี วิศวรัตน์ คุณวิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง คุณรัตนะ ไทยงาม และ คุณเบญจวรรณ คฤหาพัฒนา ที่ได้กรุณาสืบค้นวัตถุดิบไม้จากสถานีวิจัยสะแกกราช จังหวัดนครราชสีมา

ขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโส สังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ และสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

เด่นศักดิ์ แสงพุทธเงินธนะ อธิธิพล แจงชัด วรธรรม อุ๋นจิตติชัย. 2549. ไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจาก ฟิวซีและเส้นใยธรรมชาติ (ยูคาลิปตัสและหญ้าแฝก). ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2549. สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ยุทธพงษ์ แซ่ตั้ง. 2549. วัสดุทดแทนไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลางและเยื่อความร้อนแข็งกลจากไม้ยางพารา. โครงการงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วรธรรม อุ๋นจิตติชัย. 2550. เอกสารประกอบการฝึกอบรม. งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้, กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้, สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้.

วรธรรม อุ๋นจิตติชัย. 2545. “Biological Composites from Vetiver Grass as Wood Material Substitute” ใน การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2545. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

Japanese Industrial Standard, Japanese Standards Association. 2003. JIS A 5908 Standard Specification for Particleboards. Hohbunsha Publ. Co. Inc. Tokyo. 21 p



การใช้ประโยชน์ไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาเพื่อผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

UTILIZATION OF *ACACIA CRASSICARPA* AS RAW MATERIAL FOR PARTICLEBOARDS

วรรณม อุ่นจิตติชัย (Woratham Oonjittichai)¹

พรประเสริฐ วาณิชยเจริญ (Pornprasert Wanitcharaen)¹

กำพล ชูปรีดา (Kumpon Choopreda)¹

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ขนาดของชิ้นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี เพื่อผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด พบว่า ชิ้นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาที่ค้างอยู่บนตะแกรง 20 เมช จะมีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด คือ 61.85% ซึ่งมีขนาดของชิ้นไม้กว้างเฉลี่ย 0.71 มม. ยาวเฉลี่ย 7.88 มม. หยาเฉลี่ย 0.27 มม. และมีสัดส่วนความเพียวเท่ากับ 28.96 เมื่อวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนค่าความเป็นกรดของไม้และเปรียบเทียบกับไม้เศรษฐกิจชนิดอื่น เช่น ไม้สัก ไม้ยางพาราและไม้กระถินเทพาพบว่า ไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (5.32) ใกล้เคียงกับไม้สัก และไม้ยางพารา แต่จะมีค่าน้อยกว่าไม้กระถินเทพา ส่วนค่าการฟ่อนค่าความเป็นกรดของไม้มีค่าเท่ากับ 19.20 ซึ่งต่ำกว่าไม้เศรษฐกิจทั้ง 3 ชนิด

เมื่อทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาที่ความหนาแน่นกำหนด 800 kg/m^3 ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ปริมาณ 7 10 และ 13% เป็นตัวประสาน พบว่า ปริมาณกาวที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าคุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีขึ้น และเมื่อทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นที่ผลิตได้แล้วเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 2003 : Particleboards (18 type) และมาตรฐาน มอก. 876-2547 : แผ่นชั้นไม้อัดชนิดอัดราบพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาที่ใช้ปริมาณกาวที่สูงขึ้น จะมีค่าคุณสมบัติใกล้เคียงและผ่านมาตรฐานกำหนดได้ ทั้งนี้ยังพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% จะมีค่าคุณสมบัติความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเท่ากับ 0.6 MPa สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และความชื้นของแผ่นมีค่าเท่ากับ 10.77% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทั้ง 2 มาตรฐาน ส่วนความต้านทานแรงดัดมีค่าเท่ากับ 17.37 MPa สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876-2547 : แผ่นชั้นไม้อัดชนิดอัดราบและมีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 2003 : Particleboards (18 type)

คำหลัก : ปาร์ติเกิลบอร์ด แผ่นชั้นไม้อัด ไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา ชิ่นไม้ เศษไม้

¹ งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้



ABSTRACT

The study on particle size of *Acacia crassicaarpa* wood which aged 4 years for particleboard should have particle on screen 20 mesh, which have average width 0.71 mm., length 7.88 mm., thickness 0.27 mm. high quantity 61.85% by weight and average slender ratio at 28.96. *Acacia crassicaarpa* had pH (5.32) average near by teak and pararubber wood but lower than mangium wood and acid buffering capacity (19.20) was lower than those economic woods.

Properties of particleboard made from *Acacia crassicaarpa* at density 800 kg/m³ were investigated with 3 urea formaldehyde (UF) contents : 7, 10 and 13% (based on dry weight). The results showed that particleboard with urea formaldehyde (UF)13% was good quality of board. In these cases board properties were tested by JIS A 5908-2003 : Particleboard (18 type) and TISI 876-2547.

Keywords : Particleboard (PB), *Acacia crassicaarpa* , wood particle, wood waste

คำนำ

ในปัจจุบันทรัพยากรป่าไม้ของประเทศไทยลดลงจนรัฐต้องแก้ไขปัญหาด้านการส่งเสริมให้มีการปลูกป่าเพิ่มมากขึ้น และมีการนำไม้มาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด จากสถิติการป่าไม้ของประเทศไทย 2543 (กรมป่าไม้, 2543) รายงานว่ามีโรงงานแปรรูปไม้และโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ที่ได้จากไม้ พ.ศ.2543 จำนวนทั้งหมด 15,757 โรงงาน ซึ่งโรงงานจะมีเศษไม้เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้เป็นจำนวนมาก ยกตัวอย่างจากการทดลองหาปริมาณเศษไม้เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพาราพบว่า ได้น้ำหนักไม้แปรรูปเฉลี่ย 51.43 % ของน้ำหนักไม้ท่อน ที่เหลือเป็นปีกไม้เฉลี่ย 18 % เศษไม้ริมไม้เฉลี่ย 17.28 % และขี้เลื่อยเฉลี่ย 13.23 % ดังนั้นจึงมีเศษไม้เหลือทิ้งจากการแปรรูปไม้ยางพารารวมทั้งสิ้น 48.57 % นอกจากนี้จากการทดลองหาปริมาณเศษไม้เหลือทิ้งจากการกลึงไม้มะม่วงพบว่า หลังจากการกลึงจะได้ชิ้นงานรูปทรงกระบอก คิดเป็น 10.16 % ของไม้ท่อนที่เหลือเป็นปีกไม้เฉลี่ย 46.46% ขี้เลื่อยเฉลี่ย 10.87% เศษไม้กลึงเฉลี่ย 32.5 % และผงขัดไม้เกิน 1 % ดังนั้นจึงมีเศษไม้เหลือทิ้งจากการกลึงไม้มะม่วง รวมทั้งสิ้นถึง 89.84 % ซึ่งเป็นจำนวนที่สูงมาก (วรธรรม อุณจิตติชัย, 2546) ปัจจุบันเทคโนโลยีทางการใช้ประโยชน์จากเศษไม้เพื่อผลิตเป็นอุตสาหกรรมมีความเจริญก้าวหน้าอย่างสูงสามารถใช้เศษไม้มาย่อยละเอียดแล้วอัดเป็นแผ่นขึ้นไม้อัดทดแทนไม้ธรรมชาติ (wood-based panels) โดยมีคุณสมบัติใกล้เคียงไม้ธรรมชาติทุกประการ เศษไม้เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ก็สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดได้เช่นกัน ดังนั้นหากมีการศึกษาวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์จากเศษไม้สกุลกระถินที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ เป็นการนำเศษไม้ที่เหลือจากการแปรรูปกลับมาใช้ประโยชน์อีกครั้งหนึ่ง โดยนำมาผลิตเป็นแผ่นขึ้นไม้อัด หรือแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด อีกทั้งยังเป็นวิธีการหนึ่งที่จะสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเศษไม้ที่เหลือใช้จากการแปรรูป ซึ่งมีเป็นจำนวนมาก



ไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาเป็นไม้ในสกุล (genus) อะเคเชียซึ่งมีอยู่ประมาณ 1,300 ชนิดทั่วโลก โดยมีการกระจายพันธุ์ตั้งแต่ทวีปออสเตรเลีย เอเชีย ไปยังแอฟริกาจนถึงทวีปอเมริกา นำเข้ามาทำการทดลองปลูกในประเทศไทยเมื่อปี 2528 ร่วมกับไม้ต่างประเทศอื่นๆ ภายใต้โครงการทดลองปลูกพรรณไม้ออสเตรเลียในประเทศไทย โดยพันธุ์ไม้ทั้ง 2 ชนิด แสดงศักยภาพในการนำไปปลูกสร้างสวนป่าเศรษฐกิจ เพื่อเป็นไม้ใช้สอยสำหรับชุมชนและมีคุณสมบัติในการทำเยื่อกระดาษได้เป็นอย่างดี จึงเป็นไม้โตเร็วต่างประเทศที่น่าจะมีบทบาทสำคัญในอนาคต

ในส่วนการใช้ประโยชน์ไม้อะเคเชียเพื่อเพิ่มมูลค่าของไม้ในรูปแบบต่างๆ เช่น การแปรรูปไม้ การทำเครื่องเรือน การทำไม้ยางไม้อัด และการทำแผ่นบอร์ด เป็นต้น พบว่ายังไม่มีการใช้ประโยชน์ไม้อะเคเชียเพื่อเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์ไม้ชนิดต่างๆ ข้างต้นในประเทศเลย

ทั้งนี้คณะผู้วิจัยจึงศึกษาการใช้ประโยชน์จากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางวิชาการในการใช้ประโยชน์จากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด เพื่อศึกษาอิทธิพลของปริมาณกาวที่มีผลต่อคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาให้ได้คุณภาพของแผ่นตามมาตรฐาน รวมถึงเพื่อตอบสนองความต้องการใช้ไม้ในประเทศ ซึ่งแผ่นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จะสามารถนำไปใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ต่อไป

วิธีการศึกษา

นำไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปี คละสายพันธุ์ ความสูงเฉลี่ย 11-12 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางต้นเฉลี่ย ๓ ความสูง 1.30 เมตร (DBH) 13.80 เซนติเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ย 571.18 กก./ลบ.ม. จากสถานีวนวัฒนวิจัยสระแกรา จ. นครราชสีมา เข้าเครื่องย่อยทำชิ้นไม้ นำชิ้นไม้ที่ได้จากการย่อยเข้าเครื่องร่อนคัดขนาดชิ้นไม้ แล้วนำชิ้นไม้เบอร์ 1 (ขนาดรูตะแกรงร่อน 1 มม.) ที่ได้จากการร่อนคัดขนาดเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด โดยใช้กาวยูเรียฟอर्मัลดีไฮด์ปริมาณ 7 10 และ 13 % ปริมาณฮาร์ดเดนเนอร์ 2 % (เทียบกับน้ำหนักกาวแห้ง) เป็นตัวประสาน แล้วนำแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ได้มาเปรียบเทียบค่าทางกายสมบัติและทางกลสมบัติโดยใช้มาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboards และมาตรฐาน มอก. 876 – 2547 : แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดได้ดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

อุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่องสับชิ้นไม้ (Chipper)
2. เครื่องอัดร้อน (Hot – press)
3. เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง (Screening Machine)
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Electric Balance)
5. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ (Universal Testing Machine)



ขั้นตอนการศึกษา

1. การเตรียมวัสดุและกาวติดไม้

1.1 การเตรียมวัสดุในการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ใช้ไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปี คละสายพันธุ์ ความสูงเฉลี่ย 11-12 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางต้นเฉลี่ย ๓ ความสูง 1.30 เมตร (DBH) 13.80 เซนติเมตร ความหนาแน่น ๓ สภาวะแห้ง บรรยากาศเฉลี่ย 571.18 kg/m^3 จากสถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จ. นครราชสีมา นำเข้ากระบวนการต่างๆ เพื่อให้ได้ชิ้นไม้ที่พร้อมนำไปใช้ในกระบวนการอัดแผ่น โดยสรุปเป็นขั้นตอนต่างๆ ในการเตรียมชิ้นไม้ได้ดังนี้ (Figure 1-2)

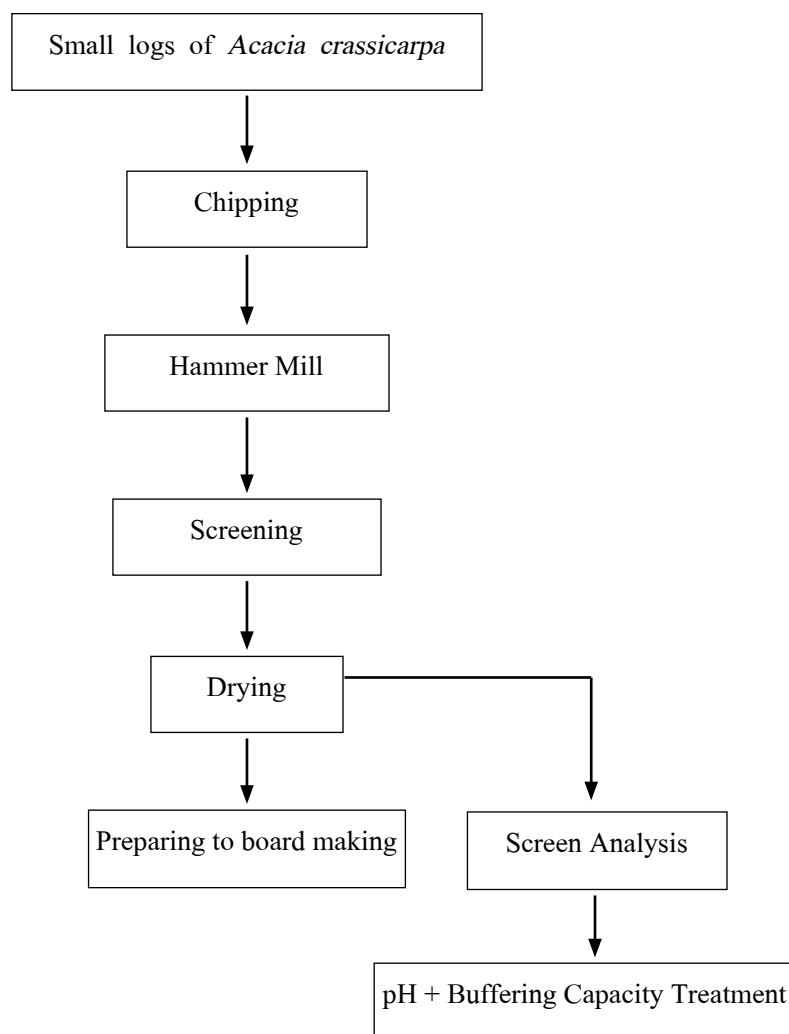


Figure 1. Wood preparation from *Acacia crassicaarpa* before board making.



Logs of *Acacia crassicaarpa*



Plots of *Acacia crassicaarpa*



Wood particles after Hammer mill and Screening



Wood chips after Chipping



particleboards from *Acacia crassicaarpa*

Figure 2. Quality of chips and particleboards from *Acacia crassicaarpa*.

1.2 การเตรียมกาวในการศึกษาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดได้กำหนดระดับปริมาณเปอร์เซ็นต์กาว
แห้งต่อน้ำหนักแห้งของชิ้นไม้ (วรรณม, 2545) กำหนดอยู่ที่ระดับ 7 10 และ 13 % กาวที่ใช้ในการอัดแผ่น คือ กาว
ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และใช้ปริมาณฮาร์ดเดนเนอร์ 2 % (เทียบกับปริมาณกาวแห้ง)



1.3 การตรวจสอบหาคุณลักษณะของสารผสมระหว่างกาวและสารเติมแต่ง พิจารณาคุณลักษณะของสารผสมระหว่างกาวและสารเติมแต่งนี้ โดยทำการศึกษาคุณสมบัติของกาวผสม ดังนี้ (Table 1)

Table 1. The properties of Urea Formaldehyde Resin.

Properties	Urea Formaldehyde
pH	9.02
Viscosity centipoises	130.00
Non - volatile content (%)	47.99
Gel time* (min : sec) at 100 °C (mix with ammonium chloride 2% base on dry resin)	39.00
Specific Gravity (at 31 °C)	1.182

*Gel time was occurred more than 3 hours without adding hardener.

2. วิธีการผสมและผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา

ผสมกาวกับชิ้นไม้ โดยชั่งชิ้นไม้ให้น้ำหนักตามที่กำหนด ใส่ในเครื่องผสมกาวกับชิ้นไม้ แล้วสเปรย์กาวไปบนชิ้นไม้ในเครื่อง ชั่งน้ำหนักชิ้นไม้ที่ผสมกาวเรียบร้อยแล้วตามที่ได้กำหนด นำมาโรยแผ่นเตรียมอัดและนำไปอัดร้อนจนครบเวลาตามที่กำหนดต่อไป แล้วจึงนำแผ่นที่ผลิตได้ไปปรับสภาพเป็นระยะเวลานาน 7 วัน (วรรณม, 2541) จากนั้นนำแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดไปทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ

ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีการกำหนดสถานะในการผลิตแผ่นและขั้นตอนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ดังนี้

ชิ้นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา อายุ	4	ปี
ความหนาแน่นกำหนด	800	กก./ลบ.ม.
ความหนาของแผ่น	10	มม.
ขนาดของแผ่น	400 x 400	มม.
ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ *	7 10 และ 13	%
ปริมาณฮาร์ดเดนเนอร์ **	2	%
อุณหภูมิในการอัด	120	°ซ.
แรงดันในการอัด	150	กก./ซม. ²
ระยะเวลาในการอัด	5	นาที

หมายเหตุ * เทียบเป็นน้ำหนักกาวแห้งต่อน้ำหนักแห้งของชิ้นไม้

** เทียบเป็นน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักกาวแห้ง



3. การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตได้จากสภาวะทดลองทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ

3.1 การเตรียมชิ้นทดสอบในการทดสอบทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ

นำแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตได้ทั้งหมด แต่ละแผ่นมีขนาด 400 x 400 มม. ไปตัดขอบออกทั้ง 4 ด้าน แล้วนำไปตัดเป็นชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboards และมาตรฐาน มอก. 876 – 2547 : แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ

3.2 การทดสอบสมบัติต่างๆ ของแผ่นตามมาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboards และมาตรฐาน มอก. 876 – 2547 : แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ

3.2.1 ทดสอบหาการพองตัว (Thickness Swelling)

3.2.2 ทดสอบหาการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

3.2.3 การทดสอบค่าความต้านทานแรงฉีก (Modulus of Rupture)

3.3.4 การทดสอบค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)

3.3.5 ทดสอบความต้านแรงดึงตึงฉีกกับผิวหน้า (Internal Bonding)

3.3.6 ทดสอบความชื้น (Moisture Content)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิจัยได้วางแผนการวิจัยแบบสุ่ม (completely random design) โดยกำหนดปัจจัยที่จะศึกษา 3 ทรีทเมนต์ คือ ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 7 10 และ 13% เป็นตัวประสาน โดยกำหนดให้แต่ละทรีทเมนต์มีจำนวนซ้ำ 3 ซ้ำ และนำผลค่าการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้ One-way analysis of variance



ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. ผลการวิเคราะห์ขนาดขึ้นเมล็ดไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา

Table 2. Screen Analysis of *Acacia crassicarpa*.

Mesh No.	Average mesh aperture (mm.)	Average Particle dimension ^{1/}			Slenderness ratio	Amount of particle ^{2/} (%)
		Length (mm.)	Thickness (mm.)	Width (mm.)		
+ 5	4.000	11.64	1.41	4.21	8.27	1.54
- 5+12	2.840	10.19	0.70	1.68	14.50	28.23
- 12+20	1.275	7.88	0.27	0.71	28.96	61.85
-20 +40	0.638	4.52	0.15	0.39	30.94	7.97
- 40+60	0.337	3.76	0.15	0.30	25.71	0.19
- 60	0.250	2.51	0.11	0.21	22.41	0.05

1/ Each average value was measured from 100 particles.

2/ Percentage value based on the weight of total particles.

ขึ้นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปามีขนาดขึ้นไม้ที่ค้างอยู่บนตะแกรง 20 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด คือ 61.85 % มีสัดส่วนความเพรียของขึ้นไม้เท่ากับ 28.96

2. ผลการวัดความเป็นกรดเป็นด่างของไม้และการพ่นค่าความเป็นกรดของไม้

Table 3 The analysis of pH and acid buffering capacity of *Acacia crassicarpa*.

Sample	pH Average	Acid Buffering Capacity, Milliequivalent (x 10 ⁻²)
<i>Acacia crassicarpa</i>	1	5.20
	2	18.20
	3	20.70
Average	5.32	18.70
		19.20



Table 4. The analysis of pH and acid buffering capacity of *Acacia crassicaarpa* compared with *Acacia mangium* , Teak and Rubberwood.

Sample	pH Average	Acid Buffering Capacity , Milliequivalent (x 10 ⁻²)
<i>Acacia crassicaarpa</i> .	5.32	19.20
Mangium wood	6.23	43.83
Teak	5.15	20.60
Rubberwood	5.78	40.80

ชิ้นไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปี ไม่ลอกเปลือกจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.32 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับไม้สักและไม้ยางพารา แต่มีค่าการพ่อนความเป็นกรดเฉลี่ยอยู่ที่ 19.20 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าไม้เศรษฐกิจทั้ง 3 ชนิดที่นำมาเปรียบเทียบ

3. ผลการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

ผลการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา เปรียบเทียบใช้กาวยูเรียฟอรั้มลดีไฮด์ 7 10 และ 13 % ปริมาณฮาร์ดเดนเนอร์ 2 % (เทียบกับปริมาณกาวแห้ง) เป็นตัวประสานแผ่นทดสอบความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม. เปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboards และมาตรฐาน มอก. 876 – 2547 : แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (Table 5-6 และ Figure 3)



Table 5 The result average properties of particleboard from *Acacia crassicaarpa* aged 4 years at board density 800 kg/m³ using urea formaldehyde (UF) 7 10 and 13% as binder, Temperature 120 °C and Moisture content of particle 9.29%.

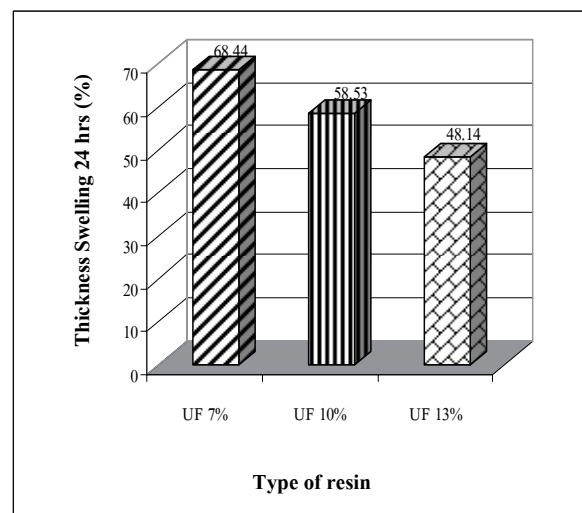
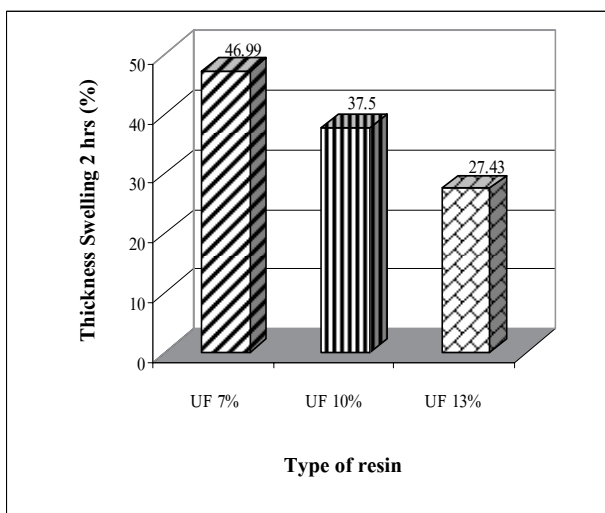
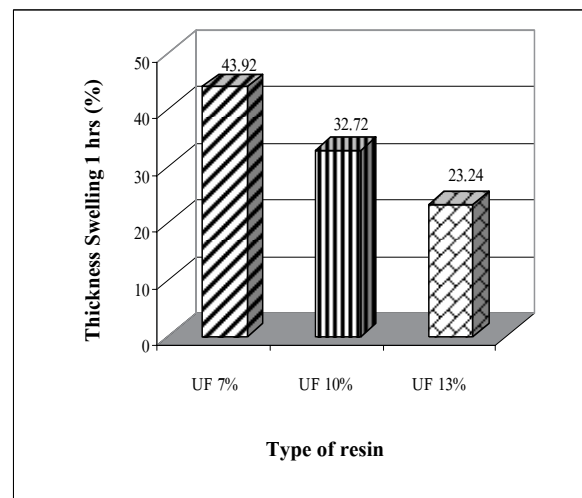
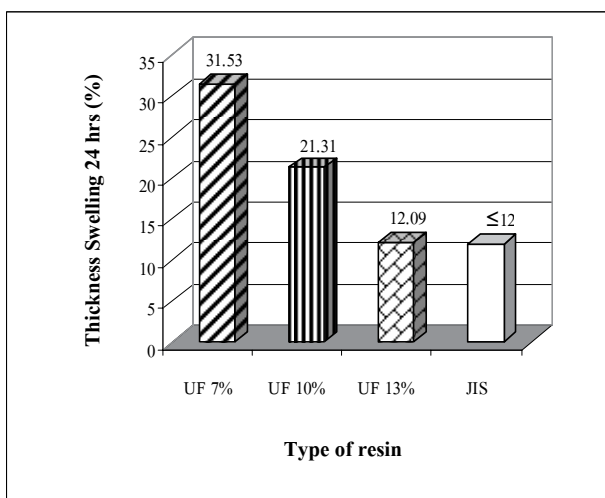
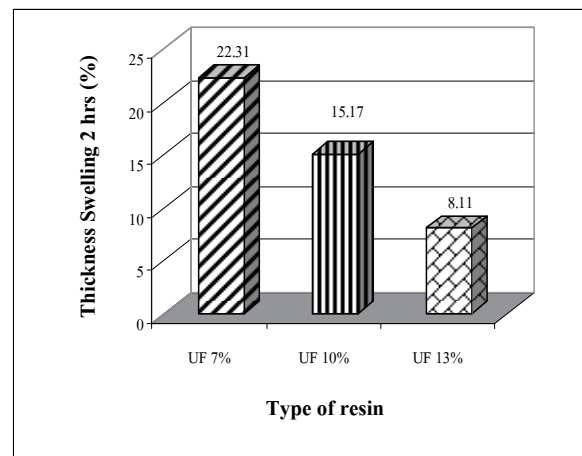
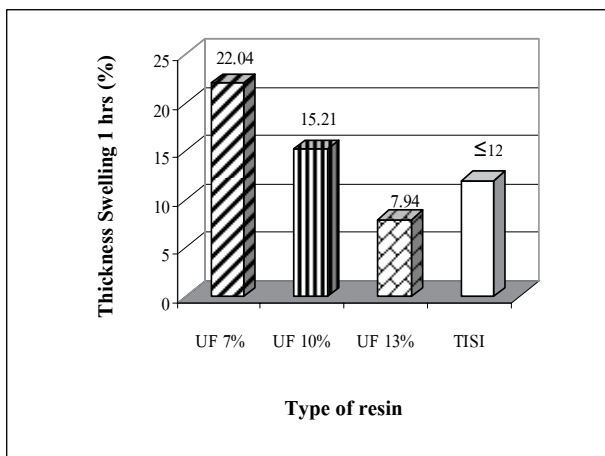
Quantity of resin	TS (%)			WA (%)			MOR (MPa)	MOE (MPa)	IB (MPa)	Moisture Content (%)
	1 hrs.	2 hrs.	24 hrs.	1 hrs.	2 hrs.	24 hrs.				
UF 7 %	22.04 a*	22.31 a	31.53 a	43.92 a	46.99 a	68.44 a	14.19 a	1690 a	0.70 a	9.81 a
UF 10 %	15.21 b	15.17 b	21.31 b	32.72 b	37.50 b	58.53 b	18.25 b	1763 a	0.69 a	11.24 b
UF 13 %	7.94 c	8.11 c	12.09 c	23.24 c	27.43 c	48.14 c	17.37 b	1732 a	0.60 a	10.77 b
JISA 5908 - 1944	-	-	≤12	-	-	-	≥18	≥3000	≥0.3	5 - 13
TISI 876 - 2547 (18 type)	≤12	-	-	-	-	-	≥14	≥1800	≥0.4	4 - 13

* Same letters (a, b, c) in each column mean the non significant difference at 95 %.



Table 6. Analysis of variances of particleboard from *Acacia crassicaarpa* aged 4 years at board density 800 kg/m³ using urea formaldehyde (UF) 7 10 and 13% as binder.

Property		Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Ts 1 hr	Between Groups	298.027	2	149.013	88.896	0.000
	Within Groups	10.058	6	1.676		
	Total	308.085	8			
Ts 2 hr	Between Groups	302.179	2	151.089	233.945	0.000
	Within Groups	3.875	6	0.646		
	Total	306.054	8			
Ts 24 hr	Between Groups	567.568	2	283.784	148.026	0.000
	Within Groups	11.503	6	1.917		
	Total	579.071	8			
Wa 1 hr	Between Groups	643.409	2	321.705	33.684	0.001
	Within Groups	57.304	6	9.551		
	Total	700.713	8			
Wa 2 hr	Between Groups	574.051	2	287.025	371.458	0.000
	Within Groups	4.636	6	0.773		
	Total	578.687	8			
Wa 24 hr	Between Groups	617.851	2	308.825	65.808	0.000
	Within Groups	28.166	6	4.694		
	Total	646.017	8			
MOR	Between Groups	27.403	2	13.702	7.745	0.022
	Within Groups	10.615	6	1.769		
	Total	38.018	8			
MOE	Between Groups	8069.556	2	4034.778	.206	0.819
	Within Groups	117266.00	6	19544.333		
	Total	125335.56	8			
IB	Between Groups	1.769E-02	2	8.84E-03	.318	0.739
	Within Groups	0.167	6	2.77E-02		
	Total	0.184	8			
MC	Between Groups	3.168	2	1.584	9.234	0.015
	Within Groups	1.029	6	0.172		
	Total	4.198	8			



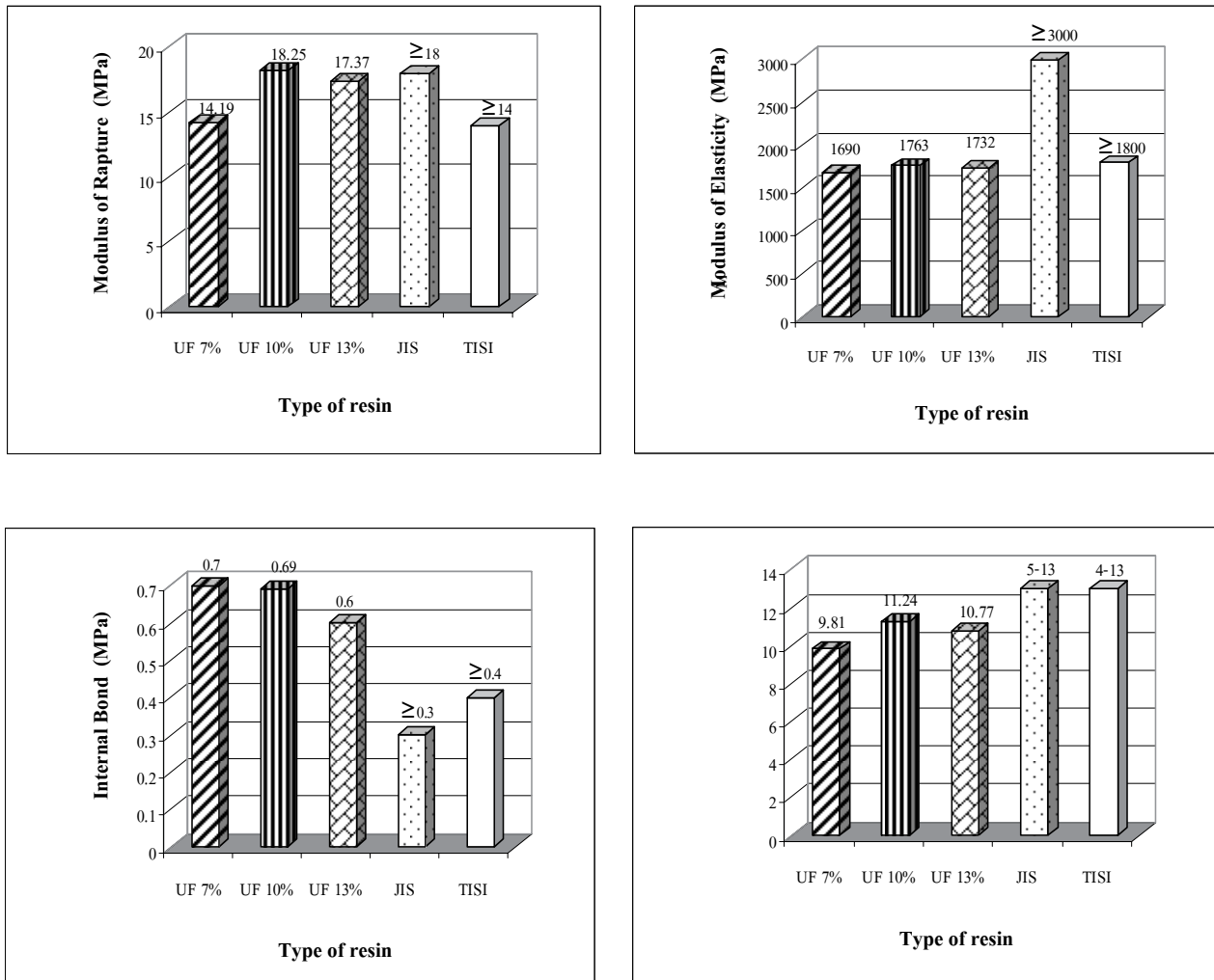


Figure 3. The properties of particleboard from *Acacia crassicaarpa* aged 4 years at board density 800 kg/m³ using urea formaldehyde (UF) 7 10 and 13% as binder.

3.1 การพองตัวหลังแช่น้ำ (Thickness Swelling)

การศึกษาค่าการพองตัวหลังแช่น้ำของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณ 7 10 และ 13 % ที่ความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม. พบว่า การใช้กาวในปริมาณที่สูงขึ้นมีผลทำให้แผ่นมีค่าการพองตัวหลังแช่น้ำลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards และมาตรฐาน มอก. 876 - 2547 : แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบพบว่า มีเพียงแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ที่ใช้ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% เป็นตัวประสาน ที่มีค่าการพองตัวหลังการแช่น้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 - 2547 : แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ และมีค่าใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณกาวที่กำหนด



3.2 ค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

การศึกษาค่าการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 7 10 และ 13 % ที่ความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม. พบว่า เมื่อปริมาณกาวยูเรียเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นมีค่าที่ดีขึ้น โดยมีค่าการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง มีค่า 43.92 32.72 และ 23.24% หลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง มีค่า 46.99 37.50 และ 27.43% หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง มีค่า 68.44 58.53 และ 48.14% ตามลำดับ ทั้งนี้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาวยูเรีย 13% เป็นตัวประสาน มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณกาวยูเรียที่กำหนด

3.3 ความต้านทานแรงดัด (Modulus Of Rupture)

การศึกษาคูณสมบัติความต้านทานแรงดัดเป็นการศึกษาในเรื่องของการรับแรงของแผ่นที่จะนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งจากการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา ที่ความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม.³ พบว่า มีค่า 14.19 18.25 และ 17.37 MPa ซึ่งจากการเปรียบเทียบปริมาณกาวยูเรียที่ใช้ในการผลิตแผ่นพบว่า ปริมาณกาวยูเรียที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความต้านทานแรงดัดมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard และมาตรฐาน มอก. 876 – 2547 : แผ่นจีนไม้อัดชนิดอัดราบพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาวยูเรีย 10% เป็นตัวประสานมีค่าความต้านทานแรงดัดสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานทั้ง 2 มาตรฐาน ส่วนแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาวยูเรีย 7 และ 13% เป็นตัวประสานมีค่าความต้านทานแรงดัดสูงกว่ามาตรฐาน มอก. 876 – 2547 : แผ่นจีนไม้อัดชนิดอัดราบ แต่ยังมีค่าด้อยกว่ามาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาวยูเรีย 10% มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาวยูเรีย 7% แต่จะมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาวยูเรีย 13%

3.4 มอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus Of Elasticity)

การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณ 7 10 และ 13 % ที่ความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 1,690 1,763 และ 1,732 MPa ซึ่งจากการศึกษาปริมาณกาวยูเรียที่ใช้ในการผลิตแผ่นพบว่า การใช้กาวยูเรียในปริมาณที่สูงขึ้นมีผลทำให้แผ่นมีคุณสมบัติมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard และมาตรฐาน มอก. 876 – 2547 : แผ่นจีนไม้อัดชนิดอัดราบ พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิต ได้มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทั้ง 2 มาตรฐาน และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณกาวยูเรียที่กำหนด

3.5 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal Bond)

การศึกษาศามารถในการยึดเหนี่ยวกันภายในแผ่น โดยพิจารณาจากคุณสมบัติความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่น ในการศึกษาครั้งนี้ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 7 10 และ 13 % เป็นตัวประสานพบว่า แผ่นมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเท่ากับ 0.70 0.69 และ 0.60 MPa เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboard และมาตรฐาน มอก. 876 – 2547 : แผ่นจีนไม้อัดชนิดอัดราบพบว่า แผ่นที่ผลิตได้มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ทั้ง 2 มาตรฐาน และเมื่อวิเคราะห์



ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณกาวที่กำหนด

3.6 ความชื้น (Board Moisture Content)

แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา ใช้ปริมาณกาว 7 10 และ 13 % ที่ความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม. มีค่าความชื้นเท่ากับ 9.81 11.24 และ 10.77% เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboard และมาตรฐาน มอก. 876 – 2547 : แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทุกปริมาณกาวมีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทั้ง 2 มาตรฐาน และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาว 7% มีค่าความชื้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาว 10 และ 13% ส่วนแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาว 10% จะมีค่าความชื้นแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาว 13%

สรุปผล

การวิเคราะห์ขนาดของขึ้นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา พบว่า ขึ้นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปามีสัดส่วนความเพียวอยู่ในช่วง 8.27-30.94 ทั้งนี้ ขึ้นไม้ที่ค้างอยู่บนตะแกรง 20 เมช จะมีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด คือ 61.85% และมีสัดส่วนความเพียวเฉลี่ยเท่ากับ 28.96

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนค่าความเป็นกรดของไม้เทียบกับไม้เศรษฐกิจชนิดอื่น เช่น ไม้สัก ไม้ยางพาราและไม้กระถินเทพา พบว่า ขึ้นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปามีค่าความเป็นกรดเป็นด่างใกล้เคียงกับไม้สัก และไม้ยางพารา แต่มีค่าน้อยกว่าไม้กระถินเทพา ส่วนค่าการฟ่อนค่าความเป็นกรดของไม้มีค่าน้อยกว่าไม้เศรษฐกิจทั้ง 3 ชนิด

คุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา โดยใช้ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ 7 10 และ 13 % ปริมาณฮาร์ดเดนเนอร์ 2 % (เทียบกับปริมาณกาวแห้ง) ความหนาแน่น 800 กก./ม.³ เมื่อปริมาณกาวเพิ่มสูงขึ้นจะมีผลทำให้ค่าการพองตัวหลังแช่น้ำและค่าการดูดซึมน้ำลดลง ค่าความต้านทานแรงดัดและค่าความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าและค่ามอดูลัสยืดหยุ่น จะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้ปริมาณกาว 13% จะทำให้คุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีกว่าปริมาณกาวอื่นๆ

เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboards แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา ที่ความหนาแน่น 800 กก./ม.³ พบว่า ทุกปริมาณกาวมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด มีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ส่วนค่าความต้านทานแรงดัดมีเพียงแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาว 10% เป็นตัวประสาน ที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดและค่าการพองตัวหลังแช่น้ำไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกปริมาณกาว

เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 – 2547 : แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดราบ พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาทุกปริมาณกาวที่ใช้มีค่าความต้านทานแรงดัดและค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ค่าการพองตัวหลัง



แผ่นน้ำ 1 ซม. มีเพียงปริมาณกาว 13% ที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ส่วนมอดูลัสยืดหยุ่นมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน กำหนดทุกแผ่น

และจากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นและค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณกาวที่กำหนด ค่าการพองตัวและการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณกาวที่กำหนด ค่าความต้านทานแรงดัดและค่าความชื้นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาว 10% มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาว 13% แต่จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาว 7%



Figure 4. Simple Furniture from particleboard of *Acacia crassicarpa*.

ข้อเสนอแนะ

นอกจากปริมาณกาวและความหนาแน่นที่มีผลต่อคุณสมบัติของแผ่นแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของแผ่นด้วย เช่น ความชื้น ขนาดของชิ้นวัตถุดิบ เป็นต้น ทั้งนี้ในการผลิตแผ่นเพื่อให้ได้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ที่มีคุณสมบัติของแผ่นดีที่สุด ควรมีการศึกษาปัจจัยอื่นๆ ดังกล่าวร่วมด้วย โดยเฉพาะการใช้สัดส่วนความเปรี้ยวของชิ้นปาร์ติเกิลเพิ่มขึ้น พร้อมกับการใช้สารเติมแต่งอื่นผสมด้วย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของแผนงานหรือชุดโครงการวิจัยคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ไม้สกุลกระถิน *Acacia* และขอขอบคุณ คุณธิตี วิจารณ์ คุณวิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง คุณรัตนะ ไทยงาม และคุณเบญจวรรณ คฤหาพัฒนา ที่ได้กรุณาสันับสนุนวัตถุดิบไม้จากสถานีวนวัฒนวิจัยสระแกราช จังหวัดนครราชสีมา



ขอขอบคุณ คุณวัชร จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโสสังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ของสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- กรมป่าไม้. 2543. สถิติการป่าไม้ของประเทศไทย. ส่วนศูนย์ข้อมูลกลาง, สำนักสารนิเทศ. 98 หน้า.
- วรรณม อุณจิตติชัย. 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล (แผ่นจีนไม้อัด) และกรรมวิธีผลิต. เอกสารวิชาการ เลขที่ ร. 514. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 202 หน้า.
- วรรณม อุณจิตติชัย. 2543. แผ่นปาร์ติเกิลจากเศษไม้คละชนิดเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม. ผลงานวิจัยกลุ่มพัฒนา อุตสาหกรรมไม้ 2541-2542. หน้า 91.
- วรรณม อุณจิตติชัย. 2545. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการใช้กากกับงานไม้. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้, สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.
- วรรณม อุณจิตติชัยและคณะ. 2546. การใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อทดแทนไม้. กลุ่มอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้, สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้. รายงานประจำปีงบประมาณ 2546. หน้า 31.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. “แผ่นจีนไม้อัดชนิดอัดราบ.” เอกสาร มอก. 876-2547. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- Japanese Industrial Standard, Japanese Standards Association. 2003. JIS A 5908 Standard Specification for Particleboards. Hohbunsha Publ. Co. Inc. Tokyo. 21 p.



แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา

MEDIUM DENSITY FIBERBOARDS FROM ACACIA CRASSICARPA

วรธรรม อุ่นจิตติชัย (Woratham Oonjittichai)¹
พรประเสริฐ วาณิชยเจริญ (Pornprasert Wanitcharaen)¹
วริญญา โลมรัตน์ (Warinya Lomarat)¹

บทคัดย่อ

การศึกษาขนาดเส้นใย ที่ได้จากการผลิตเยื่อจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปี ของสถานีวิจัยสะแกราช เพื่อผลิตเป็นแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง พบว่า เส้นใยไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา ที่ใช้อัดแผ่นใยไม้อัดมีความกว้างเฉลี่ย 0.45 มม. ความยาวเฉลี่ย 2.91 มม. และความหนาเฉลี่ย 0.09 มม. มีปริมาณมากที่สุดถึง 30.09 % และมีสัดส่วนความเพียวเฉลี่ยเท่ากับ 33.31 มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างและค่าการพ่นความเป็นกรดของเส้นใย เท่ากับ 5.67 และ 25.27 ตามลำดับ

การผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา ได้ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการผลิตแผ่น ได้แก่ ปริมาณกาวยูเรียฟอรั่มลีสต์ 10 และ 13 % ที่ระดับความหนาแน่นของแผ่น 700 750 และ 800 กก./ม.³ และนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 966- 2547 (แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง) จากการศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณกาวยูเรียและความหนาแน่นที่ต่างกัน พบว่า การใช้ปริมาณกาวยูเรียและความหนาแน่นที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้ค่าคุณสมบัติของแผ่นดีขึ้น โดยแผ่นที่มีค่าคุณสมบัติของแผ่นดีที่สุด คือ แผ่นที่ใช้ปริมาณกาวยูเรียฟอรั่มลีสต์ 13% เป็นตัวประสาน ความหนาแน่น 800 กก./ม.³

ทั้งนี้จากผลการศึกษาที่ชี้ให้เห็นว่า การใช้ปริมาณกาวยูเรียและความหนาแน่นที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้ค่าคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นดีขึ้น หากมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแผ่นโดยเพิ่มปริมาณกาวยูเรียและความหนาแน่นในสถานะที่เหมาะสมและมีการศึกษาปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น การใช้ลักษณะของเส้นใยที่ยาวขึ้นในการผลิตแผ่น เป็นต้น จะมีผลทำให้แผ่นมีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดได้

คำหลัก : แผ่นใยไม้อัด แผ่นเอ็มดีเอฟ ไม้สกุลอะเคเชีย

¹ งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้



ABSTRACT

Acacia crassicarpa aged 4 years from Sakaerat Silviculture Research Station was studied for medium density fiberboard (MDF) production. Fiber dimension was measured and found that the fiber at width 0.45 mm., length 2.91 and thickness 0.09 mm. had the great proportion of 30.09 % and average slender ratio was 33.31. That pH average and acid buffering capacity show that 5.67 and 25.27.

MDF was made with the designed factors at 10 % and 13 % urea formaldehyde (based on dry weight of fiber) content and board density of 700, 750 and 800 kg/m³. Mechanical properties and physical properties of medium density fiberboard were investigated as specified in the Thai Industrial Standards (TIS. 966-2547). The results showed that when increasing amount of resin and higher density MDF will reduce the thickness swelling and also increase modulus of rupture, modulus of elasticity and tensile strength perpendicular to surface.

Keywords : Fiberboard, Medium Density Fiberboard, *Acacia crassicarpa*

คำนำ

ปัจจุบันความต้องการไม้มาใช้ประโยชน์มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น เพื่อนำไม้มาแปรรูปเป็นวัสดุในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ งานก่อสร้าง งานตกแต่งภายในและผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่ใช้ไม้เป็นส่วนประกอบในการผลิต เมื่อความต้องการใช้ไม้เพิ่มมากขึ้นแต่ปริมาณไม้ไม่เพียงพอความต้องการ จำเป็นต้องหาทางเลือกที่จะได้ไม้มาใช้ตามความต้องการ ในปัจจุบันไม้สกุลกระถินสายพันธุ์อะเคเชียคราสซิคาร์ปา เป็นที่นิยมปลูกเป็นสวนป่าเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นไม้โตเร็ว ให้ผลผลิตเนื้อไม้สูง สามารถปลูกได้ทุกสภาพพื้นที่ และนอกจากนี้ในการแปรรูปไม้ การทำเครื่องเรือน และการทำแผ่นบอร์ด ไม่พบว่ามีการใช้ประโยชน์จากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาเพื่อเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์ไม้ชนิดต่างๆ ข้างต้นในประเทศเลย

ดังนั้นงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้จึงได้เล็งเห็นความสำคัญ หากนำไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปามาผลิตเป็นแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมทำชิ้นส่วนและเครื่องเรือนต่างๆ โดยมีการศึกษาสมบัติต่างๆ ที่เกี่ยวข้องของไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาจากสวนป่าที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นเส้นใยของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboards, MDF) จากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาที่ความหนาแน่นของแผ่นที่ 700 750 และ 800 กก./ม.³ และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboards, MDF) จากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาที่ใช้ปริมาณกาว 10 และ 13 % ซึ่งไม้ชนิดนี้จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการสร้างประโยชน์มากขึ้นทางด้านอุตสาหกรรม และช่วยลดปัญหาการขาดแคลนไม้ได้อีกทางหนึ่ง



วิธีการศึกษา

นำไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี คละสายพันธุ์ ความสูงเฉลี่ย 11-12 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางต้นเฉลี่ย ๓ ความสูง 1.30 เมตร (DBH) 13.80 เซนติเมตร ความหนาแน่น ๓ สภาวะแห้งบรรยากาศเฉลี่ย 571.18 kg/m^3 จากสถานีวนวัฒนวิจัยสระแกราช จ. นครราชสีมา เข้าเครื่องย่อยทำชิ้นไม้ แล้วนำชิ้นไม้ที่ได้เข้าเครื่องร่อนคัดขนาด จากนั้นนำชิ้นไม้ขนาด 1-3 ซม. จากการร่อนคัดขนาดเข้า 1 ชั่วโมง แล้วนำเข้าเครื่องบดเยื่อใช้แรงดันไอน้ำ 10 บาร์ นึ่งเป็นเวลา 7 นาที และบด 1 นาที เพื่อแปรสภาพชิ้นไม้เป็นเส้นใย แล้วนำเส้นใยที่ได้ตากแห้งเข้าเครื่องบดเส้นใย จากนั้นนำเส้นใยที่ได้จากการบดเข้าเครื่องคัดแยกขนาด นำเส้นใยเบอร์ 4 เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde, UF) เป็นตัวประสาน ปริมาณกาวที่ใช้ 10 และ 13 % ปริมาณฮาร์ดเดนเนอร์ 2 % (เทียบกับปริมาณกาวแห้ง) ในการอัดแผ่นต่อน้ำหนักอบแห้งของไม้ แล้วนำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ โดยใช้มาตรฐาน มอก. 966 – 2547 (แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง) โดยกำหนดแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางให้มีความหนาแน่นของแผ่น 700 750 และ 800 kg/m^3

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางได้ดำเนินงาน ที่ห้องปฏิบัติการ ของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

อุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่องสับชิ้นไม้ (Chipper)
2. เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Steam Boiler)
3. เครื่องบดเยื่อ (Defibrator)
4. เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง (Screening Machine)
5. เครื่องผสมกาวกับเส้นใย (Glue Blending)
6. เครื่องอัดร้อน (Hot – press)
7. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ (Universal Testing Machine)

ขั้นตอนการศึกษา

1. การเตรียมวัตถุดิบและการศึกษา

1.1 การเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้ไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปี สับเป็นชิ้นไม้สับขนาดเล็กๆ ด้วยเครื่องสับชิ้นไม้ (Chipper) นำไปเข้าเครื่องร่อนคัดขนาด (Screening Machine) ได้ชิ้นไม้สับที่มีขนาดความกว้างเฉลี่ย 9.96 มม. ความยาวเฉลี่ย 19.08 มม. และความหนาเฉลี่ย 2.86 มม. เพื่อนำไปใช้ในการผลิตเส้นใยต่อไป

สภาวะที่ใช้ในการผลิตเส้นใย

อุณหภูมิในเครื่องบดเยื่อ	180	°C
แรงดันไอน้ำ	10	บาร์
ระยยะเวลานึ่ง	7	นาที
ระยยะเวลาบด	1	นาที

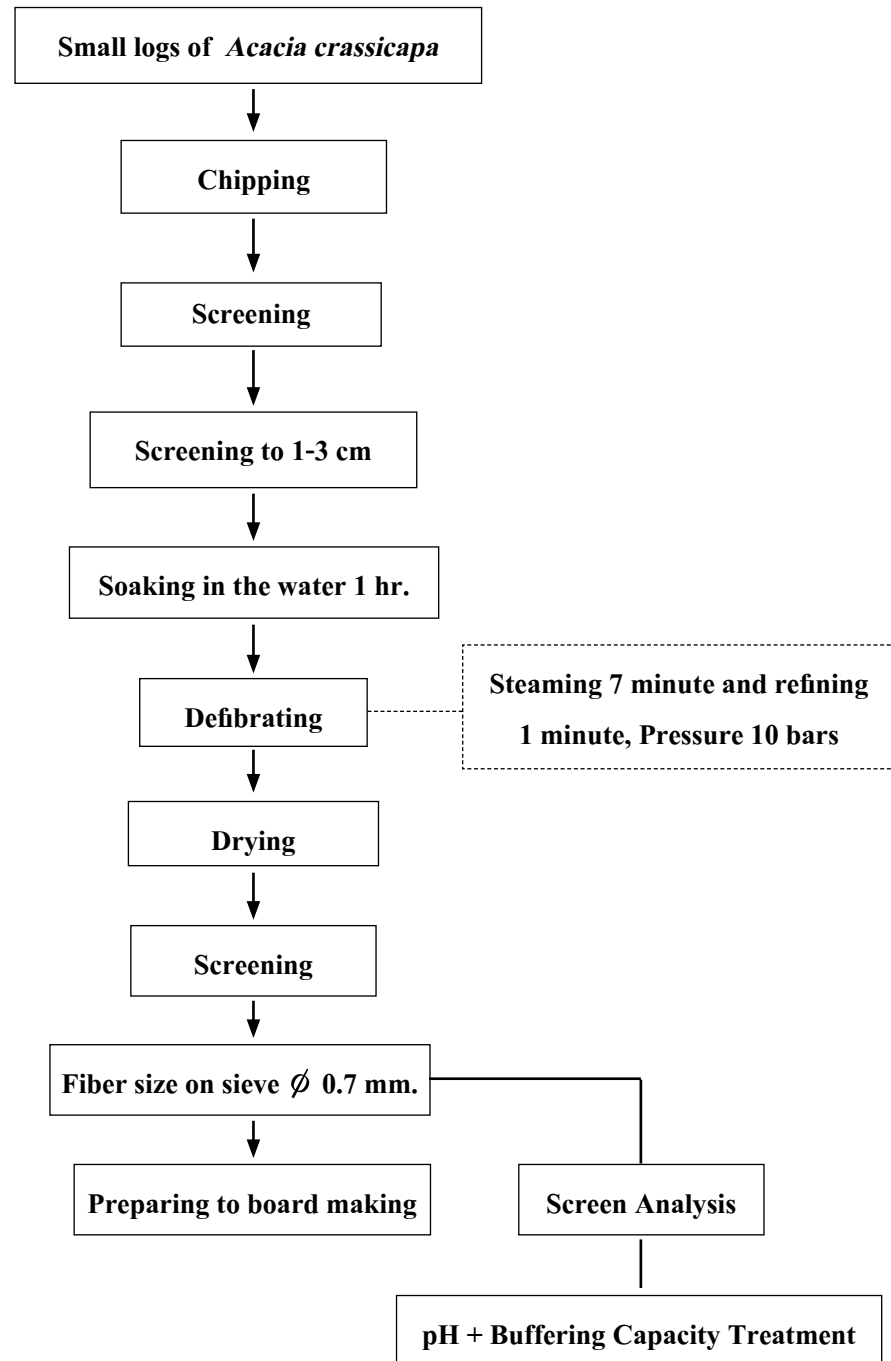


Figure 1 Fibers preparation from *Acarcia crassicaarpa* before board making.

1.1.1 การวิเคราะห์ขนาดเส้นใยไม้ (Screen Analysis) นำตัวอย่างเส้นใยไม้ร่อนคัดขนาดด้วยเครื่องแยกแต่ละตะแกรงที่มีขนาดรูตะแกรงแตกต่างกัน แล้วนำเส้นใยไม้ที่ค้างอยู่แต่ละตะแกรงชั่งน้ำหนักและนำมาวัดขนาดความกว้าง ความยาวและความหนา โดยใช้เส้นใยไม้ตัวอย่างจำนวน 100 ชิ้น หาค่าเฉลี่ยและรายงานผล



1.1.2 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนค่าความเป็นกรดของไม้ (pH and Acid Buffering Capacity) โดยนำเส้นใยไม้ขนาด 40 เมช แช่และกวนในน้ำกลั่นนำสารละลายที่ได้ไปหาค่าความเป็นกรดและการฟ่อนค่าความเป็นกรดให้ pH ของสารละลายที่ 3.5 โดยใช้สารละลายซัลฟูริกเจือจาง

1.2 การเตรียมกาวในการศึกษาผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ได้กำหนดระดับปริมาณเปอร์เซ็นต์กาวแห้งต่อน้ำหนักแห้งของเส้นใยไม้อยู่ที่ระดับ 10 และ 13 % กาวที่ใช้ในการอัดแผ่นคือ กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde)

1.3 สารเร่งแข็ง (Hardener) เป็นตัวช่วยเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาแข็งตัวของกาวให้เร็วขึ้นลดระยะเวลาการอัดร้อนให้สั้นลง สารเร่งแข็งที่ใช้ในการผสมครั้งนี้ใช้สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) ในระดับความเข้มข้น 2% ของน้ำหนักของสารเร่งแข็งต่อน้ำหนักของกาวแห้ง

1.4 การตรวจสอบหาคุณลักษณะของสารผสมระหว่างกาวและสารเร่งแข็ง พิจารณาคุณลักษณะของสารผสมระหว่างกาวและสารเร่งแข็งนี้ ทำเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติแผ่นทดลองโดยทำการควบคุมแรงดันลมที่มีผลต่อละอองกาวที่ได้จากการทดลองในสภาวะต่างๆ กัน

2. วิธีการผสมและผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา

การผสมกาวกับเส้นใย โดยผสมเนื้อกาวและสารเร่งแข็งได้ตามสัดส่วนที่กำหนด แล้วนำกาวเทใส่กระบอกลบเปอร์กาว แล้วชั่งเส้นใยให้น้ำหนักตามที่คำนวณไปเทใส่เครื่องผสมกาวกับเส้นใย ชั่งน้ำหนักเส้นใยที่ผสมกาวเรียบร้อยแล้วตามที่กำหนดนำไปโรยแผ่นเตรียมอัด แล้วนำไปอัดร้อนต่อไปจนครบเวลาตามที่กำหนด จึงนำแผ่นที่ได้ปรับความชื้นเป็นระยะเวลานาน 7 วัน แล้วจึงนำแผ่นใยไม้อัดไปทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ (Figure 2)

สภาวะต่างๆ ที่กำหนดในการผลิตแผ่น

ความหนาแน่น	700 750 และ 800	กก./ม. ³
ขนาดของแผ่น	350 x 350 x 10	มม.
ปริมาณกาว*	10 และ 13	%
ปริมาณสารเร่งแข็ง**	2	%
อุณหภูมิในการอัด	120	°C
ระยะเวลาในการอัด	4	นาที
แรงดันของเครื่องอัดร้อน	150	กก./ซม. ²

หมายเหตุ * เทียบเป็นน้ำหนักกาวแห้งต่อน้ำหนักแห้งของเส้นใย

** เทียบเป็นน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักกาวแห้ง

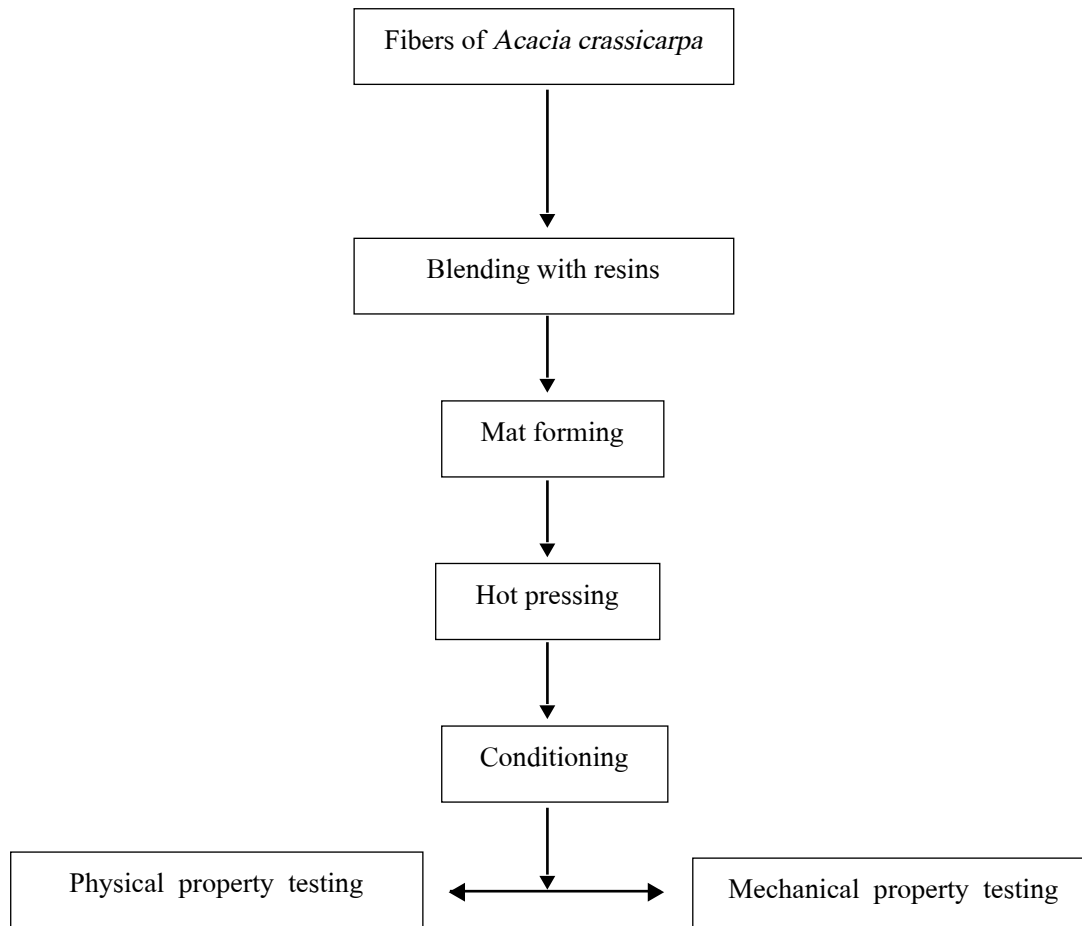


Figure 2 Production of Medium Density Fiberboard from *Acarcia crassicaarpa*.



Figure 3 Fibers size on sieve 0.7 mm.



Figure 4 Medium Density Fiberboard from *Acarcia crassicaarpa*.



3. การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาที่ผลิตได้จาก สภาวะทดลองทางกายสมบัติและกลสมบัติ

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัวหลังแช่น้ำ การทดสอบคุณสมบัติทางกล ได้แก่ ความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่นและความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 966 – 2547 (แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง)

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ผลิตจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี มาผลิตเป็นเส้นใยเพื่อใช้เป็นวัสดุที่ใช้ในการอัดแผ่น มีผลดังนี้

1. การวิเคราะห์ขนาดเส้นใยจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา

โดยการนำเอาเส้นใยไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา ที่ผ่านรูตะแกรงร่อนขนาด 0.7 มม. นำไปชั่งน้ำหนักแล้วเข้าเครื่องร่อน แล้วนำไปวิเคราะห์ขนาดเส้นใยไม้ ดังนี้

Table 1. Screen Analysis of *Acacia crassicarpa*.

Mesh No.	Average mesh aper- ture (mm.)	Average Fibers dimension ^{1/}			Slenderness ratio	Amount of fibers ^{2/} (%)
		Width (mm.)	Length (mm.)	Thickness (mm.)		
+ 40	0.425	0.58	3.14	0.11	28.47	8.77
- 40+60	0.337	0.45	2.91	0.09	33.31	30.09
- 60+80	0.215	0.27	2.26	0.06	37.47	28.32
-80 +100	0.165	0.19	2.01	0.06	36.68	10.18
-100+120	0.135	0.15	1.62	0.05	35.98	1.95
- 120	0.120	0.11	1.51	0.04	40.61	19.81

^{1/} Each average value was measured from 100 fibers.

^{2/} Percentage value based on the weight of total fibers.

จากตารางพบว่า เส้นใยที่ผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา มีขนาดของเส้นใยที่ค้างอยู่บนตะแกรง 60 เมช มีปริมาณมากที่สุดถึง 30.09 % ซึ่งมีความกว้างเฉลี่ย 0.45 มม. ความยาวเฉลี่ย 2.91 มม. และความหนาเฉลี่ย 0.09 มม. และมีสัดส่วนความเพียว 33.31 เท่า



2. ความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนความเป็นกรดของเส้นใยไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา

Table 2. The analysis of pH and Acid buffering capacity of *Acacia crassicarpa*.

Sample	pH Average	Acid Buffering Capacity, Milliequivalent (x 10 ⁻³)
<i>Acacia crassicarpa</i>	5.67	25.27
Hemp core*	6.57	35.97
Eucalyptus **	4.28	13.50

(* Oonjittichai , 2005)

(** Oonjittichai, 2006)

จากตารางจะเห็นได้ว่าเส้นใยอะเคเชียคราสซิคาร์ปามีค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนความเป็นกรดของเส้นใยเฉลี่ยเท่ากับ 5.67 และ 25.27 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเส้นใยกล้วยง โดยเส้นใยกล้วยงมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.57 และ 35.97 ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยไม้ยูคาลิปตัสพบว่า เส้นใยอะเคเชียคราสซิคาร์ปามีค่าเฉลี่ยสูงกว่าไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.28 และ 13.50

3. สมบัติต่างๆ ของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (Table 3)

Table 3 The properties of Urea Formaldehyde Resin.

Type	Urea Formaldehyde
pH	9.02
Viscosity (centipoises)	130
Non - volatile content (%)	47.99
Gel time (sec.) at 100 °C (mix with ammonium chloride 2% base on dry resin)	39
Specific Gravity (at 31 °C)	1.182

Gel time was occurred more than 3 hours without adding hardener.



4. ผลการทดสอบแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา (Table 4 และ Figure 5)

Table 4 The result properties of Medium Density Fiberboard from *Acacia crassicarpa* aged 4 years compared with TIS. 966 –2547 : Medium Density Fiberboard .

Quantity of Resin (%)	Density (kg/m ³)	Property				
		TS 24 hrs. (%)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	IB (MPa)	Moisture Content (%)
10	700	30.30	8.94	1016	0.25	6.76
	750	26.26	12.36	1383	0.31	6.86
	800	22.22	15.79	1749	0.37	6.96
13	700	18.77	12.96	1198	0.30	7.41
	750	17.77	16.58	1522	0.33	7.10
	800	16.77	20.20	1846	0.37	6.80
TIS. 966 - 2547		≤ 15	≥ 22	≥ 2500	≥ 0.6	4-13

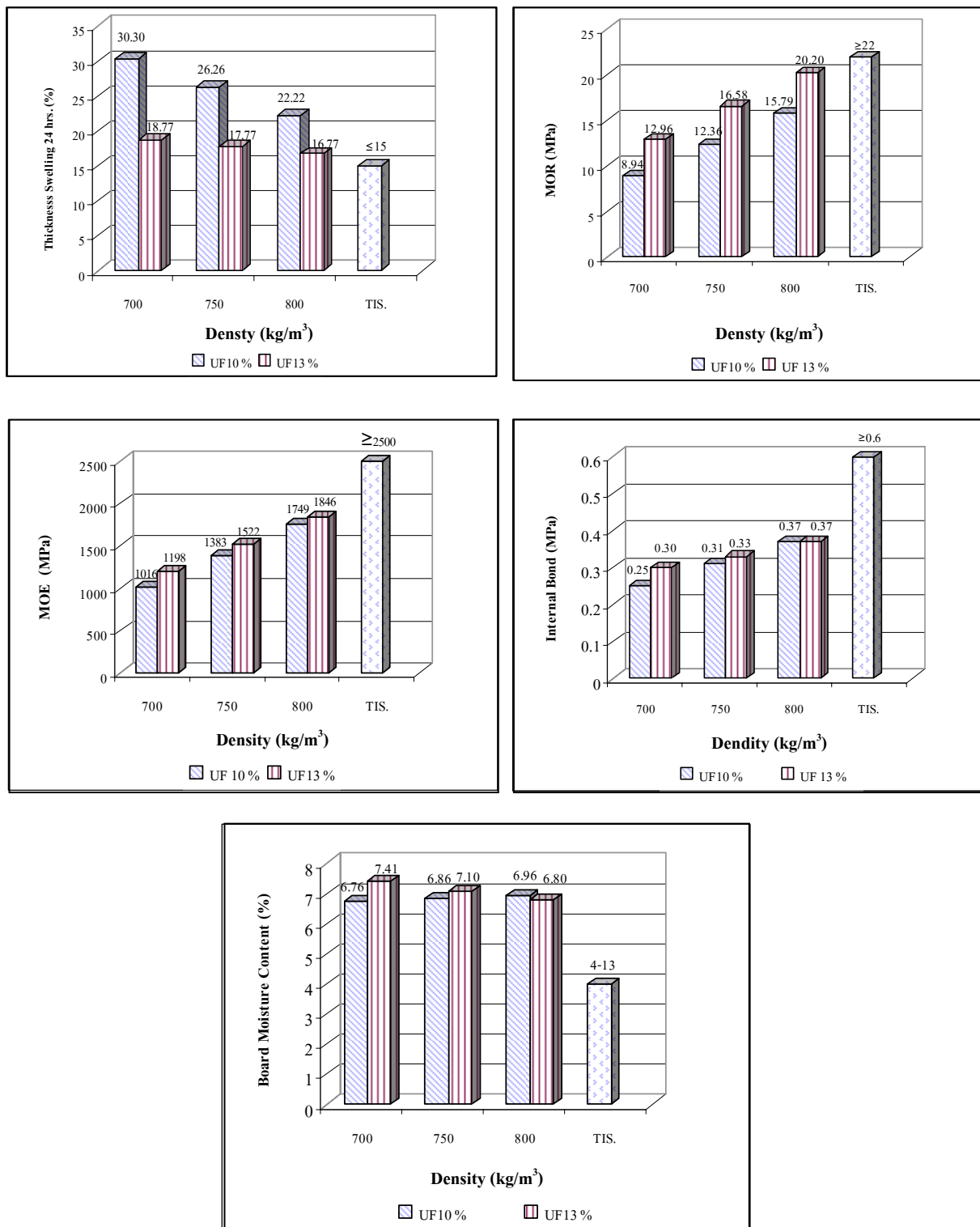


Figure 5 The properties of Medium Density Fiberboard from *Acacia crassiparva* aged 4 years using urea formaldehyde (UF)10 and 13% and Hardener 2% as binder, at board density 700, 750 and 800 kg/m³ compared with TIS. 966 – 2547 : Medium Density Fiberboard.



4.1 การพองตัวหลังแช่น้ำ (Thickness Swelling)

การศึกษาปริมาณการและความหนาแน่นที่ใช้ในการผลิตแผ่นคือ การใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10 และ 13% เป็นตัวประสาน ที่ความหนาแน่น 700 750 และ 800 กก./ม.³ พบว่า แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% มีค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง 30.30 26.26 และ 22.22% ส่วนแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% มีค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง 18.77 17.77 และ 16.77% ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการและความหนาแน่นที่ใช้ในการผลิตแผ่นมีผลต่อคุณสมบัติการพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง และเป็นปฏิภาคตามกัน คือ เมื่อปริมาณการและความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมงดีขึ้น ทั้งนี้แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% ที่ความหนาแน่น 800 กก./ม.³ มีค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมงดีที่สุด แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 966 – 2547 (แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง) พบว่า มีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

4.2 ความต้านทานแรงดัด (Modulus of Rupture)

ความต้านทานแรงดัดเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่ใช้ในการพิจารณาเรื่องการรับแรงในการนำแผ่นไปใช้ประโยชน์ จากการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้อะเคเชียคราสชิการ์ป่าในระดับปริมาณการและความหนาแน่นที่แตกต่างกันพบว่า ปริมาณการและความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้คุณสมบัติความต้านทานแรงดัดสูงขึ้นคือ แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% เป็นตัวประสาน มีค่าอยู่ในช่วง 8.94-15.79 MPa ส่วนแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% เป็นตัวประสาน มีค่าอยู่ในช่วง 12.96-20.20 MPa และแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่มีคุณสมบัติความต้านทานแรงดัดดีที่สุดคือ แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% ที่ความหนาแน่น 800 กก./ม.³ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 966 – 2547 (แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง) พบว่า มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดเล็กน้อย

4.3 โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ความหนาแน่น 700 750 และ 800 กก./ม.³ ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% เป็นตัวประสาน มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 1,016 1,383 และ 1,749 MPa ตามลำดับ แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% เป็นตัวประสาน มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 1,198 1,522 และ 1,846 MPa ตามลำดับ พบว่า การใช้ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% เป็นตัวประสาน ให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นสูงกว่าการใช้ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% เป็นตัวประสาน และพบว่า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ความหนาแน่น 800 กก./ม.³ มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด ทั้งนี้จึงสามารถสรุปได้ว่า การใช้ปริมาณการและความหนาแน่นที่สูงขึ้น จะทำให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นสูงขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 966 – 2547 (แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง) พบว่า มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

4.4 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal Bond)

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ความหนาแน่น 700 750 และ 800 กก./ม.³ ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% เป็นตัวประสาน มีค่า 0.25 0.31 และ 0.37 MPa ตามลำดับ แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% เป็นตัวประสาน มีค่า 0.30 0.33 และ 0.37 MPa ตามลำดับ และพบว่า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น



ปานกลางที่ความหนาแน่น 800 กก./ม.³ มีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าดีที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 966 – 2547 (แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง) พบว่า มีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

4.5 ความชื้น (Board Moisture Content)

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10 และ 13% เป็นตัวประสานที่ความหนาแน่นทั้ง 3 ระดับ จะมีค่าปริมาณความชื้นใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 6.76-6.96 และร้อยละ 6.8-7.41 ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966 – 2547 (แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง) คือ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 4-13

สรุปผล

การศึกษาขนาดของเส้นใยไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปาอายุ 4 ปี พบว่า มีความกว้างเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.11-0.58 มม. ยาว 1.51-3.14 มม. หนา 0.04-0.11 มม. และมีสัดส่วนความเพริยวอยู่ในช่วง 28-40 ทั้งนี้เส้นใยที่ค้างอยู่บนตะแกรง 60 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด คือ 30.09%

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนค่าความเป็นกรดของเส้นใยไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปามีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เท่ากับ 5.67 และค่าการฟ่อนความเป็นกรดเท่ากับ 25.27

การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา โดยใช้ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ 10 และ 13 % ปริมาณฮาร์ดเดนเนอร์ 2 % (เทียบกับปริมาณกาวแห้ง) ที่ความหนาแน่น 700 750 และ 800 กก./ม.³ พบว่า เมื่อปริมาณกาวและความหนาแน่นเพิ่มสูงขึ้นจะมีผลทำให้ค่าความต้านแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่นและค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนการพองตัวหลังแช่น้ำมีค่าลดลง

เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966 – 2547 (แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง) ทุกปริมาณกาวที่ใช้และทุกระดับความหนาแน่น ปรากฏว่า มีเพียงค่าความชื้นที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ส่วนค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ ค่าความต้านแรงดัด ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นและค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน กำหนด

ทั้งนี้จากการศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง พบว่า แผ่นที่ผลิตได้มีคุณสมบัติดีขึ้นเมื่อความหนาแน่นและปริมาณกาวที่ใช้สูงขึ้น และแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% เป็นตัวประสาน ความหนาแน่น 800 กก./ม.³ เป็นแผ่นที่มีคุณสมบัติของแผ่นดีที่สุด



ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นใยไม้คุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดได้ การปรับปรุงคุณภาพของแผ่นใยไม้โดยเพิ่มความหนาแน่น การใช้เส้นใยที่มีลักษณะยาวขึ้น โดยมีสัดส่วนความเพียวยอยู่ในช่วง 90-100 ประกอบกับการใช้สารกันซึมบางชนิดเพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านกันน้ำและกันชื้น แผ่นที่ผลิตได้จะมีคุณภาพดีขึ้น มีคุณสมบัติสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ นอกจากนี้การกำหนดปริมาณกาวที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากค่าความเป็นกรดและการพ่นความเป็นกรดของเส้นใย หากเส้นใยมีค่า pH ต่ำแต่มีความสามารถในการพ่นความเป็นกรดได้ในปริมาณมาก ต้องใช้สารเร่งแห้งที่มีฤทธิ์เป็นกรดในปริมาณมากเพื่อลดค่าความเป็นกรดเป็นด่างให้ได้จนถึงระดับที่กำหนดไว้ การทราบถึงความสามารถในการพ่นความเป็นกรดก่อนการผสมสารเร่งแห้งทำให้สามารถพิจารณาปรับปรุงส่วนผสมกาวให้เหมาะสม ลดระยะเวลาอัดร้อนแล้วยังช่วยลดปัญหาการเกิดการแข็งตัวก่อนและการแข็งตัวหลัง (วรรณม, 2543) ช่วยเพิ่มคุณภาพของแผ่นใยไม้เช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของแผนงานหรือชุดโครงการวิจัยคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ไม้สกุลกระถิน Acacia และขอขอบคุณ คุณธิตี วิสารรัตน์ คุณวิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง คุณรัตนะ ไทยงาม และคุณเบญจวรรณ คลุพัฒนา ที่ได้กรุณาสับสนุนวัสดุดิบไม้จากสถานีวิจัยสระแกราช จังหวัดนครราชสีมา

ขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโสสังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ และของสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- วรรณม อุณจิตติชัย. 2543. แผ่นปาร์ติเกิลจากเศษไม้คละชนิดเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม. ใน รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ 2541 – 2542. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. หน้า 95.
- วรรณม อุณจิตติชัย. 2548. การศึกษาการผลิตแผ่นวัสดุทดแทนไม้จากแกนต้นกล้วย : แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดกับเอ็มดีเอฟ. ใน รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ 2548. สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.



วรรณม อุ่นจิตติชัย. 2549. ผลกระทบของไม้วัชฏาต่อการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจาก
ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2549. สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้,
กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง. เอกสาร
มอก. 966-2547. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.



การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูงจากไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา¹

CEMENT BONDED PARTICLEBOARDS (HIGH DENSITY) FROM ACACIA CRASSICARPA

วรธรรม อุ่นจิตติชัย

(Woratham Oonjittichai)¹

วชิราภรณ์ อิ่มแก้ว

(Wachiraporn Eimkaew)¹

บทคัดย่อ

การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์จากไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา ที่ความหนาแน่นและอัตราส่วนของขึ้นไม้ต่อซีเมนต์แตกต่างกัน โดยก่อนการผลิตแผ่นได้ทำการวิเคราะห์ขนาดขึ้นไม้พบว่า ขึ้นไม้ที่ค้างอยู่บนตะแกรง 40 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด 61.17 % และมีสัดส่วนความเพียวเท่ากับ 21.40 เมื่อวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนความเป็นกรดมีค่า 5.32 และ 19.20 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับไม้เศรษฐกิจชนิดอื่น เช่น ไม้สัก ไม้ยางพาราและไม้กระถินเทพา พบว่า ไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างใกล้เคียงกับไม้สักและไม้ยางพารา แต่น้อยกว่าไม้กระถินเทพา ส่วนการฟ่อนความเป็นกรดของไม้มีค่าต่ำกว่าไม้เศรษฐกิจทั้ง 3 ชนิด

การทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์จากไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา ที่ความหนาแน่น 1,100 และ 1,300 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนของขึ้นไม้ต่อซีเมนต์ 50: 50 และ 30 : 70 โดยมีการปรับสภาพขึ้นไม้ด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ 10% เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์จากไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา ที่ความหนาแน่น 1,300 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนขึ้นไม้ต่อซีเมนต์ 30: 70 จะมีค่าคุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 878-2537 พบว่า ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (สถานะแห้ง) แรงยึดเหนี่ยวตะปู ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ความหนาแน่นและความชื้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์มากที่สุด แต่ทั้งนี้ควรปรับปรุงแก้ไขค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ และความต้านแรงดัด (สถานะแห้งและเปียก)

คำหลัก : แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ อะเคเซียคราสซิคาร์ปา ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง การฟ่อนความเป็นกรด โซเดียมซัลไฟด์ คุณสมบัติทางกายสมบัติ คุณสมบัติทางกลสมบัติ

¹ งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้



ABSTRACT

Cement bonded particleboards from *Acacia crassicaarpa* at different density and ratio of the wood and cement. They should have particle on screen 40 mesh, which have high quantity 61.17% by weight, and average slender ratio 21.40. They had pH average and acid buffering capacity at 5.32 and 19.20. When compare with the other kinds of wood, such as teak rubber wood and *Acacia mangium*. *Acacia crassicaarpa* had pH nearly teak and rubber wood but acid buffering capacity had lower than the others.

The properties of cement bonded particleboards from *Acacia crassicaarpa* at board density 1,100 and 1,300 kg/m³ and ratio of wood and cement are 50 :50 and 30 :70, treatment soaking 3 hours in 10 % sodium silicate (Na₂SiO₃) solution for wood particles. It found that at density 1,300 kg/m³ and ratio of wood and cement are 30 :70 is the best property, compare with Thai industrial standard (TISI 878-2537) . It showed that modulus of elasticity, screw holding power, internal bond, board density and moisture content pass the standard. But it should adjust thickness swelling and modulus of rupture (dry and wet).

Keywords : Wood Particle Cement Board, *Acacia crassicaarpa*, pH, Acid buffering capacity, sodium silicate (Na₂SiO₃), Physical property, Mechanical property

คำนำ

แผ่นไม้อัดซีเมนต์ (Wood Cement Board) เป็นการประยุกต์ไม้มาใช้ประโยชน์ โดยการนำสมบัติที่ดีของไม้กับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ (Portland Cement) มารวมกันผลิตเป็นแผ่นไม้ซีเมนต์ขึ้นมาใหม่ เป็นการนำสมบัติเด่นของส่วนผสมสองชนิดมารวมไว้ด้วยกัน จึงแข็งแรงทนทาน ทนแดด ทนฝน ทนไฟ ทนต่อความร้อน ไม่ผุกร่อน ไม่ยี้ดหรือหดตัวมาก ทนต่อปลวก มอด เชื้อรา และแมลงกินไม้ต่างๆ เหมือนซีเมนต์ แต่มีน้ำหนักเบา ยึดหยุ่น ใช้งานง่าย ป้องกันความร้อน มีความสวยงาม จึงเป็นวัสดุก่อสร้างที่ทันสมัย ใช้งานสะดวกต่อการขนส่ง และมีสมบัติเด่นเหนือวัสดุอื่นๆ โดยสามารถใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอกสิ่งปลูกสร้างและการใช้งานเฉพาะด้านต่างๆ เช่น รั้ว หลังคาผนัง เพดาน เป็นต้น

ไม้ (Wood) ถูกนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยมีการนำไม้ไปใช้เป็นโครงสร้างหลักของอาคารและสิ่งปลูกสร้าง มีการใช้ไม้ผลิตเป็นสิ่งของเครื่องใช้และเฟอร์นิเจอร์ จากความต้องการปริมาณไม้ดังกล่าวเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตที่สำคัญ เป็นผลให้ปริมาณไม้ที่ผลิตจากการปลูกป่าเชิงพาณิชย์ไม่เพียงพอับความต้องการใช้งาน แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดโดยทั่วไปใช้ไม้ยูคาลิปตัสคามาเลนซิสเป็นวัตถุดิบหลักไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษ การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด การผลิตแผ่นเอ็มดีเอฟ เป็นต้น จึงทำให้มีความต้องการใช้ไม้ในปริมาณที่สูง ส่งผลให้ไม้ยูคาลิปตัสคามาเลนซิส มีราคาสูงขึ้น



ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทดลองนำไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา ซึ่งเป็นไม้โตเร็ว สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมต่างๆ มาผลิตเป็นแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลสมบัติและทางกายสมบัติของแผ่น ให้ได้คุณภาพตามมาตรฐาน ซึ่งอาจเป็นอีกหนึ่งทางเลือกแก่ผู้ประกอบการและใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยต่อไป

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ใช้ไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา อายุ 4 ปี ความสูงเฉลี่ย 11-12 ม. เส้นผ่าศูนย์กลางต้นเฉลี่ย 1.30 ม. (DBH) 13.80 ซม. ความหนาแน่น ๗ สภาวะแห้งบรรยากาศ 571.18 กก./ลบ.ม. จากสถานีวนวัฒนวิจัยสระเกษ จังหวัดนครราชสีมา เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ ที่ความหนาแน่น และอัตราส่วนขึ้นไม้ต่อซีเมนต์ต่างกัน มาทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติ โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 878-2537 : แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบ ได้ปฏิบัติดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

อุปกรณ์ในการทดลอง

1. เครื่องบดขึ้นไม้ (Hammer Mill)
2. เครื่องสับขึ้นไม้ (Chipper)
3. เครื่องอัดเย้นแบบไฮดรอลิก
4. แผ่นสแตนเลสรองอัด (Caul-Plate)
5. แผ่นอะกลีกลิส
6. แท่งเหล็กหนา 10 มม.
7. แผ่นจับยึด (Plate clamp)
8. ตะแกรงแยกขนาด
9. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Electric Balance)
10. เตาอบ (Electric Oven)
11. เครื่องทดสอบไม้ (Testometric)
12. เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper)
13. ถุงมือ ปีกเกอร์ กระบอกตวง กะละมัง กระบอกฉีดยา

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. การเตรียมวัสดุ

การวิจัยครั้งนี้ใช้ขึ้นไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา เบอร์ 2 และ 3 (ขนาดรูตะแกรง 0.6 และ 0.5 มม. ตามลำดับ) ซึ่งต้องนำมาผ่านขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้ได้ขึ้นไม้ที่พร้อมจะนำไปใช้ในกระบวนการอัดแผ่น โดยสรุปเป็นขั้นตอนต่างๆ ในการเตรียมขึ้นไม้ได้ดังนี้ (Figure 1-2)

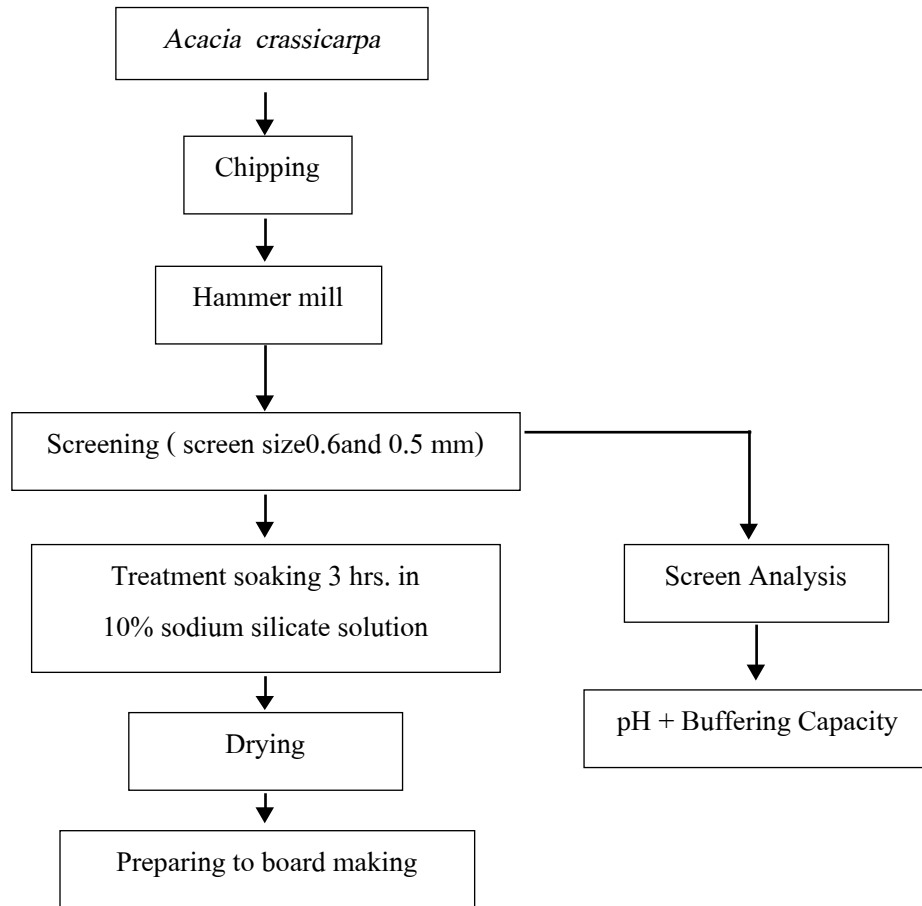


Figure 1. Material preparation from *Acacia crassicaarpa* before board making.



Plots of *Acacia crassicaarpa*.



Logs of *Acacia crassicaarpa*.



Wood chips after chipping.



Wood particles number 2 and 3.

Figure 2. Material preparation from *Acacia crassicaarpa* before board making.



2. วิธีการผสมและการผลิตแผ่นซีเมนต์จากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา

เมื่อเตรียมซีเมนต์ซีเมนต์ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมซิลิเกต 10 % ปูนซีเมนต์และน้ำที่ผสมแคลเซียมคลอไรด์ 1% ตามที่คำนวณไว้แล้ว ผสมซีเมนต์และซีเมนต์คลุกเคล้าซีเมนต์ให้เข้ากันแล้ว พรมน้ำที่ผสมแคลเซียมคลอไรด์ 1% ลงไปผสมคลุกเคล้าให้สม่ำเสมออีกครั้ง เสร็จแล้วทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที นำส่วนผสมที่ได้ไปโรยแผ่น โดยโรยส่วนผสมลงบนแผ่นอะคิลิไซด์ที่มีแผ่นสแตนเลสรองพื้นด้านล่าง โรยให้ส่วนผสมสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น จากนั้นนำแผ่นอะคิลิไซด์และแผ่นสแตนเลสวางทับอีกชั้น นำแผ่นที่ได้เข้าเครื่องอัดเย็น โดยวางแท่งเหล็กหนา 10 มม. ขนาบด้านข้างแผ่นและจับยึดแผ่นไว้ด้วยน็อตสกรู ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำแผ่นที่ได้ไปบ่มในห้องที่มีความชื้นอิ่มตัวนาน 7 วัน แล้วนำมาปรับสภาวะบรรยากาศอีกอย่างน้อย 21 วัน จึงนำแผ่นทดลองมาตัดทดสอบ

ในการผลิตแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา มีการกำหนดสภาวะและขั้นตอนในการผลิต ดังนี้ (Figure 3)

ซีเมนต์ไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา	เบอร์ 2 และ 3 (ขนาดรูตะแกรงร่อน 0.6 และ 0.5 ตามลำดับ)
อัตราส่วนไม้ : ซีเมนต์*	30 : 70 และ 50 : 50
ความหนาแน่น	1,100 และ 1,300 กก./ลบ.ม.
การปรับสภาพไม้	โซเดียมซิลิเกต 10 % เวลา 180 นาที
ปริมาณแคลเซียมคลอไรด์**	1%
ความหนาของแผ่น	10 มม.
ขนาดของแผ่น	450 x 450 มม.
แรงดันในการอัด	100 กก./ซม ²
ระยะเวลาในการอัด	24 ชั่วโมง
หมายเหตุ *	เทียบเป็นน้ำหนักซีเมนต์แห้งต่อน้ำหนักแห้งของซีเมนต์
**	เทียบเป็นน้ำหนักซีเมนต์แห้ง

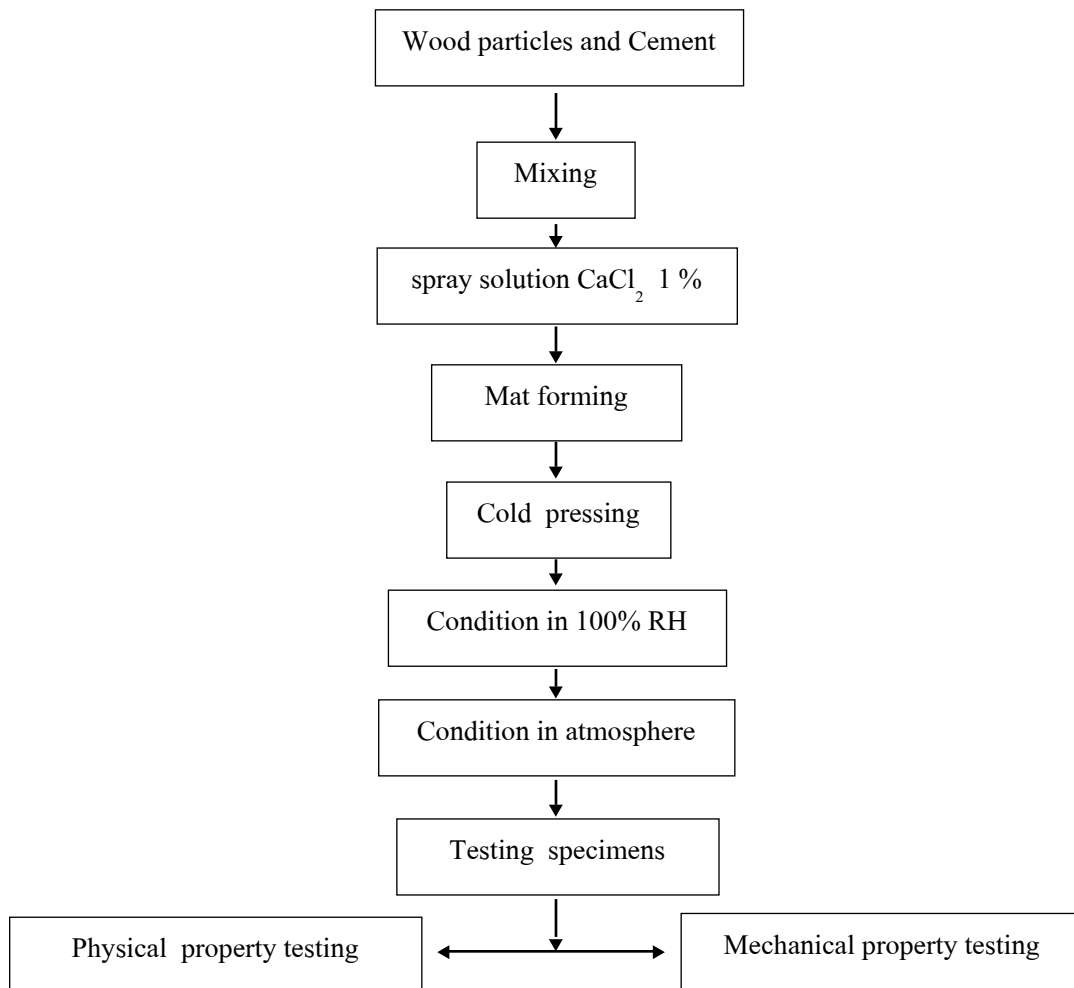


Figure 3. Production of cement bonded particleboards from *Acacia crassicaarpa*.



Wood particles



Cement



Mixing



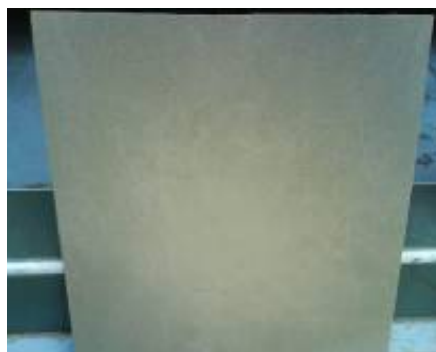
spray 1 % CaCl_2 solution



Mat forming.



Cold pressing.



Cement bonded particleboards.

Figure 4. Production of cement bonded particleboards from *Acacia crassicarpa*.



3. การทดสอบคุณสมบัติแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์จากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาทางกายสมบัติและกลสมบัติ

3.1 การเตรียมขึ้นทดสอบในการทดสอบทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ

นำแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ที่ผลิตได้ทั้งหมดโดยแต่ละแผ่นมีขนาด 450 x 450 มม. ไปตัดขอบออกทั้ง 4 ด้านแล้วนำไปตัดเป็นขึ้นทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 878 – 2537 : แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

3.2 การทดสอบสมบัติต่างๆ ของแผ่นตามมาตรฐาน มอก. 878 – 2537 : แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัวหลังแช่น้ำ และการทดสอบคุณสมบัติทางกล ได้แก่ ความต้านทานแรงดัด (สภาวะแห้งและเปียก) โมดูลัสยืดหยุ่น (สภาวะแห้งและเปียก) ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และแรงยึดเหนี่ยวตะปูทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 878 – 2537 : แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. การวิเคราะห์ขนาดขึ้นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา (Table 1)

Table 1. Screen Analysis of particles from *Acacia crassicarpa*.

Mesh No.	Average mesh aperture (mm.)	Average Particle dimension ^{1/}			Slenderness ratio	Amount of particle ^{2/} (%)
		Length (mm.)	Width (mm.)	Thickness (mm.)		
+ 5	4.000	-	-	-	-	0
- 5+12	2.840	2.30	6.98	0.48	14.54	0.19
- 12+20	1.275	0.68	6.71	0.33	20.38	17.15
-20 +40	0.638	0.47	4.05	0.19	21.40	61.17
- 40+60	0.337	0.30	2.86	0.14	20.60	17.24
+60	0.250	0.22	2.81	0.08	35.07	3.51

^{1/} Each average value was measured from 100 particles.

^{2/} Percentage value based on the weight of total particles.

จากการวิเคราะห์ขนาดขึ้นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา ที่ค้างอยู่บนตะแกรง 40 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด มีค่า 61.17 % ซึ่งมีขนาดของขึ้นไม้กว้างเฉลี่ย 0.47 มม. ยาวเฉลี่ย 4.05 มม. หนาเฉลี่ย 0.19 มม. และมีส่วนความเพียวเท่ากับ 21.40



2. ผลค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และการฟ่อนความเป็นกรด (Acid Buffering Capacity) (Table 2 และ Figure 5)

Table 2. The analysis of pH and acid buffering capacity of *Acacia crassicarpa*.

Type of Material	pH Average	Acid Buffering Capacity, Milliequivalent (x 10 ⁻²)
<i>Acacia crassicarpa</i>	5.32	19.20
<i>Acacia mangium</i>	6.23	43.83
Teak	5.15	20.60
Rubberwood*	5.78	40.80

(* Oonjittichai , 2000)

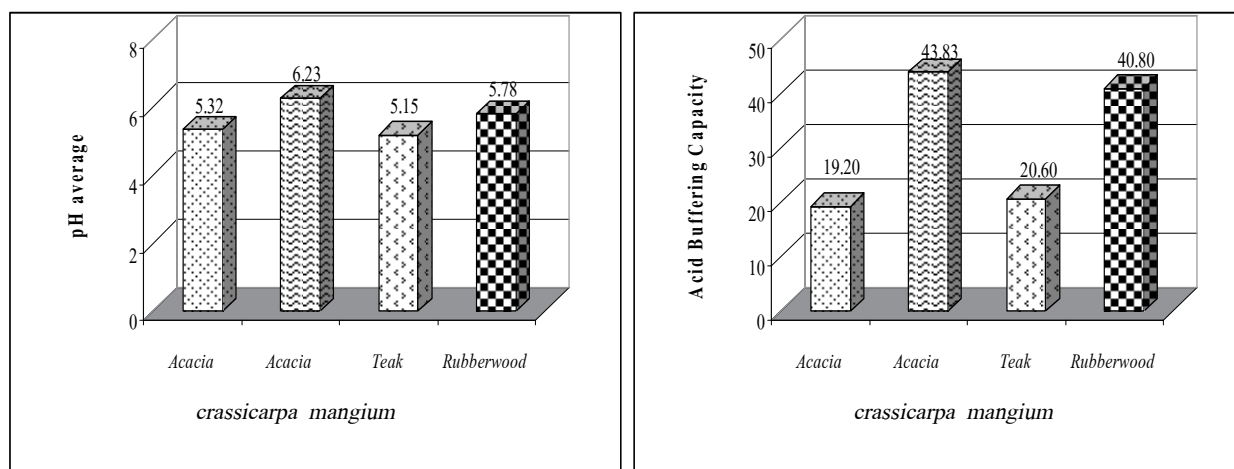


Figure 5. The analysis of pH and acid buffering capacity of *Acacia crassicarpa*.

จาก Table 3 พบว่า จีนไม้อะเคเซียคราสซิคาร์ปา มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่าง 5.32 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับไม้สักและไม้ยางพารา ส่วนการฟ่อนความเป็นกรดมีค่าเฉลี่ย 19.20 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าไม้เศรษฐกิจทั้ง 3 ชนิดที่นำมาเปรียบเทียบ



3. ผลค่าคุณสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์จากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา (Table 3 และ Figure 6)

Table 3. The properties of cement bonded particleboards made of *Acacia crassicarpa*, at board density 1,100 and 1,300 kg./m³, and ratio wood chips : cement 30:70 50:50 compared with TISI 878-2537.

condition	TS 24 hrs. (%)	Dry		Wet		Screw Hold- ing Power (N)	IB (MPa)	Density (kg/m ³)	Moisture Content (%)
		MOR (MPa)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)				
1. board density 1,300 kg./m ³ . ratio wood : cement 30:70	2.05	8.20	3038	5.30	1753	546.72	0.70	1297.31	10.03
2. board density 1,100 kg./m ³ . ratio wood : cement 30:70	2.38	4.28	1391	3.16	1261	381.23	0.28	1181.17	2.93
3. board density 1,100 kg./m ³ . ratio wood : cement 50:50	13.33	3.42	801	1.74	427	319.48	0.15	1014.96	3.34
TISI 878 - 2537	≤ 2	≥ 9	≥3000	≥ 5.5	-	≥ 400	≥ 0.5	1100-1300	9-15

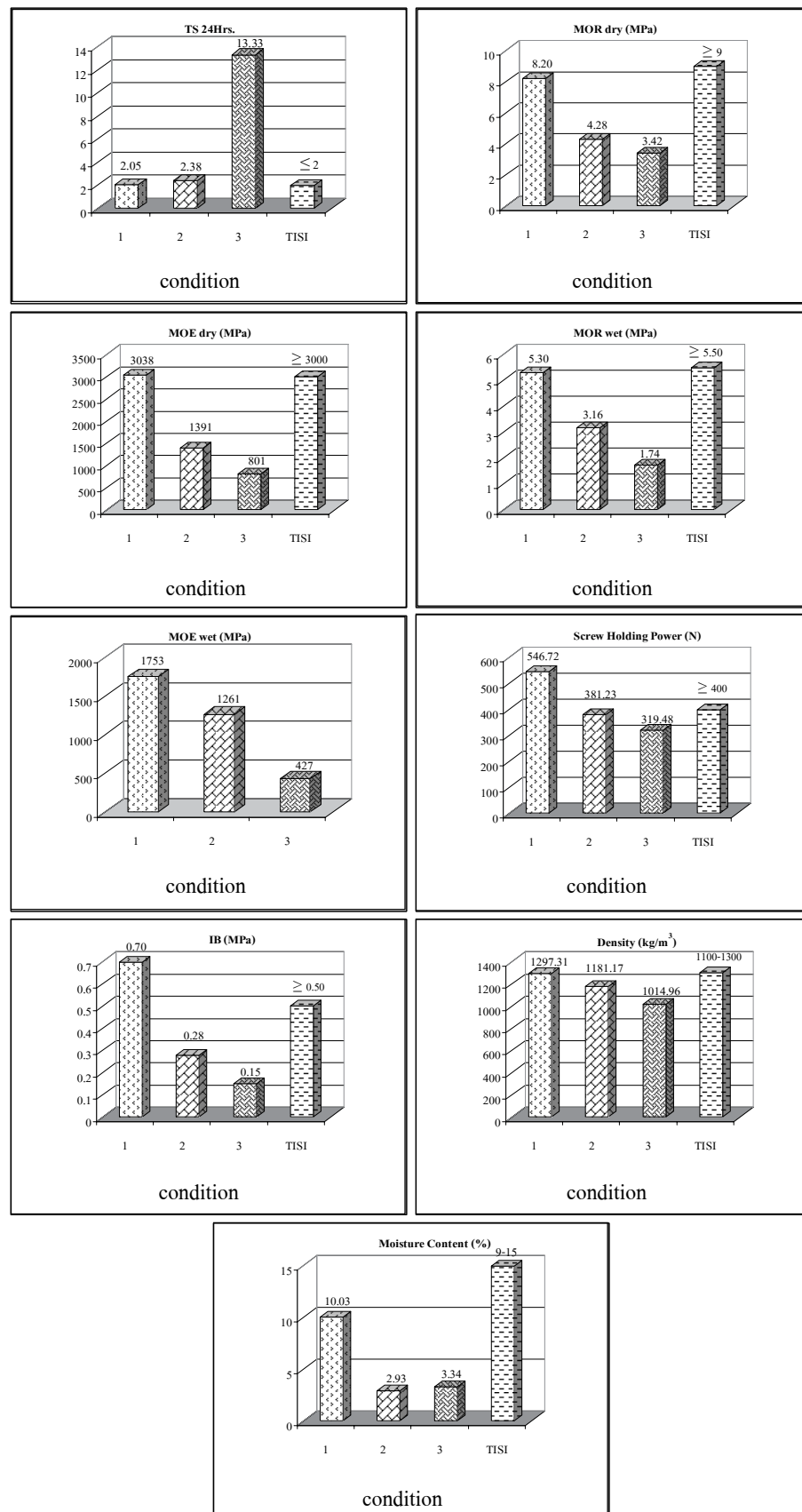


Figure 6 . The properties of cement bonded particleboards made of *Acacia crassicaarpa*. at board density 1,100 and 1,300 kg/m³. and ratio wood chips : cement 30:70 50:50 compared with TISI 878-2537.



3.1 ค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง (Thickness Swelling 24 hrs.)

จากการทดลองพบว่า เมื่อความหนาแน่น และปริมาณซีเมนต์เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมงลดลง ซึ่งแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ในสถานะที่ 1 (ความหนาแน่น 1,300 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนซีเมนต์ : ซีเมนต์ 30 : 70) มีค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง 2.05% ในสถานะที่ 2 (ความหนาแน่น 1,100 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนซีเมนต์ : ซีเมนต์ 30 : 70) มีค่า 2.38% ส่วนในสถานะที่ 3 (ความหนาแน่น 1,100 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนซีเมนต์ : ซีเมนต์ 50 : 50) มีค่า 13.30%

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 878 – 2537 : แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง พบว่า แผ่นที่ผลิตได้มีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

3.2 ความต้านทานแรงดัดสถานะแห้ง (Modulus of Rupture)

ผลการศึกษาคุณภาพของแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ในเรื่องการรับแรง โดยพิจารณาคุณสมบัติความต้านทานแรงดัดพบว่า แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ในสถานะที่ 1 (ความหนาแน่น 1,300 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนซีเมนต์ : ซีเมนต์ 30 : 70) สถานะที่ 2 (ความหนาแน่น 1,100 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนซีเมนต์ : ซีเมนต์ 30 : 70) และสถานะที่ 3 (ความหนาแน่น 1,100 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนซีเมนต์ : ซีเมนต์ 50 : 50) มีค่า 8.20 4.28 และ 3.42 MPa

และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 878 – 2537 : แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง พบว่า แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์มีค่าความต้านทานแรงดัด (ในสถานะแห้ง) ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

3.3 มอดูลัสยืดหยุ่น สถานะแห้ง (Modulus of Elasticity)

จากการศึกษาแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์พบว่า ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (สถานะแห้ง) มีค่าสูงขึ้น เมื่อความหนาแน่น และอัตราส่วนการใช้ปริมาณซีเมนต์สูงขึ้น ซึ่งสถานะที่ 1 (ความหนาแน่น 1,300 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนซีเมนต์ : ซีเมนต์ 30 : 70) สถานะที่ 2 (ความหนาแน่น 1,100 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนซีเมนต์ : ซีเมนต์ 30 : 70) และสถานะที่ 3 (ความหนาแน่น 1,100 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนซีเมนต์ : ซีเมนต์ 50 : 50) มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (สถานะแห้ง) 3038, 1391 และ 801

และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 878 – 2537 : แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูงพบว่า มีเพียงแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์จากสถานะที่ 1 ที่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (ในสถานะแห้ง) ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

3.4 ความต้านทานแรงดัด สถานะเปียก (Modulus of Rupture)

จากการศึกษาพบว่า เมื่อความหนาแน่นและปริมาณซีเมนต์เพิ่มขึ้นส่งผลให้แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงขึ้นด้วย ซึ่งสถานะที่ 1 (ความหนาแน่น 1,300 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนซีเมนต์ : ซีเมนต์ 30 : 70) มีค่าสูงสุด 5.30 MPa ส่วนในสถานะที่ 2 (ความหนาแน่น 1,100 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนซีเมนต์ : ซีเมนต์ 30 : 70) และสถานะที่ 3 (ความหนาแน่น 1,100 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนซีเมนต์ : ซีเมนต์ 50 : 50) มีค่า 3.16 และ 1.74 MPa และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 878 – 2537 : แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูงพบว่า แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ทั้ง 3 สถานะ มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (ในสถานะแห้ง) ต่ำกว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด



3.5 มอดุลัสยืดหยุ่น สภาวะเปียก (Modulus of Elasticity)

ผลการศึกษาคณภาพของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์โดยพิจารณาค่ามอดุลัสยืดหยุ่นพบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ในสภาวะที่ 1 (ความหนาแน่น 1,300กก./ลบ.ม. อัตราส่วนชิ้นไม้ต่อซีเมนต์ 30 :70) มีค่าสูงที่สุด 1753 MPa และจะมีค่าลดลง เมื่อแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์มีค่าความหนาแน่นและปริมาณการใช้ซีเมนต์ลดลง ซึ่งในสภาวะที่ 2 (ความหนาแน่น 1,100 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนชิ้นไม้ : ซีเมนต์ 30 :70) และสภาวะที่ 3 (ความหนาแน่น 1,100กก./ลบ.ม. อัตราส่วนชิ้นไม้ : ซีเมนต์ 50 :50) มีค่า 1261 และ 427 MPa

3.6 แรงยึดเหนี่ยวตะปู (Screw Holding Power)

ค่าแรงยึดเหนี่ยวตะปูของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อความหนาแน่น และปริมาณการใช้ซีเมนต์มีค่าสูงขึ้นด้วย ดังผลการศึกษาสภาวะที่ 1 (ความหนาแน่น 1,300กก./ลบ.ม. อัตราส่วนชิ้นไม้ต่อซีเมนต์ 30 :70) สภาวะที่ 2 (ความหนาแน่น 1,100 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนชิ้นไม้ : ซีเมนต์ 30 :70) และสภาวะที่ 3 (ความหนาแน่น 1,100 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนชิ้นไม้ : ซีเมนต์ 50 :50) มีค่า 546.72 381.23 และ 319.48 N ตามลำดับ

และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 878 – 2537 : แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง พบว่า มีเพียงแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์จากสภาวะที่ 1 ที่มีค่าแรงยึดเหนี่ยวตะปูผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

3.7 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal Bond)

ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า สภาวะที่ 1 (ความหนาแน่น 1,300กก./ลบ.ม. อัตราส่วนชิ้นไม้ต่อซีเมนต์ 30 :70) สภาวะที่ 2 (ความหนาแน่น 1,100 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนชิ้นไม้ : ซีเมนต์ 30 :70) และสภาวะที่ 3 (ความหนาแน่น 1,100 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนชิ้นไม้ : ซีเมนต์ 50 :50) มีค่า 0.70 0.28 และ 0.15 MPa ตามลำดับ ซึ่งจากผลการศึกษาข้างต้นพบว่า เมื่อแผ่นมีความหนาแน่นและปริมาณการใช้ซีเมนต์สูงขึ้น จะมีผลให้ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงขึ้นด้วย

และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 878 – 2537 : แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง พบว่า มีเพียงแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์จากสภาวะที่ 1 ที่มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

3.8 ความหนาแน่น (Board Density)

ความหนาแน่นของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ที่ผลิตได้ทั้ง 3 สภาวะ มีค่า 1297.31 1181.17 และ 1014.96 กก./ลบ.ม. ซึ่งแผ่นที่ผลิตได้ มีค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกับความหนาแน่นที่กำหนดไว้ในทางทดลอง

และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 878 – 2537 : แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง พบว่าแผ่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกแผ่น

3.9 ความชื้น (Board Moisture Content)

จากการศึกษาคุณสมบัติด้านความชื้นของแผ่นพบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ที่ผลิตได้ทั้ง 3 สภาวะ มีค่าความชื้น 10.03 2.93 และ 3.34 % ตามลำดับ

และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 878 – 2537 : แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ในสภาวะที่ 1 มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด



สรุปผล

1. ผลการวิเคราะห์ขนาดชิ้นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา

การวิเคราะห์ขนาดชิ้นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปาที่ใช้ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ พบว่า ชิ้นไม้ที่กว้าง อยู่บนตะแกรง 40 เมช มีปริมาณมากที่สุดถึง 61.17 % และมีสัดส่วนความเพริยว 21.40

2. ผลค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และการฟ่อนความเป็นกรด (Acid Buffering Capacity)

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนความเป็นกรดของไม้เทียบกับไม้เศรษฐกิจชนิดอื่น เช่น ไม้สัก ไม้ยางพารา และไม้กระถินเทพาพบว่า ชิ้นไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปามีค่าความเป็นกรดเป็นด่างใกล้เคียง กับไม้สักและไม้ยางพารา แต่จะมีค่าน้อยกว่าไม้กระถินเทพา ส่วนการฟ่อนความเป็นกรดของไม้มีค่าต่ำกว่าไม้ เศรษฐกิจทั้ง 3 ชนิด

3. ผลการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์จากไม้อะเคเชียคราสซิคาร์ปา

จากการทดสอบคุณสมบัติทางด้านกายสมบัติและกลสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์จากไม้อะเคเชีย คราสซิคาร์ปา ทั้ง 3 สภาวะ พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ในสภาวะที่ 1 (ที่ความหนาแน่น 1,300 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนชิ้นไม้ต่อซีเมนต์ 30: 70) จะมีค่าคุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีที่สุด และจะมีค่าลดลงเมื่อแผ่นมีความ หนาแน่นและปริมาณการใช้ซีเมนต์ลดลงด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 878-2537 พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัด ซีเมนต์ในสภาวะที่ 1 มีค่ายึดเหนี่ยวเกลียวตะปู ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ค่าความหนาแน่น และค่าความชื้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของแผนงานหรือชุดโครงการวิจัยคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ไม้ สกุดกระถิน Acacia ขอขอบคุณ คุณธิตี วิจารณ์ คุณวิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง คุณรัตนะ ไทยงาม และ คุณเบญจวรรณ คฤพัฒนา ที่ได้กรุณาสันนิษฐานวัตถุดิบไม้จากสถานีวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

และขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโสสังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุ ทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ และสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่ง



เอกสารอ้างอิง

วรรณม อุณจิตติชัย. 2543. แผ่นปาร์ติเกิลจากเศษไม้คละชนิดเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม. ใน รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, 2541 – 2542. เลขที่ ร.572 ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. หน้า 87 – 105.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2537. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง. มอก. 878 – 2537. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ. 23 น.



การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ของไม้สกุลอะคาเซีย
กรณีศึกษา : ถ่านกระถินคราสซิคาร์ปา (*ACACIA CRASSICARPA*)

นายจิระพงษ์ คุณากาญจน์ (Chirapong Kuhakanchana)¹

บทคัดย่อ

การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ของไม้สกุลอะคาเซีย กรณีศึกษา : ถ่านกระถินคราสซิคาร์ปา (*Acacia crassicarpa*) ทำโดยนำไม้กระถินคราสซิคาร์ปาจากสถานีวนวัฒนวิจัยสระแกราช มาทดสอบพบว่า เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านที่ได้จากเตาอิฐก่อกรมป่าไม้ความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตรและเตาอิฐก่อ ความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร มีค่า 30.97 เปอร์เซ็นต์ และ 10.75 เปอร์เซ็นต์ ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยมีค่า 7,610 และ 7,480 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ ถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาจากการเผาถ่านด้วยเตาอิฐก่อและเตาอิฐก่อมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณคาร์บอนเสถียรเฉลี่ยมีค่า 81.45 และ 78 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารระเหยได้เฉลี่ยมีค่า 15.75 และ 20.2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้าเฉลี่ยมีค่า 1.15 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณความชื้นเฉลี่ย มีค่า 3.3 และ 2.2 เปอร์เซ็นต์ และค่าความหนาแน่นเฉลี่ยมีค่า 0.45 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และ 0.45 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับคุณสมบัติในการใช้งานหุงต้มนั้น ถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาที่ได้จากเตาอิฐก่อมีค่างานที่ได้เฉลี่ย 1.69 ค่าอัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 7.42 กรัมต่อนาที และค่าประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ย 20.25 เปอร์เซ็นต์ ถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาที่ได้จากเตาอิฐก่อมีค่างานที่ได้เฉลี่ย 1.07 ค่าอัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 6.86 กรัมต่อนาที และค่าประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ยมีค่า 16.64 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงถึงคุณสมบัติในการใช้งานหุงต้มของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาที่ได้จากการเผาถ่านด้วยเตาอิฐก่อกรมป่าไม้มีประสิทธิภาพสูงกว่าถ่านกระถินคราสซิคาร์ปา ที่ได้จากการเผาถ่านด้วยเตาอิฐก่อ

คำหลัก : ถ่านกระถินคราสซิคาร์ปา

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้



คำนำ

การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ของไม้สกุลอะคาเซีย กรณีศึกษา : ถ่านกระถินคราสชิคาร์ปา (*Acacia crassicaarpa*) เป็นการศึกษาข้อมูลทางด้านพลังงานของไม้สกุลอะคาเซีย 5 ชนิด คือ ผลผลิตถ่าน องค์ประกอบทางเคมี ค่าความร้อน ความหนาแน่นของถ่าน และประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้ม โดยไม้กระถินคราสชิคาร์ปาเป็นไม้โตเร็วที่นำเข้ามาปลูกในประเทศไทย และพบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตดีมากเหมาะสมที่จะพัฒนานำมาใช้ประโยชน์ทางด้านพลังงาน ซึ่งการศึกษา “การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ของไม้สกุลอะคาเซีย กรณีศึกษา : ถ่านกระถินคราสชิคาร์ปา (*Acacia crassicaarpa*)” จะทำให้ทราบข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญทางด้านพลังงาน ซึ่งจะทำให้เราสามารถวางแผนการบริหารจัดการเพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทนไม้จากป่าธรรมชาติ และเป็นแนวทางในการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อการพลังงานอย่างยั่งยืน

การศึกษานี้จะเป็นแนวทางในการช่วยให้เกษตรกรมีงานทำและมีรายได้พออยู่พอกินสำหรับเลี้ยงตนเองและครอบครัว และที่สำคัญคือ การผลิตถ่านนี้จะช่วยเพิ่มแหล่งไม้เพื่อการพลังงานให้มากขึ้น จึงทำให้ช่วยลดการบุกรุกป่าธรรมชาติเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานได้เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลผลิตถ่านกระถินคราสชิคาร์ปาจากเตาเผาถ่าน 2 ชนิด คือ เตาอิฐก่อ ขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร และเตาอิฐเตะ ขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร
2. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของถ่านกระถินคราสชิคาร์ปา
3. เพื่อศึกษาค่าความร้อน และประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มของถ่านกระถินคราสชิคาร์ปา
4. เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและเป็นแหล่งพลังงานทดแทนพื้นและถ่านจากป่าธรรมชาติ

วิธีการศึกษา

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษามีดังต่อไปนี้

1. เตาอิฐก่อ (Brick Beehive Kiln) กรมป่าไม้ขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร
2. เตาอิฐเตะ ขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร
3. เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้ กปม.1 (เตาถ่าน)
4. หม้อออลูมิเนียมเบอร์ 24 พร้อมฝา
5. Oxygen Bomb Calorimeter
6. เทอร์โมมิเตอร์
7. ตู้อบความชื้น
8. เครื่องชั่ง
9. โกลูคความชื้น เครื่องประมวลผล และอื่นๆ



วิธีการ

1. การศึกษาการผลิตถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาและการวิเคราะห์ถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาจากเตาเผาถ่านชนิดเตาอิฐก่อ และเตาอิฐเตะ

1.1 เตาเผาถ่านชนิดเตาอิฐก่อกรมป่าไม้ขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร ทำการศึกษาที่ศูนย์วิจัยพลังงานจากไม้ ต.พุกแค อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี โดยการนำกระถินคราสซิคาร์ปาที่ได้จากสวนป่าของสถานีวนวัฒนวิจัยสระเกล้า จ.นครราชสีมา กรมป่าไม้ มาทดสอบ

วิธีการทดสอบเตาเผาถ่านชนิดเตาอิฐก่อ ทำโดยการนำกระถินคราสซิคาร์ปามาสู่มตัวอย่างเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ ความชื้น จากนั้นนำกระถินคราสซิคาร์ปาซึ่งน้ำหนักสดและใส่ในเตาจนเต็ม จากนั้นนำฟืนหน้าเตามาสู่มหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น จุดไฟหน้าเตาและเลี้ยงไฟหน้าเตาตลอดเวลา โดยในระยะแรกหน้าเตาจะมีขนาดประมาณ 500 cm^2 ทำการวัดอุณหภูมิที่บริเวณกลางเตา เผาถ่านทุกๆ ชั่วโมง เมื่อควันขาวหนาเริ่มออกจะทำการย่นหน้าเตาลงเหลือประมาณ 300 cm^2 และเมื่อควันบางลง จึงทำการย่นหน้าเตาลงให้เหลือประมาณ 200 cm^2 ทั้งนี้เพื่อควบคุมปริมาณอากาศให้เหมาะสม จากนั้นจะเลี้ยงฟืนหน้าเตาไปจนกระทั่งควันสีฟ้าจางลงมาก จึงยุติการใส่ฟืนหน้าเตาและย่นหน้าเตาลงอีกจนเหลือประมาณ 80 cm^2 และปล่อยให้การเผาถ่านดำเนินต่อไปจนกระทั่งควันใสและปล่องควันแห้งสนิทจึงปิดหน้าเตาและปิดปล่องควันจนครบทุกปล่องเป็นการยุติการเผาถ่าน

1.2 การเผาถ่านด้วยเตาอิฐเตะขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร ทำการศึกษาที่ศูนย์วิจัยพลังงานจากไม้ ต.พุกแค อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี วิธีการทดสอบเตาเผาถ่านชนิดเตาอิฐเตะ ทำโดยการนำกระถินคราสซิคาร์ปามาสู่มตัวอย่างเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น จากนั้นนำกระถินคราสซิคาร์ปาซึ่งน้ำหนักสดและใส่ในเตาจนเต็ม จากนั้นนำฟืนหน้าเตามาสู่มหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น จุดไฟหน้าเตาและเลี้ยงไฟหน้าเตาตลอดเวลา โดยในระยะแรกหน้าเตาจะมีขนาดประมาณ 500 cm^2 ทำการวัดอุณหภูมิที่บริเวณกลางเตาเผาถ่านทุกๆ ชั่วโมง เมื่อควันขาวหนาเริ่มออก จะทำการย่นหน้าเตาลงเหลือประมาณ 300 cm^2 และเมื่อควันบางลงจึงทำการย่นหน้าเตาลงให้เหลือประมาณ 200 cm^2 ทั้งนี้เพื่อควบคุมปริมาณอากาศให้เหมาะสม จากนั้นจะเลี้ยงฟืนหน้าเตาไปจนกระทั่งควันสีฟ้าจางลงมาก จึงยุติการใส่ฟืนหน้าเตา และย่นหน้าเตาลงอีกจนเหลือประมาณ 80 cm^2 และปล่อยให้การเผาถ่านดำเนินต่อไปจนกระทั่งควันใสและปล่องควันแห้งสนิทจึงปิดหน้าเตาและปิดปล่องควันเป็นการยุติการเผาถ่าน

เมื่อได้ถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาจากการเผาโดยเตา 2 ชนิดแล้ว นำไปซึ่งน้ำหนักถ่านก้อน ถ่านป่น สันถ่านหรือหัวถ่าน และชี้เถ้า

สำหรับการสุ่มตัวอย่างไม้กระถินคราสซิคาร์ปาและถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาไปหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าความร้อน วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ค่าความหนาแน่น และประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มกับเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง กรมป่าไม้ : กปม.1 (เตาถ่าน) นั้น ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างด้วยแผนแบบการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) โดยการกำหนดให้ไม้กระถินคราสซิคาร์ปาและถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาที่ได้จากการเผาถ่านด้วยเตาเผาถ่าน 2 ชนิด คือ เตาอิฐก่อ และเตาอิฐเตะ เป็นประชากร (N) จากนั้นสุ่มตัวอย่าง (n) ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างชนิดไม่แทนที่กลับคืนจากประชากร (N) นั้น โดยกำหนดให้ตัวอย่างแต่ละตัวอย่างมีโอกาสที่จะถูกเลือกเท่าๆ กัน (สุรินทร์, 2541)



การหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ทำโดยการอบไม้กระถินคราสซิคาร์ปาและถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง หรืออบจนกระทั่งน้ำหนักของตัวอย่างคงที่แล้วนำมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากสูตร

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักถ่านก่อนอบแห้ง} - \text{น้ำหนักถ่านหลังอบแห้ง})}{\text{น้ำหนักถ่านหลังอบแห้ง}} \times 100$$

การหาผลผลิตถ่านคำนวณจากสูตร

$$\% \text{ ผลผลิตถ่าน} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านก่อน}}{(\text{น้ำหนักไม้พืนแห้ง} + \text{น้ำหนักไม้พืนแห้งหน้าเตา}) - \text{น้ำหนักส่นถ่าน}} \times 100$$

การหาผลผลิตถ่านคำนวณจากสูตร

$$\text{อัตราการผลิตถ่าน (กก/ชม.)} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านก่อน}}{\text{ชั่วโมงการเผาทั้งหมด}}$$

2. การวิเคราะห์หาค่าความร้อนและการหาค่าประกอบทางเคมีของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปา

การวิเคราะห์ค่าความร้อนของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาทำได้โดยการนำตัวอย่างถ่าน กระถินคราสซิคาร์ปาจากเตาอิฐก่อและเตาอิฐเตมาบดให้ละเอียด จากนั้นนำผงถ่านกระถินคราสซิคาร์ปามาเผาไหม้ในบรรยากาศของออกซิเจนใน Adiabatic Oxygen bomb Calorimeter ตามกรรมวิธีของ ASTM 3287 – 77 บันทึกค่าที่อ่านได้ลงในตารางการทดสอบ

การวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาทำโดยการหาปริมาตรของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาด้วยการแทนที่ในปรอท จากนั้นคำนวณหาค่าความหนาแน่นของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาได้จากสูตร

$$\text{ความหนาแน่นของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปา} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาอบแห้ง (กรัม)}}{\text{ปริมาตรถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาอบแห้ง (ซม.³)}}$$

การหาค่าประกอบทางเคมีของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาทำโดยวิธี Proximate Analysis เป็นการวิเคราะห์โดยใช้วิธีมาตรฐานของ ASTM 3172 – 3175 ซึ่งวิเคราะห์ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ กรุงเทพฯ มีวิธีการหาค่าประกอบทางเคมีดังนี้

ปริมาณสารระเหยได้ (Volatile Matter Content) คือ ส่วนของเนื้อถ่านอบแห้งที่ระเหยได้ในครุชีเบลปิดฝา ที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส ในเตาเผาไฟฟ้าฟานาน 6 นาที สารระเหยได้นี้คือ สารประกอบที่มีคาร์บอน ออกซิเจนและ ไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ

ปริมาณคาร์บอนเสถียร (Fixed Carbon Content) คือ ส่วนของสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ในครุชีเบลหลังจากหักสารระเหยได้และซีเถ้าออกไปแล้ว คาร์บอนเสถียรนี้ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่



ปริมาณขี้เถ้า (Ash content) คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาปถ่านในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง (ปรีชา, 2529)

สูตรในการหาค่าองค์ประกอบทางเคมีของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปามีดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักถ่านก่อนอบแห้ง} - \text{น้ำหนักถ่านอบแห้ง})}{\text{น้ำหนักถ่านอบแห้ง}} \times 100$$

$$\text{ปริมาณสารระเหยได้ (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักอบแห้งของถ่าน} - \text{น้ำหนักของถ่านที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส})}{\text{น้ำหนักอบแห้งของถ่าน}}$$

$$\text{ปริมาณคาร์บอนเสถียร (\%)} = 100 - \text{ปริมาณความชื้น (\%)} - \text{ปริมาณสารระเหยได้ (\%)} - \text{ปริมาณขี้เถ้า (\%)}$$

$$\text{ปริมาณขี้เถ้า (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของถ่านที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส}}{\text{น้ำหนักอบแห้งของถ่าน}} \times 100$$

3. ประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปากับเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้ กปม.1 (เตาถ่าน)

การหาประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปำทำโดยทดสอบการต้มน้ำซึ่งใช้หม้อต้มน้ำอะลูมิเนียมเบอร์ 24 พร้อมฝา กับเตาที่ใช้ทดสอบเป็นเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้ (เตาถ่าน) กปม.1 ใช้น้ำ 3,700 กรัม (ปริมาตรของน้ำประมาณ $\frac{3}{4}$ ของปริมาณความจุของหม้อ) และน้ำหนัก ถ่านกระถินคราสซิคาร์ปำที่ใช้ทดสอบเท่ากับ 450 กรัม ทำการทดลองในห้องที่ไม่มีลมพัด สังเกตการแตกปะทุของถ่าน ปริมาณควันของถ่านขณะติดไฟ วัดอุณหภูมิของน้ำจนกระทั่งน้ำเดือด แล้วบันทึกเวลาที่ใช้ไป พร้อมทั้งเปิดฝามือ จากนั้นปล่อยให้ น้ำเดือดต่อไปอีก 30 นาที (มาลี, 2532 ; นิยมและธีระ, 2527)

คำนวณค่างานที่ได้ อัตราการเผาไหม้และประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านสูตร

$$\text{งานที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป}}{\text{น้ำหนักของถ่านที่ใช้สุทธิ}}$$

$$\text{อัตราการเผาไหม้} = \frac{\text{น้ำหนักของถ่านที่ใช้สุทธิ}}{\text{ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด}}$$

$$Hu = \frac{(M_{cp} (T_2 - T_1) + (M - M_1) L) \times 100}{(M_{fH_1} + M_{kH_2})}$$



เมื่อ

H_u	=	ประสิทธิภาพการใช้งาน (%)
M	=	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)
C_p	=	ความร้อนจำเพาะของน้ำ เท่ากับ 1 แคลอรี/กรัม
M_1	=	น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่ (กรัม)
T_1	=	อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ (องศาเซลเซียส)
M_f	=	น้ำหนักเชื้อเพลิง (ถ่านกระถินคราสซิคาร์ปา) (กรัม)
M_k	=	น้ำหนักเชื้อไฟ (ไม้ยูคาลิปตัส) (กรัม)
T_2	=	อุณหภูมิของน้ำเดือด (องศาเซลเซียส)
L	=	ความร้อนแฝงของน้ำ เท่ากับ 540 แคลอรี / กรัม
H_1	=	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (ถ่านกระถินคราสซิคาร์ปา) (แคลอรี / กรัม)
H_2	=	ค่าความร้อนของเชื้อไฟ (ยูคาลิปตัส) ซึ่งมีค่า 4,600 แคลอรี/กรัม

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

การศึกษาศักยภาพทางด้านพลังงานของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปามีรายละเอียดดังนี้

1. ผลผลิตถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาจากเตาเผาถ่านชนิดเตาอิฐก่อขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตรและเตาอิฐเตะขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร (ตารางที่ 1)

จาก Table 1. แสดงว่า เปอร์เซนต์ผลผลิตถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาเฉลี่ยที่ได้จากการเผาถ่านด้วยเตาอิฐก่อจะให้ผลผลิตที่สูงกว่าเตาอิฐเตะ คือ 30.97 % และ 10.75 % ตามลำดับ ทั้งนี้แม้ว่าการเผาถ่านเตาอิฐก่อและเตาอิฐเตะนั้นเป็นการทำให้ไม้กลายเป็นถ่านด้วยวิธีการอบไม้ให้เป็นถ่าน (Reverse draft) เหมือนกัน แต่การเผาถ่านด้วยเตาอิฐเตะกลับให้ผลผลิตต่ำกว่า ทั้งนี้อาจจะมีผลจากชนิดของไม้ที่ใช้ในการศึกษาเหมาะสมกับเตาอิฐก่อมากกว่าเตาอิฐเตะ สอดคล้องกับ ปรีชา (2529) น้ำหนักสัณถัน (ถ่านที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์) ของเตาอิฐก่อมีค่าเฉลี่ย 5.5 กิโลกรัม ส่วนเตาอิฐเตะมีค่าเฉลี่ย 11.5 กิโลกรัม ซึ่งอาจเกิดจากเตาอิฐเตะมีการไหลเวียนของกระแสอากาศร้อนไม้ทั่วถึงตลอดทั้งเตา แต่อาจจะแก้ไขได้โดยการใช้ตะแกรงเหล็กหรือวัสดุที่มีความโปร่งนำมารองพื้นก่อนการเผาถ่าน จะช่วยลดสัณถันลงได้ (จิระพงษ์, 2543) ระยะเวลาเฉลี่ยในการผลิตถ่านของเตาอิฐก่อและเตาอิฐเตะ มีค่า 63.25 และ 64 ชั่วโมง ตามลำดับ



Table 1. ผลผลิตถ่านกระถินคราสซิคาร์ปา ที่เผาด้วยเตาอิฐก่อ ขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร และเตาอิฐเตะ ขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร

ค่าที่ใช้คำนวณและผลที่ได้รับ	หน่วย	เตาอิฐก่อ			เตาอิฐเตะ		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
น้ำหนักสดของไม้	กิโลกรัม	650	680	665	580	545	562.5
ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของไม้	เปอร์เซ็นต์	18.52	26.45	22.48	29.15	26.45	27.8
น้ำหนักแห้งของไม้	กิโลกรัม	549	538	543.5	449	431	440
น้ำหนักสดของฟืนหน้าเตา	กิโลกรัม	101	120	110.5	70	49	59.5
ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของฟืนหน้าเตา	เปอร์เซ็นต์	18.52	26.45	22.48	29.15	26.45	27.8
น้ำหนักแห้งของฟืนหน้าเตา	กิโลกรัม	85.25	95	90.13	54.2	38.75	46.47
น้ำหนักถ่านก้อน	กิโลกรัม	182	207	194.5	49.4	52.5	50.95
น้ำหนักสับถ่าน	กิโลกรัม	5	6	5.5	15	8	11.5
อุณหภูมิที่กลางเตาเผาถ่าน	องศาเซลเซียส	620	598	609	792	712	752
ผลผลิตถ่าน	เปอร์เซ็นต์	28.92	33.01	30.97	10.12	11.37	10.75
เวลาที่ใช้ในการเผา	ชั่วโมง	58	68.5	63.25	62	66	64
น้ำสัมน้ำไม้ดิบ	ลิตร	18	22	20	20	23	21.5

2. ค่าความร้อนของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาที่เผาด้วยเตาอิฐก่อและเตาอิฐเตะ (ตารางที่ 2)

Table 2. ค่าความร้อนของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาที่เผาด้วยเตาอิฐก่อและเตาอิฐเตะ

ค่าความร้อน ถ่านกระถินคราสซิคาร์ปา	ตัวอย่างที่ (หน่วย:แคลอรีต่อกรัม)		
	1	2	เฉลี่ย
เตาอิฐก่อ	7,480	7,740	7,610
เตาอิฐเตะ	7,400	7,560	7,480

จาก Table 2. แสดงว่าค่าความร้อนเฉลี่ยของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาที่เผาด้วยเตาอิฐก่อมีค่า 7,610 แคลอรี / กรัม และเตาอิฐเตะมีค่า 7,480 แคลอรี / กรัม ซึ่งค่าความร้อนของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปา จะมีค่าผันแปรโดยตรงกับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาถ่านและอายุของไม้กระถินคราสซิคาร์ปา ตลอดจนวิธีการที่ใช้ในการเผาถ่านเป็นสำคัญ



3. องค์ประกอบทางเคมีและค่าความหนาแน่นของถ่านกระดินคราสซิคาร์ปา

Table 3. องค์ประกอบทางเคมีและค่าความหนาแน่นของถ่านกระดินคราสซิคาร์ปา ที่ได้จากเตาอิฐก่อและเตาอิฐเตะ ขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร

องค์ประกอบทางเคมีและค่าความหนาแน่นของถ่านกระดินคราสซิคาร์ปา	เตาอิฐก่อ			เตาอิฐเตะ		
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	เฉลี่ย	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ค่าเฉลี่ย
คาร์บอนเสถียร (%)	80.1	82.8	81.45	77.1	78.9	78
ปริมาณสารระเหยได้ (%)	15.5	16	15.75	20.0	20.4	20.2
เถ้า (%)	1.1	1.2	1.15	0.7	0.7	0.7
ปริมาณความชื้น (%)	3.3	3.3	3.3	2.2	2.2	2.2
ความหนาแน่น (g/cm^3)	0.4	0.5	0.45	0.5	0.4	0.45

จาก Table 3. แสดงว่าปริมาณคาร์บอนเสถียรเฉลี่ยที่ได้จากการเผาถ่านด้วยเตาอิฐก่อและเตาอิฐเตะมีค่า 81.45 และ 78 % จะเห็นว่าเตาอิฐก่อจะผลิตถ่านที่มีปริมาณคาร์บอนเสถียรสูงกว่าเตาอิฐเตะ

ปริมาณสารระเหยได้ที่ได้จากเตาอิฐก่อมีค่าน้อยกว่าเตาอิฐเตะ ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของถ่านกระดินคราสซิคาร์ปา ที่ได้จากเตาอิฐก่อ (3.3%) มีค่ามากกว่าปริมาณความชื้นของถ่านกระดินคราสซิคาร์ปาที่ได้จากเตาอิฐเตะ (2.2%) ซึ่งปริมาณความชื้นในถ่านนี้จะมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้ม กล่าวคือ หากมีปริมาณความชื้นในเนื้อถ่านมาก จะทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานและความสามารถในการจุดติดไฟน้อยลง



4. ประสิทธิภาพการใช้งานหุ้ของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปา (ตารางที่ 4)

Table 4. ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาที่ได้จากเตาอิฐก่อและเตาอิฐเตะ ขนาด ความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร

ค่าที่ใช้ในการคำนวณ และผลที่ได้รับ	ถ่านกระถินคราสซิคาร์ปา						
	หน่วย	เตาอิฐ ก่อ			เตาอิฐเตะ		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป	กรัม	700	500	600	500	300	400
น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่	กรัม	3,000	3,200	3,100	3,200	3,400	3,300
น้ำหนักถ่านที่ใช้สุทธิ	กรัม	350	360	355	380	370	375
ระยะเวลาที่ใช้จนน้ำเดือด	นาที่	22	20	2	21	29	25
ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด	นาที่	55	54	54.5	51	59	55
อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ	°C	28	29	28.5	29	31	30
ค่าความร้อนจากการสันดาป ของเชื้อเพลิง	แคลอรี/ กรัม	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600
งานที่ได้		2.00	1.39	1.69	1.32	0.81	1.07
อัตราการเผาไหม้	กรัม/นาที่	8.18	6.67	7.42	7.45	6.27	6.86
ค่าประสิทธิภาพการใช้งาน	%	22.17	18.33	20.25	18.66	14.62	16.64
การแตกปะทุของถ่าน		ไม่มี	ไม่มี	-	มีตอนถ่านเริ่มติดไฟ	มีตอนถ่านเริ่มติดไฟ	-
การติดไฟ		ดีมาก	ดีมาก	-	ดีมาก	ดีมาก	-
ควัน / เหม่า		ไม่มี	ไม่มี	-	ไม่มี	ไม่มี	-

จาก Table 4. แสดงว่า ถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาที่ได้จากเตาอิฐก่อและเตาอิฐเตะในระยะเวลา ทำให้น้ำ 3,700 กรัม เดือดในเวลาเฉลี่ย 21 และ 25 นาที่ ตามลำดับ ค่างานที่ได้ของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปา ที่ได้จากเตาอิฐก่อและเตาอิฐเตะมีค่า 1.69 และ 1.07 ตามลำดับ โดยมีอัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 7.42 และ 6.86 กรัม/นาที่ ตามลำดับ สำหรับค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาที่ได้จากเตาอิฐก่อ และเตาอิฐเตะมีค่า 20.25 และ 16.64 ตามลำดับ

ถ่านกระถินคราสซิคาร์ปาที่ได้จากเตาอิฐก่อและเตาอิฐเตะไม่มีการแตกปะทุของถ่าน มีการติดไฟดีมาก ไม่มีเหม่าหรือควัน มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับใช้งานหุ้ในครัวเรือน



สรุปผล

การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ของไม้สกุลอะคาเซีย กรณีศึกษา : ถ่านกระถินคราสชิคาร์ปา (*Acacia crassicaarpa*) ทำการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากสวนป่าของกรมป่าไม้ โดยการนำมาทดลองผลิตเป็นถ่านสรุปได้ดังนี้

1. ผลผลิตถ่านกระถินคราสชิคาร์ปาที่ได้จากเตาอิฐก่อมีค่าเฉลี่ย 30.97 เปอร์เซ็นต์ และเตาอิฐเตะมีค่าเฉลี่ย 10.75 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากเตาอิฐก่อเป็นเตาเผาถ่านที่มีรูปทรงสมมาตร มีการไหลเวียนของอุณหภูมิดี แต่สำหรับเตาอิฐเตะเป็นเตาเผาถ่านสำหรับผลิตถ่านคุณภาพดี มีอุณหภูมิภายในเตาเฉลี่ยภายในเตาสูงมาก จึงมีผลทำให้ผลผลิตลดลง สำหรับการทดลองนี้เตาอิฐเตะให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่าน ค่าความร้อน องค์ประกอบทางเคมีและประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มมีค่าน้อยกว่าเตาอิฐก่อกรมป่าไม้ แต่อย่างไรก็ตามเตาทั้ง 2 แบบมีความเหมาะสมสำหรับผลิตถ่านเพื่อ ใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนหรือสำหรับชุมชนขนาดเล็กในยุคเศรษฐกิจพอเพียง
2. ค่าความร้อนเฉลี่ยของถ่านกระถินคราสชิคาร์ปาที่ได้จากเตาอิฐก่อมีค่า 7,610 แคลอรีต่อกรัม และเตาอิฐเตะ 7,480 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งค่าความร้อนของถ่านกระถินคราสชิคาร์ปามีค่าใกล้เคียงกับถ่านไม้โกงกาง (7,500 แคลอรีต่อกรัม) จัดว่าเหมาะสมสำหรับใช้งานหุงต้มในครัวเรือน
3. องค์ประกอบทางเคมีและค่าความหนาแน่นของถ่านกระถินคราสชิคาร์ปาที่ได้จากเตาเผาถ่านทั้ง 2 ชนิดมีค่าอยู่ในเกณฑ์ดีและสูง
4. ประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มของถ่านกระถินคราสชิคาร์ปาสามารถใช้งานหุงต้มในครัวเรือนได้เป็นอย่างดี เนื่องจากไม่มีการแตกปะทุของถ่าน มีการติดไฟดีและไม่มีเขม่าควันรบกวนในระหว่างการใช้งาน
5. ผลการศึกษานี้สรุปได้ว่า เตาอิฐก่อกรมป่าไม้เป็นเตาเผาถ่านให้ผลผลิตถ่าน คุณภาพของถ่านดีกว่าเตาอิฐเตะ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษากการพัฒนาการผลิตถ่านกระถินคราสชิคาร์ปาในเชิงพาณิชย์ โดยใช้เตาเผาถ่านที่เหมาะสม และควรมีการศึกษาพัฒนาการนำ “น้ำส้มควันไม้” (Wood Vinegar) เพื่อไปใช้งานด้านต่างๆ ที่เหมาะสมและเป็นการช่วยลดมลพิษทางอากาศจากการปลดปล่อยแก๊สจากการเผาถ่านสู่บรรยากาศ
2. ควรมีการศึกษากการใช้ประโยชน์จากถ่านในด้านอื่นๆ เช่น การพัฒนานำถ่านไม้มาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสำหรับใช้เป็นวัสดุปรับปรุงบำรุงดิน การพัฒนานำถ่านมาผลิตเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารสัตว์ เพื่อแก้ปัญหาสารพิษตกค้างในสัตว์ และ การพัฒนานำถ่านมาใช้เป็นวัสดุดูดซับแก๊สและกลิ่นในการทำ



ปศุสัตว์ เป็นต้น โดยมีเป้าหมายที่สำคัญคือ ลดการนำเข้าของปศุสัตว์จากต่างประเทศและพัฒนาการทำปศุสัตว์แบบปลอดสารพิษเพื่อสุขอนามัยของประชาชนโดยรวม

เอกสารอ้างอิง

- กรมป่าไม้. 2541. เทคโนโลยีการผลิตถ่านสำหรับชนบท. กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.
- กรมป่าไม้. 2542. การใช้ประโยชน์ไม้ขั้นพื้นฐาน. กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.
- กรมป่าไม้ และองค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศแห่งญี่ปุ่น. 2544. ถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้.
- จิระพงษ์ คูหากาญจน์. 2543. ศักยภาพทางด้านพลังงานของถ่านกะลามะพร้าว. กลุ่มพัฒนาพลังงานจากไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.
- นิยม จันทร์เทพาและคณะ. 2527. คู่มือการผลิตและใช้เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง. สำนักงานพลังงานแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์, เทคโนโลยีและการพลังงาน. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟินน์พับลิชชิ่ง กรุงเทพฯ.
- ปรีชา เกียรติกระจาย. 2529. เทคโนโลยีการแปรรูปพลังงานจากไม้. โครงการเผยแพร่ความรู้ทางวนผลิตภัณฑ์, ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- มาลี ภาณุंनाภา. 2532. การทดสอบคุณภาพและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านไม้ 11 ชนิด. ใน การประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2532 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางไม้. กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ.
- สุรินทร์ นิยมางกูร. 2541. เทคนิคการสุ่มตัวอย่าง. ภาควิชาสถิติ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.



Figure 1. ไม้กระถินกราสซิคาร์ปา (*Acacia crassicarpa*) ที่ใช้ในการทดลอง



Figure 2. เตาอิฐก่อกรรมป่าไม้ และเตาอิฐเตะ



Figure 3. ผลผลิตถ่านกระถินคราสชิคาร์ปา



Figure 4. การศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานหุ้ดต้มของถ่านกระถินคราสชิคาร์ปากับเตาหุ้ดต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้ กปม. 1



2

การพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้
จากปาล์มน้ำมัน เศษไม้
และวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรอื่นๆ







การศึกษาการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากใบอ้อยเพื่อผลิตชิ้นส่วนเครื่องเรือน¹

THE STUDY ON PARTICLEBOARD PRODUCTION FROM LEAVES OF SUGARCANE AS FURNITURE COMPONENTS

ชลิท เปรมสมบัติ	(Chalit Premsombut) ²
วิษณุ ชลิตโกมุท	(Witsanu Chalitgomut) ²
นพดล กิระธิฐิติกุล	(Noppadol Keeratichiraththikan) ²
ฐิติกุล ภาคคีรี	(Thitikul Parkkeeree) ²
วรธรรม อุ่นจิตติชัย	(Woratham Oonjittichai) ³

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตแผ่นชิ้นอัดจากใบอ้อยชนิดชั้นเดียว ความหนาแน่นของแผ่น 750 กก./ม.³ ความหนาแผ่นเท่ากับ 10 มม. โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาอโซไซยานเนตในระดับปริมาณที่แตกต่างกัน คือ ที่ระดับปริมาณการผสมกาอโซไซยานเนต 5 10 และ 15% ใช้ความดันในการอัด 150 กก./ซม.² อุณหภูมิในการอัด 120 - 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ส่วนชิ้นใบอ้อยก่อนการผสมกาอมีความชื้นไม่เกิน 5 - 6 % ผลการวิเคราะห์ขนาดของชิ้นใบอ้อย พบว่า ชิ้นใบอ้อยที่ค้างอยู่บนตะแกรง 40 เมช จะมีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด คือ 72.48% มีขนาดความยาวเท่ากับ 4.07 มม. ความกว้างเท่ากับ 0.31 มม. ความหนาเท่ากับ 0.13 มม. และมีสัดส่วนความเพียวเท่ากับ 30.61 เมื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าการฟ่อนความเป็นกรดพบว่า ชิ้นใบอ้อยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่าชิ้นไม้ยางพารา แต่มีค่าการฟ่อนความเป็นกรดต่ำกว่าชิ้นไม้ยางพารา

ผลการศึกษาคุณสมบัติของแผ่นพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาอโซไซยานเนต จะมีค่าคุณสมบัติดีกว่าแผ่นที่ผลิตโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% เป็นตัวประสาน และเมื่อเปรียบเทียบระดับปริมาณการผสมกาอโซไซยานเนตพบว่า ระดับปริมาณการผสมกาอโซไซยานเนตที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้ค่าคุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีขึ้น ทั้งนี้ การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากใบอ้อยโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาอโซไซยานเนต 5% เป็นตัวประสาน เหมาะสมในการผลิตแผ่นมากที่สุด เนื่องจากใช้ปริมาณการผสมกาอโซไซยานเนตน้อยที่สุด และแผ่นที่ผลิตได้มีคุณสมบัติโดยรวมของแผ่นผ่านมาตรฐานกำหนด

คำหลัก : แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด แผ่นชิ้นอัด ใบอ้อย เครื่องเรือน

1 โครงการบูรณาการร่วมระหว่างงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

2 วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

3 งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้



ABSTRACT

This study is designed to single layer particleboard production from leaf of sugarcane, at board density 750 kg/m^3 , thickness 10 mm. with using variation of urea formaldehyde 13% and admixture of urea formaldehyde with isocyanate 5 %, 10 % and 15%. The hot pressing condition is 150 kg./cm^2 , and temperature at $120 - 130^\circ\text{C}$ in 5 minutes. The leaf of sugarcane before blending with glue have the moisture content not more than 5-6 %. The screen analysis of leaf of sugarcane size have particle on screen 40 mesh, which average of most quantity by weigh 72.48%, length 4.07 mm., width 0.31 mm., thickness 0.13 mm. and slender ratio at 30.61. They have pH (7.13) higher than Pararubber wood but acid buffering capacity (2.10) lower than Pararubber wood.

The properties showed that particleboards from leaf of sugarcane used admixture urea formaldehyde with isocyanate 5%, 10% and 15%, it have better than particleboard used urea formaldehyde 13%. When admixture of urea formaldehyde with higher isocyanate are higher property of particleboard. However admixture urea formaldehyde with isocyanate 5% appropriated to particleboard because used minimum glue and had properties pass the standard of JIS A 5908 – 1994 : Particleboard.

Keywords : Particleboard, Leaf of sugarcane, Furniture

คำนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญโดยในปี พ.ศ. 2546 ประเทศไทยสามารถส่งออกน้ำตาลและผลิตภัณฑ์จากน้ำตาลเป็นมูลค่า 38,510 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2548) และส่วนใหญ่ได้ส่งออกในรูปของน้ำตาลดิบ น้ำตาลทรายและผลิตภัณฑ์อื่นๆ มากมายโดยเกษตรกรชาวไร่อ้อยได้นำลำต้นของอ้อยมาแปรรูปเป็นน้ำตาล ส่วนอื่นๆ เช่น ใบนั้นได้นำไปใช้เป็นปุ๋ย อาหารสัตว์ และเชื้อเพลิง แต่ในรูปแบบของแผ่นผลิตภัณฑ์นั้นยังไม่ได้มีการศึกษาและค้นคว้า เพราะส่วนของใบอ้อยที่เหลืออยู่นั้นมีจำนวนมาก นำที่จะนำมาเป็นส่วนประกอบของการทำเฟอร์นิเจอร์ได้

ส่วนประกอบของอ้อย เช่น ใบ ซึ่งเกษตรกรและชาวไร่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบบำรุงดิน อาหารสัตว์ เชื้อเพลิงได้ เพราะให้ความร้อนสูง ปัญหาสำคัญอยู่ที่ใบอ้อยหลังการตัดมีปริมาณมากและน้ำหนักเบา ซึ่งจากตรงนี้ส่วนประกอบของต้นอ้อย เช่น ใบ น่าจะนำมาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้และยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่ผู้ประกอบการและชาวเกษตรกรที่ทำการปลูกไร่อ้อย

ทั้งนี้คณะผู้วิจัยจึงศึกษาการใช้ประโยชน์จากใบอ้อยผลิตชิ้นส่วนเครื่องเรือนขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและทดลองทำการผลิตแผ่นขึ้นอัดจากใบอ้อย ศึกษาถึงคุณสมบัติด้านกายสมบัติและคุณสมบัติด้านกลสมบัติของแผ่นขึ้นอัดจากใบอ้อย

วิธีการศึกษา

นำใบอ้อยที่เหลือใช้มาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด โดยศึกษาระดับปริมาณของเนื้อกาวยูเรียไฮดรอกไซด์ในปริมาณเปอร์เซ็นต์กาวยูเรียไฮดรอกไซด์ 5 10 และ 15% ของเนื้อกาวยูเรียทั้งหมด 13% ต่อน้ำหนักอบแห้งของชิ้นใบอ้อย และศึกษาปริมาณของเนื้อกาวยูเรียไฮดรอกไซด์ส่วน 13% นำมาเปรียบเทียบค่าทางกายสมบัติและกลสมบัติ โดยใช้มาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดได้ดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

อุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่องสับชิ้นไม้ (Chipper)
2. เครื่องย่อยชิ้นไม้ (Hammer mill)
3. เครื่องอัดร้อน (Hot – press)
4. เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง (Screening Machine)
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Electric Balance)
6. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ (Universal Testing Machine)

ขั้นตอนการศึกษา

1. การเตรียมวัสดุและการศึกษา

1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

การเตรียมชิ้นใบอ้อยในการวิจัยครั้งนี้ใช้ตัวอย่างชิ้นวัสดุจากใบอ้อยเหลือทิ้ง ซึ่งต้องนำมาผ่านขั้นตอนต่าง ๆ เพื่อให้ได้เกล็ดชิ้นใบที่พร้อมจะนำไปใช้ในกระบวนการอัด โดยสรุปเป็นขั้นตอนต่างๆ ได้ดังนี้

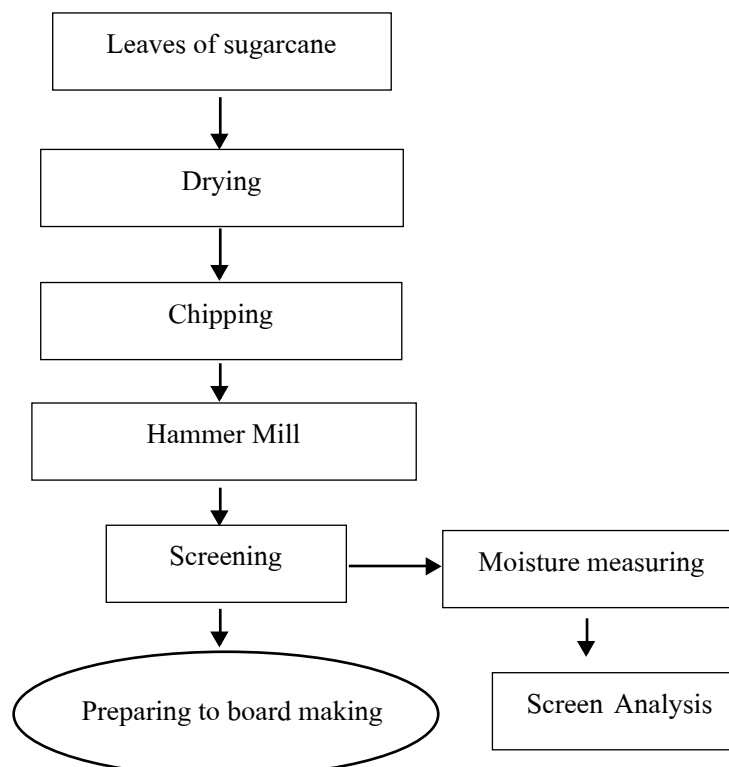


Figure 1. Scheme of raw material preparation before fabrication.



Figure 2. Leaves of sugarcane before chipping.

1.2 การเตรียมกาว ในการศึกษาผลิตแผ่นขึ้นอัดจากใบอ้อยได้กำหนดกาวที่ใช้ในการอัดแผ่น คือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาต 5 10 และ 15%

1.3 สารเร่งแข็ง (Hardener) เป็นตัวเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาแข็งตัวของกาวให้เร็วขึ้นลดระยะเวลาการอัดร้อนให้สั้นขึ้น (วรธรรม, 2545) สารเร่งแข็งที่โรงงานใช้ผสมกาวทั่วไป ได้แก่ แอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium Chloride) เมื่อเติมสารเร่งเหล่านี้ในเนื้อกาวแล้วจะทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์เกิดเป็นเสกซามีนและกรดแก่ ทำให้ส่วนผสมกาวเป็นกรดมากขึ้น ปฏิกิริยาของกาวก็จะเกิดเร็วขึ้น จึงทำให้อายุการใช้งานของกาวสั้นลงด้วย ซึ่งในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดนี้มีการผสมสารเร่งแข็งแอมโมเนียมคลอไรด์ลงในการผสมกาวโดยใช้สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ในระดับความเข้มข้น 25% ในอัตราส่วน 0.5% ต่อน้ำหนักแห้งของขึ้นไม้

1.4 การตรวจสอบคุณลักษณะของขึ้นไม้จากใบอ้อยที่นำมาผลิตนั้น นำมาสุ่มหาความชื้นโดยใช้เครื่องวัดความชื้นแบบดิจิตอล สุ่มทั้งหมดจำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 1 กรัม ให้ขึ้นไม้มีความชื้น 5- 6%

1.5 การตรวจสอบหาคุณลักษณะของสารผสมระหว่างกาวและสารเติมแต่ง พิจารณาคุณลักษณะของสารผสมระหว่างกาวและสารเติมแต่ง ทำเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และสรุปผลวิจารณ์การทดลอง อีกทั้งยังศึกษาปัจจัยที่เป็นผลกระทบต่อคุณสมบัติของแผ่นทดลอง โดยทำการควบคุมแรงดันลมที่มีผลต่อละอองกาวที่ได้จากการทดลองในสภาวะต่าง ๆ กัน

Table 1. The properties of Urea Formaldehyde Resin.

Properties	Urea Formaldehyde
pH	9.02
Viscosity centipoises	130.00
Non - volatile content (%)	47.99
Gel time (min : sec) at 100 °C	39.00
(mix with ammonium chloride 2% base on dry resin)	
Specific Gravity (at 31 °C)	1.182

Gel time was occurred more than 3 hours without adding hardener



1.6 ปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตแผ่นขึ้นอัด การผลิตแผ่นขึ้นอัดประกอบด้วยขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานต่าง ๆ ดังนี้

ทุกสภาวะกำหนดให้แผ่นขนาด 400 x 400 มม. ความหนา 10 มม. ความหนาแน่นของแผ่น 750 กก./ม.³ ระยะเวลาในการอัด 5 นาที

Table 2. Particleboard production from leaves of sugarcane used urea formaldehyde 13%.

Conditions	
Moisture content of leaves before blending	6.54%
Solid content of used resin	68%
Blended resin content *	13%
Amount of dry weight of hardener	1%
Temperature of pressing	120°C

* Dry weight base on dry weight of leaves

Table 3. Particleboard production from leaves of sugarcane used admixture of urea formaldehyde (UF) with pMDI at 5 % ,10 % and 15% based on dry weight of UF.

Conditions	
Moisture content of leaves before mixing	6.54%
Solid content of urea-formaldehyde	68%
pMDI content**	5, 10, 15%
Temperature of pressing	120°C

** Dry weight base on dry weight of urea formaldehyde.

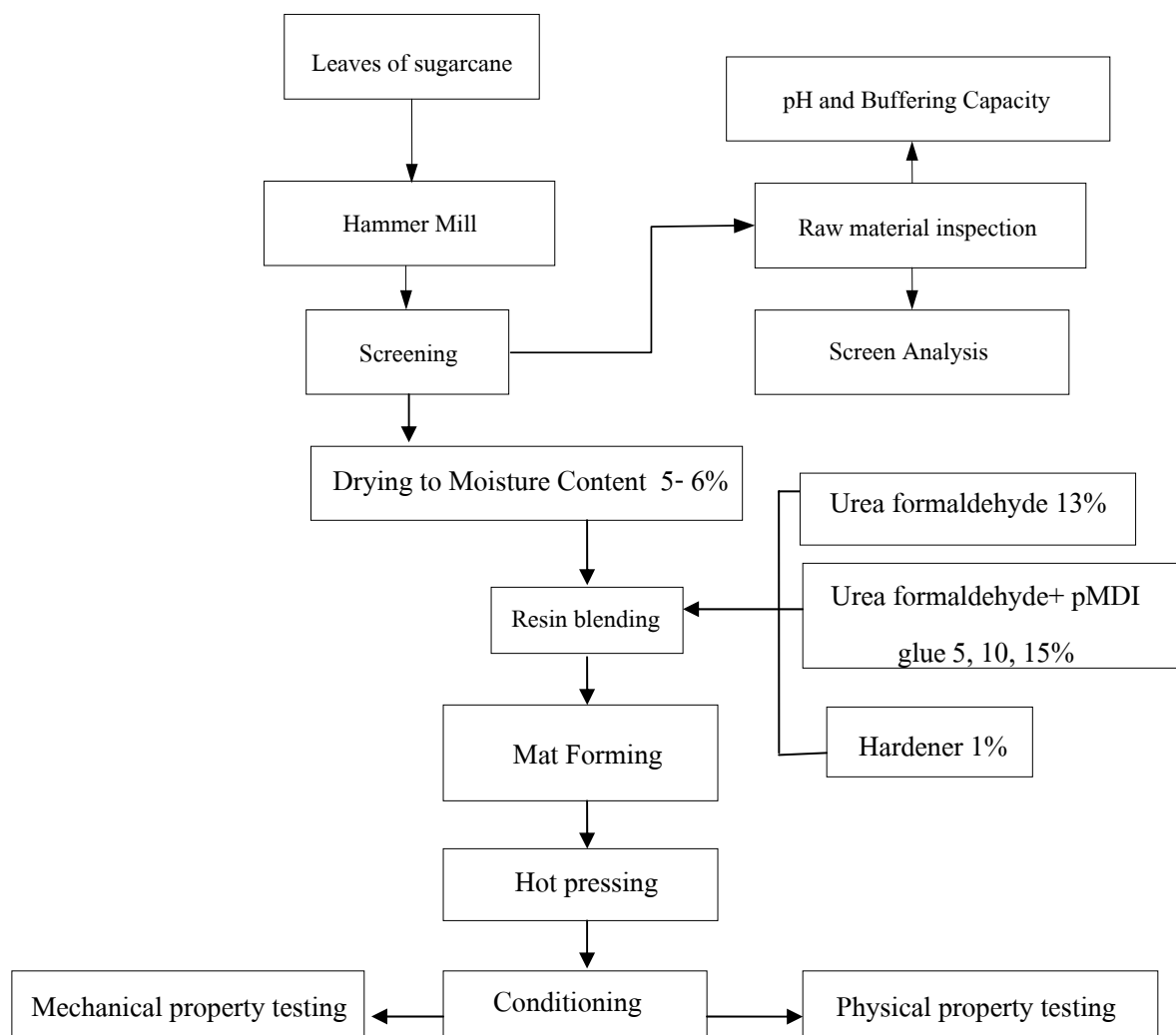


Figure 3. Scheme of particleboard production from sugarcane leaves.

Table 4. Ratio of mixing of urea formaldehyde 13%

Glue (%)	Leaves of sugarcane		Glue (weight/volume)		10% sol ^a of hardener (1%) (g)	Water (33%) (g)	Net weight (g)
	Dry (g)	Moisture 6.54% (g)	Dry (g)	Liquid glue (SC.68%)*			
Urea formaldehyde 13%	1061.95	1130.38	138.05	203.01	66.99	2.03	1402.41

* Solid Content 68%



Table 5. Ratio of mixing , used admixture of urea formaldehyde with pMDI at 5%,10% and 15% on ratio of glues 13%.

pMDI content mixed with UF (%)	Leaves of sugarcane		Urea (g)		Amount of pMDI (g)	Total amount used (g)
	Dry (g)	Moisture 6.54% (g)	Dry (g)	Liquid glue (SC.68%)*		
5%	1061.95	1131.40	131.48	193.35	6.57	1388.05
10%	1061.95	1131.40	125.50	184.56	12.55	1328.96
15%	1061.95	1131.40	120.05	176.54	18.00	1325.94

* Solid Content 68%

2. วิธีการผสมแผ่นขึ้นอัดจากใบอ้อย

2.1 ในการผสมกากกับขึ้นใบอ้อย ผสมเนื้อกาวน้ำและสารเร่งแข็งได้ตามสัดส่วนที่กำหนดแล้วนำกาวเทใส่กระบอกลบรีกาว แล้วชั่งขึ้นใบอ้อยให้ได้น้ำหนักตามที่คำนวณ นำไปเทใส่เครื่องผสมกากกับขึ้นใบอ้อย ใช้เวลาในการสเปรย์กากกับขึ้นใบอ้อยประมาณ 10 นาที ใช้กำลังอัดของลมจากเครื่องปั๊มลม 7.4 กก./ ตร.ซม. เข้าช่วยในการผสม หลังจากสเปรย์กากหมดปล่อยให้เครื่องหมุนอีกประมาณ 5 นาที เพื่อให้ขึ้นใบอ้อย และกาวคลุกเคล้ากันได้ดีทั่วถึง ความชื้นของขึ้นใบอ้อยหลังการผสมกาวและสารเร่งแข็งเรียบร้อยแล้วอยู่ประมาณ 8-12%

2.2 การโรยแผ่นเตรียมอัด นำขึ้นใบอ้อยที่ผสมกาวเรียบร้อยแล้ว นำไปชั่งให้ได้น้ำหนักตามคำนวณ แล้วนำขึ้นใบอ้อยมาโรยแผ่น โดยใช้แผ่นสแตนเลส 1 แผ่น วางแผ่นเทปลอนทับผิวหน้า โรยขึ้นใบอ้อยลงบนแผ่นสแตนเลส ขนาด 400 x 400 มม. เมื่อโรยใบอ้อยหมดแล้ววางแผ่นเทปลอนและแผ่นสแตนเลสทับลงบนขึ้นใบอ้อย วางแท่งเหล็กหนา 10 มม. ด้านข้างทั้ง 2 ด้านเพื่อให้แผ่นที่อัดมีความหนา 10 มม. (การวางแผ่นเทปลอนบนแผ่นสแตนเลสจะช่วยให้ผิวหน้าของขึ้นใบอ้อยกับแผ่นสแตนเลสไม่ติดกัน)

2.3 การอัดร้อน หลังจากโรยแผ่นเตรียมอัดเสร็จแล้วให้นำไปเข้าเครื่องอัดร้อนที่ตั้งค่าความหนาแน่น (750 กก./ม.³) ตั้งค่าความร้อนที่ 120°C ใช้แรงดันประมาณ 150 กก./ซม.² ใช้ระยะเวลาในการอัด 5 นาที โดยใช้เครื่องจับเวลาเมื่อถึงเวลาที่กำหนดแล้วให้ลดความดันของเครื่องแล้วจึงนำแผ่นขึ้นอัดออกจากเครื่องอัดร้อน

2.4 การปรับสถานะแผ่นขึ้นอัดเมื่ออัดด้วยเครื่องอัดร้อนแล้ว จะมีความชื้นกระจายไม่สม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งแผ่น และแผ่นยังมีความร้อนอยู่จึงต้องปล่อยให้ปรับสถานะสมดุลของแผ่นไว้ในบรรยากาศปกติเป็นระยะเวลา 7 วัน (วรรณม, 2541) แล้วจึงนำแผ่นขึ้นอัดจากใบอ้อยไปทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและคุณสมบัติทางกลสมบัติต่อไป

3. การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตได้จากสภาวะทดลองทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การดูดซึมน้ำและการพองตัวหลังแช่น้ำและการทดสอบคุณสมบัติทางกล ได้แก่ ความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่นและแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards



4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิจัยได้วางแผนการวิจัยแบบสุ่ม (completely random design) โดยกำหนดปัจจัยที่จะศึกษา 4 ทรีทเมนต์คอมบินั่น คือ ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาโอโซไซยานต 5 10 และ 15% โดยกำหนดให้แต่ละทรีทเมนต์มีจำนวนซ้ำ 3 ซ้ำ และนำผลค่าการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้ One-way analysis of variance

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

การศึกษาการผลิตแผ่นขึ้นอัด ณ ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ นั้นเป็นแผ่นขึ้นอัดชั้นเดียวที่มีความหนาแน่นระหว่าง 790 – 840 กก./ม.³ อัดในแนวราบโดยใช้เครื่องอัดรีด ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาโอโซไซยานต เป็นตัวประสาน โดยใช้แรงดันในการอัด 150 กก./ซม.² ที่อุณหภูมิในการอัด 120 - 130 องศาเซลเซียส

1. การหาสัดส่วนความเพียวของขึ้นใบอ้อย

การหาสัดส่วนความเพียวของขึ้นใบอ้อยที่ได้ผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ ซึ่งเรียงจากขนาดใหญ่ไปหาเล็ก ดังนี้

Table 6. Screen Analysis of particles from leaves of sugarcane size.

Mesh No.	Average particles dimension ^{1/}			Slenderness ratio	Amount of particle ^{2/} (%)
	(mm.)				
	width	length	thickness		
+ 5	4.41	3.50	0.28	12.72	1.50
- 5 + 12	0.41	5.71	0.21	27.84	4.33
- 12 + 20	0.32	6.88	0.21	33.42	21.53
- 20 + 40	0.31	4.07	0.13	30.61	72.48
- 40 + 60	0.24	3.86	0.08	49.44	0.12
- 60	-	-	-	-	0.04

^{1/} Each average value was measured from 100 particles.

^{2/} percentage value based on the weight of total particles.

ขึ้นใบอ้อยที่ค้างอยู่บนตะแกรง 40 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุดเท่ากับ 72.48% มีความกว้าง 0.31 มม. ยาว 4.07 มม. หนา 0.13 มม. และมีสัดส่วนความเพียวของขึ้นใบเท่ากับ 30.61



2. การหาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

Table 7. Analysis of pH and acid- alkali buffering capacity from leaves of sugarcane compared with Pararubber wood.

Type	pH Average	Acid Buffering Capacity
Leaves of sugarcane	7.13	2.10
Pararubber*	5.78	40.8

(*Oonjittichai, 2000)

ชั้นใบอ้อยจะมีค่าความเป็นด่างมากกว่าชั้นไม้ยางพาราแต่จะมีค่าการพ่นความเป็นกรดของชั้นใบอ้อยน้อยกว่าชั้นไม้ยางพารา ทั้งนี้เนื่องจากสารเคมีที่อยู่ในใบอ้อยมีอิทธิพลต่อการเป็นกรดเป็นด่างมาก

3. ผลการทดสอบแผ่นชั้นอัดจากใบอ้อย

ผลการทดสอบแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากใบอ้อย โดยกำหนดปัจจัยที่ศึกษา คือ ปัจจัยที่ 1 การใช้ชนิดและปริมาณกาวที่แตกต่างกัน ปัจจัยที่ 2 การใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกับกาวไอโซไซยานาตที่มีปริมาณแตกต่างกัน และปัจจัยที่ 3 การใช้กาวไอโซไซยานาตในปริมาณที่แตกต่างกันและสารเติมแต่ง ดังนี้

Table 8. The properties of particleboard from leaves of sugarcane.

Resin content (13%)	Properties						
	TS 24 hrs. (%)	WA (%)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	IB (MPa)	Density (kg/m ³)	MC (%)
UF 13%	23.25 a	77.47 a	16.79 a	935 a	0.09 a	638 a	4.32 a
UF+ pMDI 5%	21.74 a	153.52 b	18.82 a	1119 a	0.35 b	762 b	7.32 ab
UF+ pMDI 10%	14.12 a	121.94 c	24.50 a	1249 a	0.50 c	812 b	8.07 b
UF+ pMDI 15%	21.50 a	148.13 b	26.59 b	1419 b	0.57 c	851 b	7.99 b
JIS A 5908 - 1994 (18 type)	≤12	-	≥ 18	≥ 3000	≥ 0.3	400-900	5-13

* Same letters (a,b,c,d) in each column the non significant difference at 95 %



Table 9. Analysis of variance of properties of particleboard from leaves of sugarcane used urea formaldehyde 13% and admixture of urea formaldehyde (UF) with pMDI at 5, 10 and 15% as binder.

Properties		Sum of Squares	df	MeanSquares	F	Sig.
TS	Between Groups	150.573	3	50.191	5.268	0.27
	Within Groups	76.217	8	9.527		
	Total	226.789	11			
WA	Between Groups	10847.563	3	3615.854	193.187	0.000
	Within Groups	149.735	8	18.717		
	Total	10997.298	11			
MOR	Between Groups	192.147	3	64.049	2.581	0.126
	Within Groups	198.514	8	24.814		
	Total	390.662	11			
MOE	Between Groups	376419.06	3	125473.020	2.952	0.098
	Within Groups	340050.65	8	42506.331		
	Total	716469.71	11			
IB	Between Groups	0.413	3	0.138	74.707	0.000
	Within Groups	1.473E-02	8	1.842E-03		
	Total	0.427	11			
Density	Between Groups	77644.735	3	25881.578	11.927	0.003
	Within Groups	17360.714	8	2170.089		
	Total	95005.449	11			
MC	Between Groups	28.141	3	9.380	3.197	0.084
	Within Groups	23.472	8	2.934		
	Total	51.612	11			

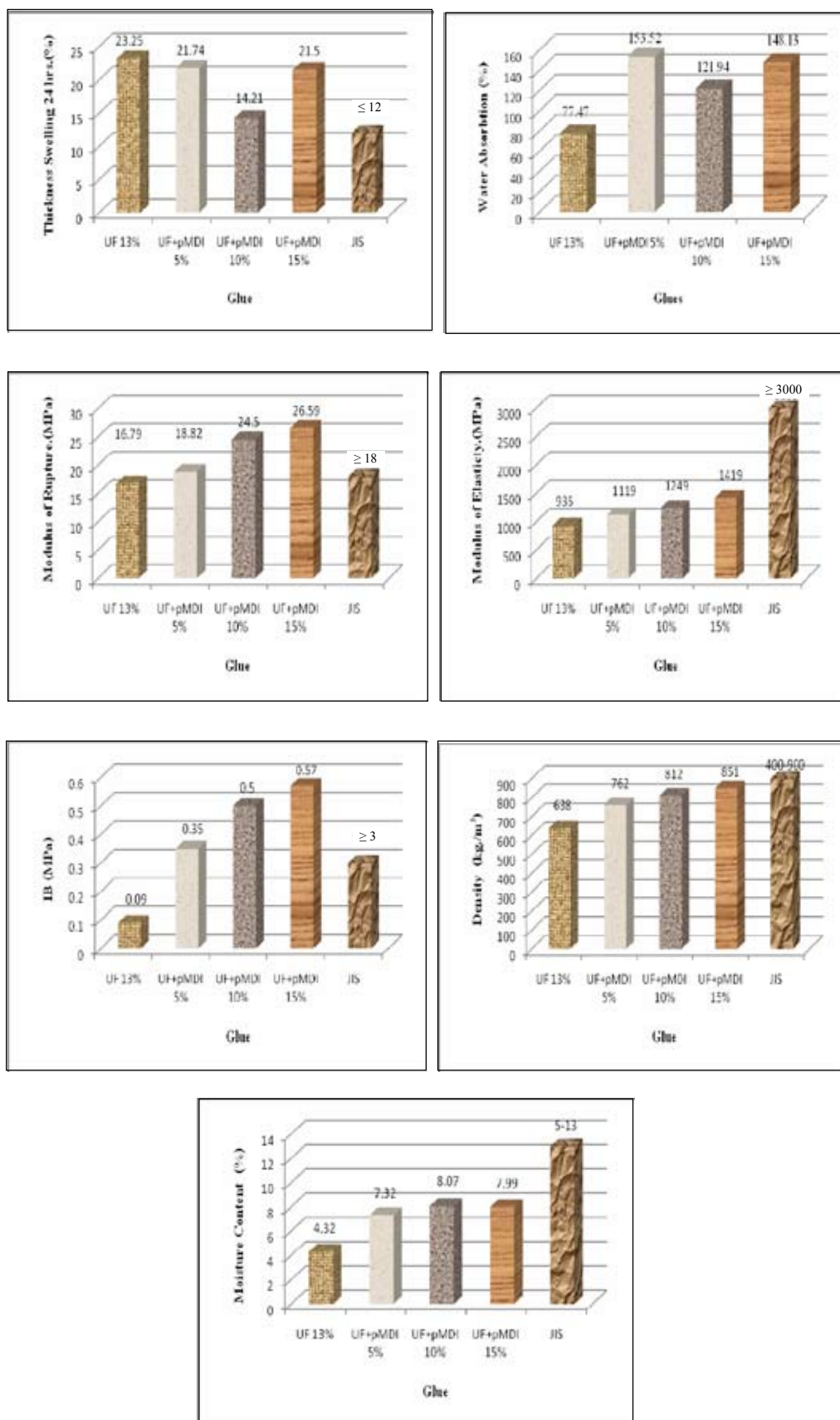


Figure 4. The properties of particleboard from leaf of sugarcane.



3.1 ค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง (TS)

การศึกษาการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากใบอ้อย โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ผสมกาวไอโซไซยานาตในระดับปริมาณกาว 5 10 และ 15% เป็นตัวประสาน พบว่า การใช้กาวไอโซไซยานาตผสมในปริมาณที่มากขึ้นจะมีผลทำให้แผ่นที่ผลิตได้มีค่าการพองตัวด้านความหนาแน่นลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าการพองตัวหลังแช่น้ำไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกแผ่น และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทุกชนิดกาวและทุกระดับปริมาณกาวที่ใช้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3.2 การดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง (WA)

การใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาต มีผลทำให้ค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากใบอ้อยสูงกว่าการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% เป็นตัวประสาน แต่เมื่อใช้ในระดับปริมาณการผสมที่สูงขึ้นพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีแนวโน้มการดูดซึมน้ำน้อยลง เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาต 5% มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาต 15% แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% และแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาต 10% เป็นตัวประสาน

3.3 ความต้านทานแรงดัด (MOR)

คุณสมบัติด้านการรับแรงของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาตในระดับปริมาณกาว 5 10 และ 15% พบว่า แผ่นที่ผลิตโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาตในระดับปริมาณกาวต่างๆ จะมีค่าความต้านทานแรงดัดดีกว่าแผ่นที่ไม่มีการผสม และจากการเปรียบเทียบระดับปริมาณการผสมกาวไอโซไซยานาตพบว่า ระดับปริมาณการผสมกาวไอโซไซยานาตจะมีผลเป็นปฏิภาคกันกับค่าความต้านทานแรงดัด คือ เมื่อใช้ระดับปริมาณการผสมกาวไอโซไซยานาตที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้ค่าความต้านทานแรงดัดสูงขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ 18.82 24.50 และ 26.59 MPa ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าความต้านทานแรงดัดสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกแผ่น ยกเว้นแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เพียงอย่างเดียว และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า มีเพียงแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาต 15% ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อบัจจัยที่กำหนด

3.4 มอดูลัสยืดหยุ่น (MOE)

แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากใบอ้อยผลิตโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาตในระดับปริมาณกาว 5 10 และ 15% ซึ่งจากการศึกษาพบว่า แผ่นที่ผลิตโดยใช้กาวที่มีการผสมกันระหว่างกาวทั้ง 2 ชนิด จะมีผลทำให้คุณสมบัติมอดูลัสยืดหยุ่นดีขึ้น และการใช้ระดับปริมาณการผสมกาวไอโซไซยานาตที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้คุณสมบัติมอดูลัสยืดหยุ่นดีขึ้นเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทุกแผ่นไม่ผ่านมาตรฐานกำหนด และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า มีเพียงแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาต 15%



ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อปัจจัยที่กำหนด

3.5 ความต้านแรงดัดงอจากกับผิวหน้า (IB)

แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากใบอ้อย โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาตในระดับปริมาณกาว 5 10 และ 15% ซึ่งจากการศึกษาพบว่า แผ่นที่ผลิตโดยใช้กาวที่มีการผสมกันระหว่างกาวทั้ง 2 ชนิด จะมีผลทำให้ความต้านทานแรงดัดงอจากกับผิวหน้าดีขึ้น และการใช้ระดับปริมาณการผสมกาวไอโซไซยานาตที่สูงขึ้นมีผลทำให้ความต้านทานแรงดัดงอจากกับผิวหน้าสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาตในระดับปริมาณกาว 5 10 และ 15% มีค่าสูงกว่ามาตรฐานกำหนด และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาต 10% มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาต 15% แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% และแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาต 5% เป็นตัวประสาน

3.6 ความหนาแน่น (Density)

แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาตพบว่า มีค่าความหนาแน่นสูงกว่าแผ่นที่ผลิตโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% เป็นตัวประสาน และมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า มีเพียงแผ่นที่ผลิตโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% เป็นตัวประสานที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อปัจจัยที่กำหนด

3.7 ความชื้น (MC)

แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาตในระดับปริมาณการผสมกาวไอโซไซยานาต 5 10 และ 15% มีค่าความชื้นสูงกว่าแผ่นที่ผลิตโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards แผ่นที่ผลิตโดยใช้การผสมกันระหว่างกาว 2 ชนิด มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ส่วนแผ่นที่ผลิตโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% เป็นตัวประสานไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นที่ผลิตโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาต 5% แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกาวไอโซไซยานาต 10 และ 15%



สรุปผล

ผลการวิเคราะห์ขนาดชิ้นใบอ้อยที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดพบว่า ชิ้นใบอ้อยที่ค้ำงอยู่บนตะแกรง 40 เมช จะมีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด คือ 72.48% มีขนาดความยาวเท่ากับ 4.07 มม. ความกว้างเท่ากับ 0.31 มม. ความหนาเท่ากับ 0.13 มม. และมีสัดส่วนความเพริยเท่ากับ 30.61 เมื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และค่าการฟ่อนความเป็นกรดพบว่า ชิ้นใบอ้อยมีค่าความเป็นด่างสูงกว่าชิ้นไม้ยางพารา แต่มีค่าการฟ่อนความเป็นกรดต่ำกว่าชิ้นไม้ยางพารา

ผลการศึกษาคุณสมบัติของแผ่นพบว่า การใช้กากที่มีการผสมกันระหว่างกากยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และกากไอโซไซยานาตจะมีผลทำให้ค่าคุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีกว่าการใช้กากยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% เพียงอย่างเดียว และการใช้ระดับปริมาณการผสมกากไอโซไซยานาตที่สูงขึ้นมีผลทำให้คุณสมบัติของแผ่นดีขึ้น ทั้งนี้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กากยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกากไอโซไซยานาต 15% เป็นตัวประสาน จะมีค่าคุณสมบัติของแผ่นดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards พบว่า มีค่าความต้านทานแรงดัดและค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่ามาตรฐานกำหนด ค่าความหนาแน่นและความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อปัจจัยที่กำหนด

ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากใบอ้อย ควรใช้กากยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ผสมกากไอโซไซยานาต 5% เป็นตัวประสาน เนื่องจากใช้ระดับปริมาณกากไอโซไซยานาตที่น้อย แต่แผ่นที่ผลิตได้มีคุณสมบัติต้านทานแรงดัดและค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่ามาตรฐานกำหนด ค่าความหนาแน่นและความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด เช่นเดียวกับที่ระดับปริมาณการผสมกากไอโซไซยานาต 10 และ 15%



Figure 5. Furniture from leaves of sugarcane.



ข้อเสนอแนะ

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการอัดแผ่นควรมีความชื้นที่เหมาะสม เนื่องจากถ้าวัตถุดิบมีความชื้นสูงเกินไป จะทำให้แผ่นที่ผลิตได้เกิดการบวมของแผ่น แผ่นมีคุณภาพไม่ดี
2. ขนาดของชิ้นวัตถุดิบมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของแผ่น ชิ้นวัตถุดิบที่เหมาะสมทำให้กากกับชิ้นวัตถุดิบเข้ากันได้ดี มีผลทำให้คุณสมบัติของแผ่นดีขึ้น
3. การโรยชิ้นวัตถุดิบที่ผสมกาวเรียบร้อยแล้วในขั้นตอนการฟอร์มแผ่นก่อนอัดรีด ควรรอยชิ้นวัตถุดิบให้สม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น จะได้แผ่นที่มีคุณภาพดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโสสังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ และของสำนักงานวิจัยและพัฒนการป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- วรรณม อุ่นจิตติชัย. 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล (แผ่นชิ้นไม้อัด) และกรรมวิธีผลิต. เอกสารวิชาการ เลขที่ ร. 514. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 202 หน้า.
- วรรณม อุ่นจิตติชัย. 2543. แผ่นปาร์ติเกิลจากเศษไม้คละชนิดเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม. รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ 2541 – 2542. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. หน้า 91.
- วรรณม อุ่นจิตติชัย. 2545. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการใช้กากกับงานไม้. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2547. สถิติการค้าสินค้าเกษตรกรรมไทยกับต่างประเทศปี 2547. เอกสารสถิติ การเกษตรเลขที่ 403. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์. กรุงเทพมหานคร. หน้า 376-378.
- Japanese Industrial Standard, Japanese Standards Association. 1994. JIS A 5908 Standard Specification for Particleboards. Hohbunsha Publ. Co. Inc. Tokyo. 24 p.



การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร : ชานอ้อย เส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกข้าวโพด และซังข้าวโพด ¹

PRODUCTION OF PARTICLEBOARDS FROM AGRICULTURAL WASTE :
BAGASSE, FIBER OF COSTUSROOT PALM , BARK OF CORN AND CORNCOB

กิตติศักดิ์ บัวศรี

(Kittisuk Poursree)²

วรธรรม อุ่นจิตติชัย

(Woratham Oonjittichai) ²

วริญญา โลมรัตน์

(Warinya Lomarar) ³

บทคัดย่อ

การทดลองผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากเศษเหลือใช้ทางการเกษตร : ชานอ้อย เส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกข้าวโพดและซังข้าวโพด ที่ระดับความหนาแน่นของแผ่น 700 กก./ม.³ โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ระดับปริมาณกาวแห้งต่อน้ำหนักแห้งของชิ้นไม้ที่แตกต่างกัน คือ 9 และ 12% เป็นตัวประสาน แล้วศึกษาเปรียบเทียบ คุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติของแผ่นตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards

จากการวิเคราะห์ขนาดของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรปรากฏว่า เศษเหลือใช้ทางการเกษตรทั้ง 4 ชนิด เศษชิ้นไม้ส่วนใหญ่ค้างอยู่บนตะแกรง 20 และ 40 เมช และมีสัดส่วนความเพียวดังนี้ 1. ชานอ้อยมีสัดส่วนความเพียวอยู่ระหว่าง 53.05 - 110.22 2. เส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันมีสัดส่วนความเพียวอยู่ระหว่าง 36.25 - 124.02 3. เปลือกข้าวโพดมีสัดส่วนความเพียวอยู่ระหว่าง 57.67 - 112.75 4. ซังข้าวโพดมีสัดส่วนความเพียวอยู่ระหว่าง 1.92 - 216.60 เมื่อวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนความเป็นกรดของชิ้นวัสดุ ปรากฏว่า ชานอ้อยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (6.59) และการฟ่อนความเป็นกรดของไม้ (46.77) สูงที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ยางพาราปรากฏว่า มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าการฟ่อนความเป็นกรดของไม้สูงกว่าไม้ยางพารา เมื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติของแผ่นปรากฏว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตจากชานอ้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันและผสมเปลือกข้าวโพด ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ปริมาณกาว 12% มีคุณสมบัติทั้งทางกายสมบัติและกลสมบัติโดยรวมดีที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 - 1994 : Particleboards ปรากฏว่า มีค่าความต้านทานแรงคดและค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่ามาตรฐานกำหนด มีค่าความหนาแน่นและความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ อิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดวัสดุและปริมาณกาวที่ใช้ในการผลิตแผ่นปรากฏว่า ชนิดวัสดุและปริมาณกาวมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติการพองตัวหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง การดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 2 และ 24 ชั่วโมง และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

คำหลัก: ปาร์ติเกิลบอร์ด แผ่นซินอัด วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ชานอ้อย เส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกข้าวโพด ซังข้าวโพด กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

1 โครงการบูรณาการร่วมระหว่างงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และวิทยาลัยสารพัดช่างกาญจนบุรี

2 วิทยาลัยสารพัดช่างกาญจนบุรี

3 งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้



ABSTRACT

The study on particleboards made of agricultural waste 4 kinds namely bagasse, fiber of costusroot palm, bark of corn and corncob with urea formaldehyde 9% and 12%. The properties were tested by JIS A 5908-1994: Particleboards.

Screen Analysis of agricultural waste 4 kinds had most particles on 20 and 40 mesh. The particle of bagasse had slender ratio between 53.05- 110.22, fiber of costusroot palm had slender ratio between 36.25- 124.02, bark of corn had slender ratio between 57.67-112.75 and corncob had slender ratio between 1.92- 216.60. Bagasse had highest pH (6.59) and acid buffering capacity (46.77), when compare with Pararuber wood is higher pH and acid buffering capacity of them. When test property of particleboard from agricultural waste 4 kinds that bagasse mix fiber of costusroot palm and mix bark of corn with urea formaldehyde 12% had the best property. It had modulus of rupture, internal bond, density and moisture content pass the standard of board JIS A 5908-1994 : Particleboard.

Analysis of variance from statistics influence result accompanies with between kind of particle and glue quantity that use in production. It had quantity are influential of thickness swelling 2 hrs., water absorption 2 and 24 hrs. and internal bond different to significant 0.05.

Keywords : Particleboard, Agriculture Waste, Bagasse, Fiber of Costusroot Palm, Bark of Corn, Corncob, Urea formaldehyde

คำนำ

ในปัจจุบันป่าไม้ในประเทศไทยมีจำนวนลดลง แต่ความต้องการในการใช้ไม้กลับมีมากขึ้น เพื่อสนองต่อความต้องการ จึงมีการผลิตแผ่นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ขึ้น โดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ได้แก่ แผ่นเอ็มดีเอฟ แผ่นใยไม้อัด แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด เป็นวัสดุทดแทนไม้ซึ่งมีคุณสมบัติทัดเทียมกับไม้จริง

ประเทศไทยมีการปลูกอ้อย ปาล์มน้ำมันและข้าวโพดเป็นจำนวนมาก อ้อยให้ผลผลิตทางการเกษตรคือน้ำตาล เมื่อนำอ้อยไปหีบในโรงงานแล้วจะเหลือขานอ้อยเป็นจำนวนมาก เช่นเดียวกับปาล์มน้ำมันเมื่อนำไปหีบน้ำมันออกก็เหลือกะลาปาล์มน้ำมัน ข้าวโพดเมื่อนำไปส่งโรงงาน หรือนำไปบริโภค ส่วนเปลือกข้าวโพดและซังข้าวโพดก็ถูกทิ้ง สิ่งเหล่านี้ถ้าไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นก็จะกลายเป็นขยะ หรือถ้าถูกเผาก็จะเกิดมลพิษ โดยวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดได้



งานวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้ขานอ้อย เส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกข้าวโพดและซังข้าวโพดในอัตราส่วนผสมต่างๆ และที่ระดับปริมาณกาวที่แตกต่างกัน แล้วนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์กำหนดของมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards

วิธีการศึกษา

ใช้ตัวอย่างของขานอ้อย เส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกข้าวโพดและซังข้าวโพด มาผสมกันในอัตราส่วนต่างๆ และที่ระดับปริมาณกาวที่แตกต่างกันมาแปรรูปผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด โดยใช้กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ ที่ระดับปริมาณกาว 9 และ 12% เป็นตัวประสาน และผสมพาราฟินอิมัลชันในปริมาณ 1% แล้วนำแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ได้มาเปรียบเทียบค่าทางกายสมบัติและทางกลสมบัติโดยใช้มาตรฐาน JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD Particleboards, JIS A 5908-1994 : Particleboards โดยกำหนดแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดให้มีความหนาแน่นระดับ 700 กก./ม.³

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดได้ดำเนินงาน ที่ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

อุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่องย่อยชิ้นไม้ (Hammer mill)
2. เครื่องอัดร้อน (Hot – press)
3. เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง (Screening Machine)
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Electric Balance)
5. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ (Universal Testing Machine)

ขั้นตอนการศึกษา

1. การเตรียมวัสดุและกาวติดไม้

1.1 การเตรียมวัสดุในการศึกษา

ใช้วัสดุจากขานอ้อย เส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกข้าวโพดและซังข้าวโพด ซึ่งต้องนำมาผ่านขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้ได้ชิ้นวัสดุที่พร้อมจะนำไปใช้ในกระบวนการอัดแผ่น โดยสรุปเป็นขั้นตอนต่างๆ ในการเตรียมวัสดุได้ดังนี้

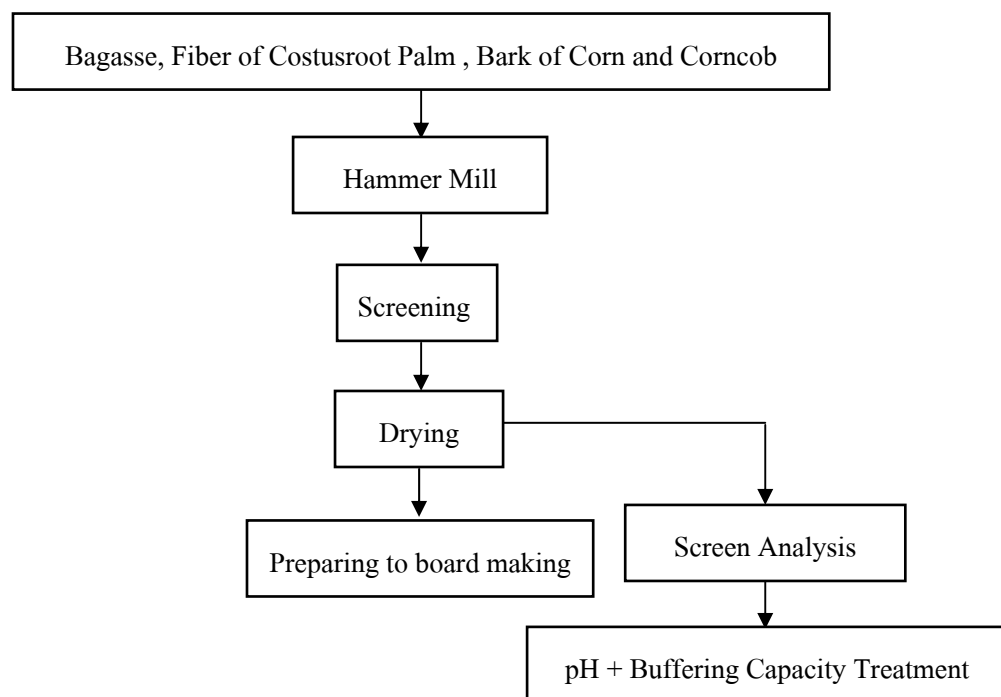


Figure 1. Material preparation from agricultural waste before board making

1.2 การเตรียมกาวในการศึกษาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดได้กำหนดระดับปริมาณกาวแห้งต่อน้ำหนักแห้งของชิ้นวัสดุอยู่ที่ 9 และ 12% กาวที่ใช้ในการอัดแผ่น คือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde)

1.3 สารเร่งแข็ง (Hardener) เป็นตัวช่วยเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาแข็งตัวของกาวให้เร็วขึ้น ลดระยะเวลาการอัดร้อนให้สั้นลง (วรรณม, 2545) สารเร่งแข็งที่ใช้ในการผสมครั้งนี้ใช้สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) ซึ่งในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดนี้ มีการผสมสารเร่งแข็งลงในการผสมกาว ในระดับความเข้มข้น 2% ของน้ำหนักของสารเร่งแข็งต่อน้ำหนักของกาวแห้ง

1.4 การตรวจสอบหาคุณลักษณะของสารผสมระหว่างกาวและสารเติมแต่ง พิจารณาคุณลักษณะของสารผสมระหว่างกาวและสารเติมแต่งโดยทำการศึกษาคูสมบัติของกาวผสม ดังนี้

1.4.1 Non – volatile content (%)

1.4.2 ความเป็นกรดเป็นด่าง

1.4.3 ความถ่วงจำเพาะ

1.4.4 ความหนืด

1.4.5 Gel time

1.5 การวิเคราะห์ขนาดของชิ้นไม้

นำชิ้นวัสดุร่อนผ่านตะแกรง 5 12 20 40 60 80 และ 100 เมช แล้วนำชิ้นไม้ที่ร่อนได้ในแต่ละเมชชั่งน้ำหนักและวัดขนาดของชิ้นไม้ จำนวน 100 ตัวอย่าง

1.6 การทดสอบค่าความเป็นกรดและการพ่อนความเป็นกรดของไม้

การหาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยนำชิ้นวัสดุและเส้นใยที่ค้างอยู่บนตะแกรง 40 เมช แช่และกวนน้ำกลั่น 30 นาที จากนั้นกรองให้ได้สารละลายจำนวน 150 มิลลิลิตร แล้วนำสารละลายที่ได้ไปหาค่า pH



โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ ส่วนความสามารถในการฟ่อนค่าความเป็นกรด (Acid Buffering Capacity) โดยนำสารละลายที่ได้จากการกรองไปไตเตรตด้วยสารละลายซัลฟูริกเข้มข้น 0.01 N จนสารละลายมีค่า pH เท่ากับ 3.50 จดปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ไปคำนวณหาค่าการฟ่อนค่าความเป็นกรดของไม้ (วรรณม, 2547)

2. วิธีการผสมและผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากขานอ้อย เส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกข้าวโพด และ ชังข้าวโพด

2.1 ในการผสมกากกับชิ้นวัสดุ ผสมเนื้อกากและสารเร่งแข็งได้ตามสัดส่วนที่กำหนด แล้วนำกากเทใส่กระบอกลบอัดขานอ้อย ชิ้นวัสดุให้ได้น้ำหนักตามที่คำนวณไปเทใส่เครื่องผสมกากกับชิ้นวัสดุ แล้วทำการสเปรย์กากไปบนชิ้นวัสดุในเครื่อง

2.2 การโรยแผ่นเตรียมอัด นำชิ้นวัสดุที่ผสมกากเรียบร้อยแล้วนำไปขังให้ได้น้ำหนักตามที่คำนวณ นำชิ้นวัสดุมาโรยแผ่นลงบนแผ่นสแตนเลส ขนาด 400 x 400 มม. เมื่อโรยชิ้นวัสดุหมดแล้ววางแผ่นสแตนเลสทับบนชิ้นวัสดุ วางแท่งเหล็กหนา (Stopper) 10 มม. ด้านข้างทั้ง 2 ด้าน

2.3 การอัดร้อน หลังจากโรยแผ่นเตรียมอัดเสร็จแล้วให้นำไปเข้าเครื่องอัดร้อน โดยใช้แรงดันประมาณ 150 กก./ซม.² ใช้ระยะเวลาในการอัด 5 นาที แล้วจึงนำแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดออกจากเครื่องอัดร้อน

2.4 การปรับความชื้นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด เมื่ออัดด้วยเครื่องอัดร้อนแล้วจะมีความชื้นกระจายอยู่ไม่สม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งแผ่น ต้องนำไปปรับความชื้นเป็นระยะเวลานาน 7 วัน (วรรณม, 2541) แล้วจึงนำชิ้นอัดไปทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติ

ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีการกำหนดสถานะในการผลิตแผ่นและขั้นตอนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลมีดังนี้

1. วัสดุที่ใช้ในการอัดแผ่น
 - 1.1 ขานอ้อย
 - 1.2 เส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน
 - 1.3 เปลือกข้าวโพด
 - 1.4 ชังข้าวโพด
2. อัตราส่วนที่ใช้ในการผลิตแผ่น
 - 2.1 ขานอ้อย 50% และเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน 50%
 - 2.2 ขานอ้อย 50% เส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน 25% และเปลือกข้าวโพด 25%
 - 2.3 ขานอ้อย 50% เส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน 25% และชังข้าวโพด 25%
 - 2.4 ขานอ้อย 25% เส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน 25% เปลือกข้าวโพด 25% และชังข้าวโพด 25%
3. สถานะในการอัดแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

ความหนาแน่นกำหนด	700	กก./ลบ.ม.
ความหนาของแผ่น	10	มม.
ขนาดของแผ่น	400 x 400 x 10	มม.

ปริมาณกาว*	9 และ 12	%
ปริมาณสารเร่งแข็ง (Hd.)**	2	%
พาราฟินอิมัลชัน	1	%
อุณหภูมิในการอัด	120	⁰ ซ.
แรงดันในการอัด	150	กก./ซม. ²
ระยะเวลาในการอัด	5	นาที

หมายเหตุ * เทียบเป็นน้ำหนักกาวแห้งต่อน้ำหนักแห้งของชิ้นวัสดุ ซึ่งการทดสอบในครั้งนี้จะใช้ปริมาณที่ 9 และ 12%

** เทียบเป็นน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักของกาวแห้ง

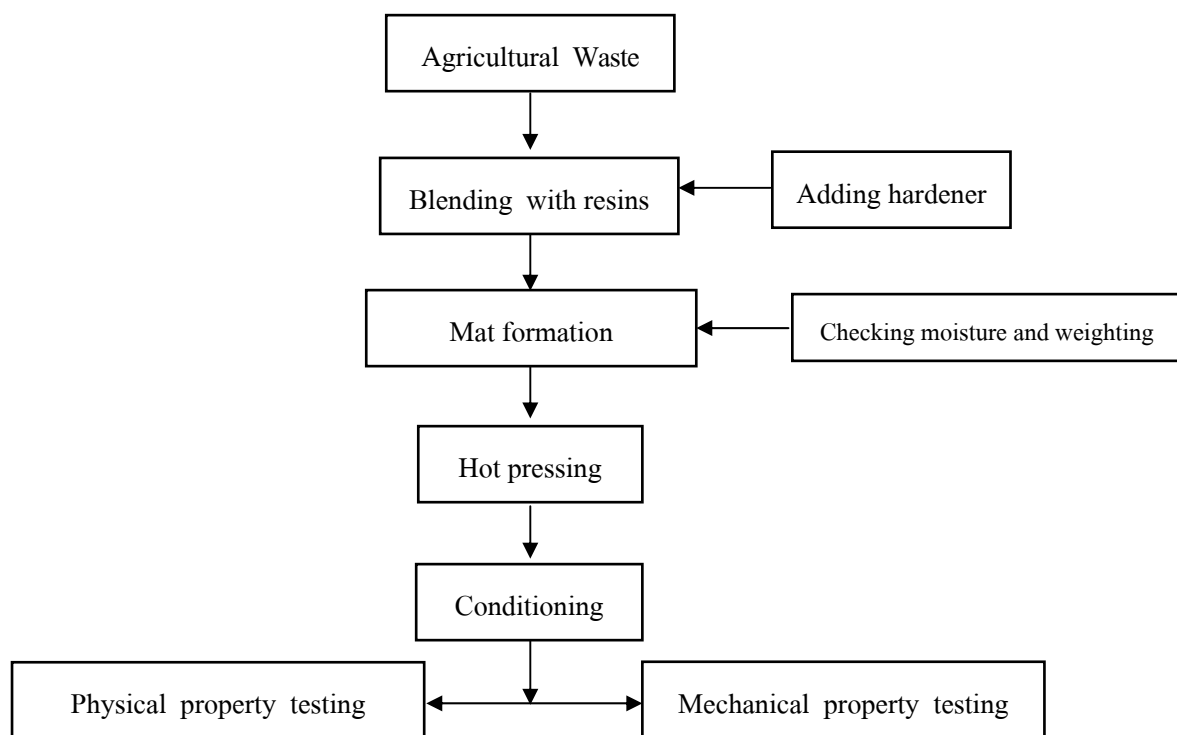


Figure 2. Production of particleboard from agricultural waste.



Figure 3. Quality of agricultural waste. (bagasse, fiber of costusroot palm , bark of corn and corncob)



3. การทดสอบคุณสมบัติแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตได้จากสภาวะทดลองทางกายสมบัติและกลสมบัติ

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การดูดซึมน้ำและการพองตัวหลังแช่น้ำ และการทดสอบคุณสมบัติทางกล ได้แก่ ความต้านทานแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่นและแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards



Figure 4. Sample particleboard form agricultural waste .(bagasse, fiber of costusroot palm , bark of Corn and corncob)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิจัยได้วางแผนการวิจัยแบบสุ่ม (completely random design) โดยกำหนดปัจจัยที่จะศึกษา 8 ทริทเมนต์ คือ ชานอ้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน ไข่กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 9 และ 12% ชานอ้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันและเปลือกข้าวโพด ชานอ้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันและซังข้าวโพด ไข่กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 9 และ 12% ชานอ้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันเปลือกข้าวโพดและซังข้าวโพด ไข่กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 9 และ 12% และกำหนดให้แต่ละทริทเมนต์มีจำนวนซ้ำ 6 ซ้ำ แล้วนำผลค่าการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้ One-way analysis of variance



ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. การวิเคราะห์ขนาดของขานอ้อย เส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกข้าวโพดและขังข้าวโพด

Table 1. Screen Analysis of particles from bagasse.

Mesh No.	Average mesh aperture (mm.)	Average Particle dimension ^{1/}			Slenderness ratio	Amount of particle ^{2/} (%)
		Length (mm.)	Thickness (mm.)	Width (mm.)		
+ 5	4.000	-	-	-	-	0.00
- 5+12	2.840	10.80	0.19	0.50	53.05	0.32
- 12+20	1.275	12.02	0.20	0.44	60.10	45.85
-20 +40	0.638	10.00	0.15	0.33	66.67	45.75
- 40+60	0.337	9.92	0.09	0.18	110.22	6.53
-60	0.250	-	-	-	-	1.03

^{1/} Each average value was measured from 100 particles.

^{2/} Percentage value based on the weight of total particles.

การวิเคราะห์ขนาดขานอ้อยที่ใช้ผลิตแผ่นชั้นอัดพบว่า มีขนาดของชั้นกว้างเฉลี่ย 0.44 มม. ความยาวเฉลี่ย 12.02 มม. และความหนาเฉลี่ย 0.20 มม. มีปริมาณมากที่สุดถึง 45.85% และมีสัดส่วนความเพียว 60.10 เท่า

Table 2. Screen Analysis from fiber of costusroot palm.

Mesh No.	Average mesh aperture (mm.)	Average Fiber dimension ^{1/}			Slenderness ratio	Amount of fiber ^{2/} (%)
		Length (mm.)	Thickness (mm.)	Width (mm.)		
+ 5	4.000	-	-	-	-	0.00
- 5+12	2.840	10.93	0.29	1.29	37.99	1.54
- 12+20	1.275	11.85	0.15	0.57	79.03	22.77
-20 +40	0.638	10.58	0.12	0.28	85.28	45.00
- 40+60	0.337	7.50	0.06	0.12	124.02	21.62
- 60	0.250	3.99	0.11	0.14	36.25	8.39

^{1/} Each average value was measured from 100 fibers.

^{2/} Percentage value based on the weight of total fibers.



การวิเคราะห์ห้านาดเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันที่ใช้ผลิตแผ่นขึ้นอัดพบว่า มีขนาดของเส้นใยกว้างเฉลี่ย 0.28 มม. ความยาวเฉลี่ย 10.58 มม. และความหนาเฉลี่ย 0.12 มม. มีปริมาณมากที่สุดถึง 45.00 % และมีสัดส่วนความเพียว 85.28 เท่า

Table 3. Screen Analysis of particles from bark of corn.

Mesh No.	Average mesh aperture (mm.)	Average Particle dimension ^{1/}			Slenderness ratio	Amount of particle ^{2/} (%)
		Length (mm.)	Thickness (mm.)	Width (mm.)		
+ 5	4.000	-	-	-	-	0.00
- 5+12	2.840	7.46	0.10	0.90	74.60	0.09
- 12+20	1.275	10.38	0.18	0.54	57.67	18.04
-20 +40	0.638	13.53	0.12	0.44	112.75	59.58
- 40+60	0.337	-	-	-	-	17.63
- 60	0.250	-	-	-	-	4.73

^{1/} Each average value was measured from 100 particles.

^{2/} Percentage value based on the weight of total particles.

การวิเคราะห์ห้านาดขึ้นเปลือกข้าวโพดที่ใช้ผลิตแผ่นขึ้นอัดพบว่า มีขนาดความกว้างเฉลี่ย 0.44 มม. ความยาวเฉลี่ย 13.53 มม. และความหนาเฉลี่ย 0.12 มม. มีปริมาณมากที่สุดถึง 59.58% และมีสัดส่วนความเพียว 112.75 เท่า

Table 4. Screen Analysis of particles from corncob.

Mesh No.	Average mesh aperture (mm.)	Average Particle dimension ^{1/}			Slenderness ratio	Amount of particle ^{2/} (%)
		Length (mm.)	Thickness (mm.)	Width (mm.)		
+ 5	4.000	5.77	3.01	4.36	1.92	2.32
- 5+12	2.840	4.79	2.50	3.15	1.92	73.50
- 12+20	1.275	5.51	0.14	0.85	39.36	21.16
-20 +40	0.638	9.30	0.07	0.31	132.86	0.47
- 40+60	0.337	10.83	0.05	0.08	216.60	0.15
- 60	0.250	-	-	-	-	0.09

^{1/} Each average value was measured from 100 particles.

^{2/} Percentage value based on the weight of total particles.

การวิเคราะห์ขนาดชั้นขี้ข้าวโพดที่ใช้ผลิตแผ่นจีนอัดพบว่า มีขนาดความกว้างเฉลี่ย 3.15 มม. ความยาวเฉลี่ย 4.79 มม. และความหนาเฉลี่ย 2.50 มม. มีปริมาณมากที่สุดถึง 73.50% และมีสัดส่วนความเพียว 1.92 เท่า

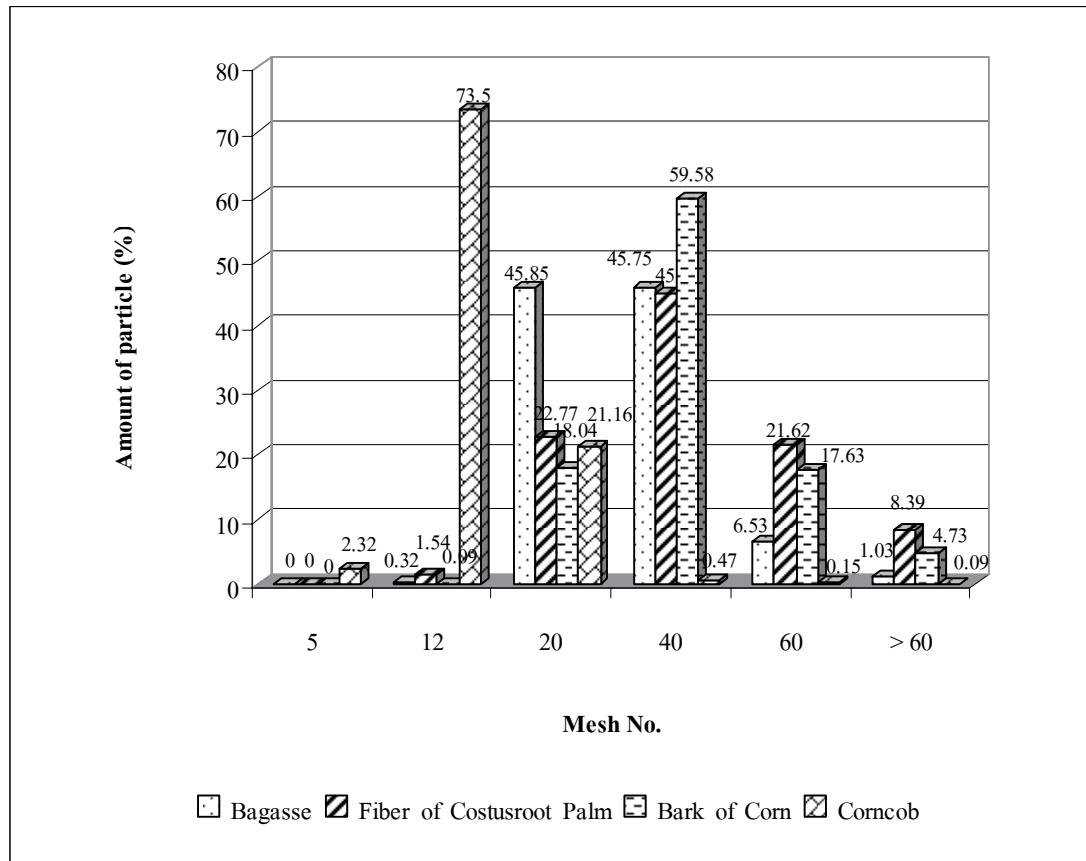


Figure 4. Amount of particles form bagasse, fiber of costusroot palm , bark of corn and corncob.

จากการวิเคราะห์ขนาดชั้นวัสดุจากเศษเหลือใช้ทางการเกษตร : ชานอ้อย เส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกข้าวโพดและขี้ข้าวโพดพบว่า เศษชั้นวัสดุทั้ง 4 ชนิด จะมีชั้นวัสดุส่วนใหญ่คั่งอยู่บนตะแกรง 20 เมช และ 40 เมช



2. ความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนค่าความเป็นกรดของชิ้นวัสดุ ชานอ้อย เส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกข้าวโพดและซังข้าวโพด

Table 5. The analysis of pH and acid buffering capacity of bagasse, fiber of costusroot palm , bark of corn , corncob and Rubberwood.

Type of Material	pH Average	Acid Buffering Capacity, Milliequivalent (x 10 ⁻²)
Bagasse	6.59	46.77
Fiber of costusroot Palm	5.79	24.89
Bark of Corn	5.61	44.09
Corncob	5.72	38.19
Rubberwood*	5.78	40.80

(* Oonjittichai , 2000)

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนค่าความเป็นกรดของเศษวัสดุ มีผลการศึกษาดังนี้

1. ชานอ้อยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนค่าความเป็นกรดเฉลี่ย 6.59 และ 46.77 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าไม้ยางพารา โดยไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.78 และ 40.80

2. เส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย 5.79 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงไม้ยางพารา แต่การฟ่อนค่าความเป็นกรดมีค่าเฉลี่ย 24.89 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าไม้ยางพารา

3. เปลือกข้าวโพด มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย 5.61 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าไม้ยางพารา แต่การฟ่อนค่าความเป็นกรดมีค่าเฉลี่ย 44.09 ซึ่งมีค่ามากกว่าไม้ยางพารา

4. ซังข้าวโพด มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนค่าความเป็นกรดเฉลี่ย 5.72 และ 38.19 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าไม้ยางพารา

5. ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของชานอ้อยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองมาคือเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน ซังข้าวโพดและเปลือกข้าวโพด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.59 5.79 5.72 และ 5.61 ตามลำดับ ส่วนค่าการฟ่อนค่าความเป็นกรดของชานอ้อยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองมาคือเปลือกข้าวโพด ซังข้าวโพดและเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 46.77 44.09 38.19 และ 24.89 ตามลำดับ

6. การตรวจสอบหาคุณลักษณะของสารผสมระหว่างกากและสารเติมแต่ง พิจารณาคุณลักษณะของสารผสมระหว่างกากและสารเติมแต่งนี้ โดยทำการศึกษาคุณสมบัติของกากผสม ดังนี้



Table 6. The properties of Urea Formaldehyde Resin.

Properties	Urea Formaldehyde
pH	9.02
Viscosity centipoises	130.00
Non - volatile content (%)	47.99
Gel time (min : sec) at 100 °C (mix with ammonium chloride 2% base on dry resin)	39.00
Specific Gravity (at 31 °C)	1.182

Gel time was occurred more than 3 hours without adding hardener.

กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีคุณสมบัติความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยเท่ากับ 9.02 ค่าเฉลี่ยความหนืด 130 centipoises ค่าเฉลี่ย Non-volatile content 47.99% ค่าเฉลี่ย Gel time 39 วินาที และค่าเฉลี่ยความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส เท่ากับ 1.182

3. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติ

3.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

3.1.1 การพองตัวหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง (Thickness Swelling 2 hrs.)

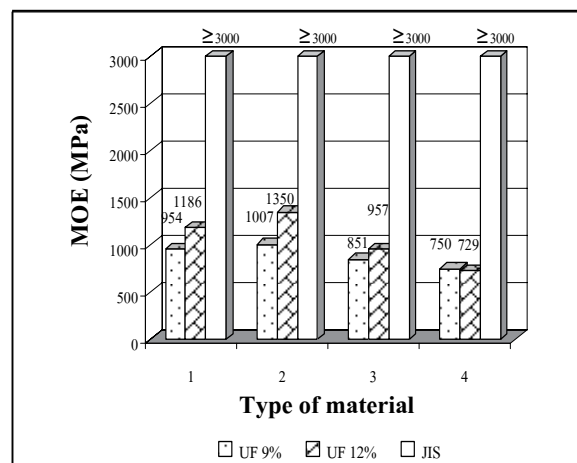
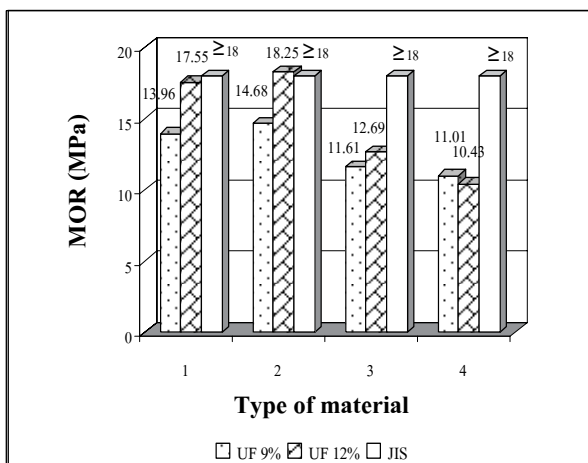
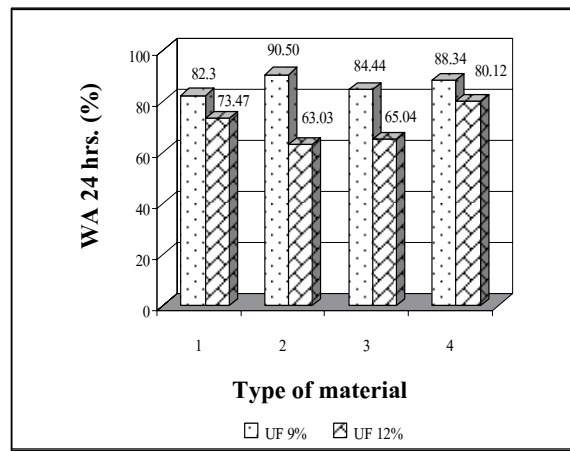
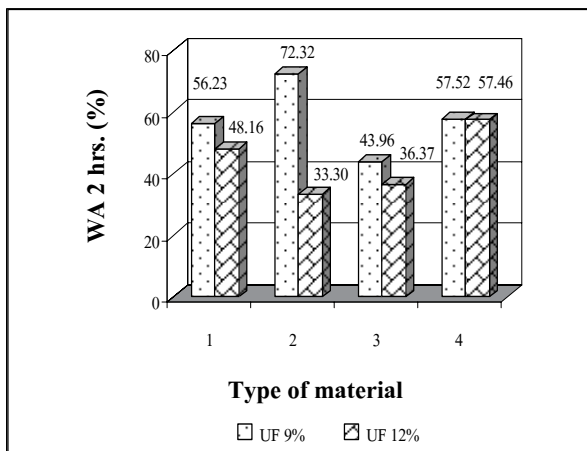
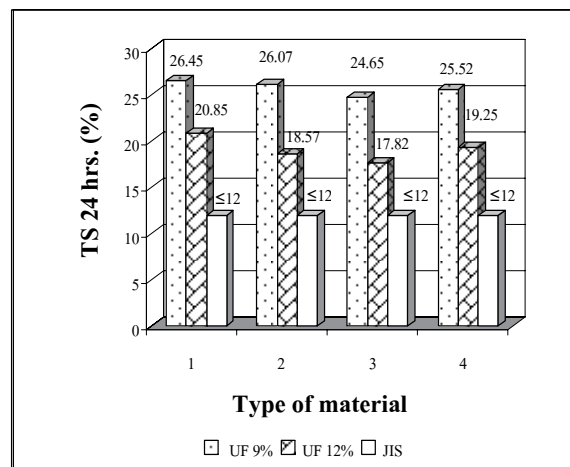
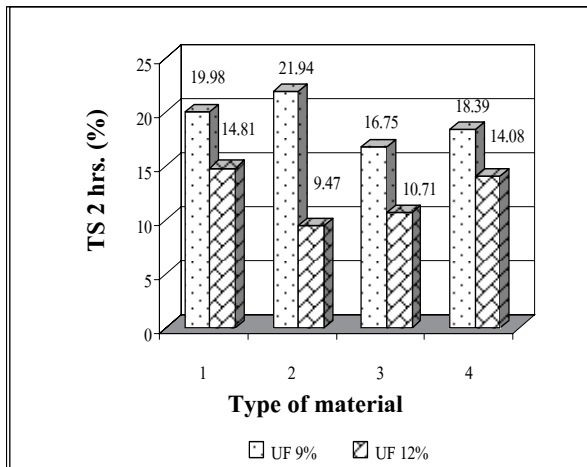
จากการศึกษาการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจาก 1. ชานอ้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมัน 2. ชานอ้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันและผสมเปลือกข้าวโพด 3. ชานอ้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันและผสมขังข้าวโพด 4. ชานอ้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันผสมเปลือกข้าวโพดและผสมขังข้าวโพด ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ปริมาณกาวยูเรีย 9 และ 12 % เป็นตัวประสาน ปรากฏว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากชานอ้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันและผสมเปลือกข้าวโพด ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณกาวยูเรีย 12 % เป็นตัวประสาน มีค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง น้อยที่สุด เท่ากับ 9.47%



Table 7. The result properties of bagasse, fiber of costusroot palm , bark of corn and corncob using formaldehyde (UF) 9% , 12% hardener 2% and paraffin emulsions 1% as binder, temperature 120 °c , pressure 150 kg/cm² compared with JIS A 5908-1994 : Particleboards.

Type of material	UF (%)	TS (%)		WA (%)		MOR (MPa)	MOE (MPa)	IB (MPa)	Density (kg/m ³)	Moisture Content (%)
		2 hrs.	24 hrs.	2 hrs.	24 hrs.					
1 Bagasse mixed fiber of costusroot palm	9%	19.98	26.45	56.23	82.30	13.96	954	0.39	701.42	10.05
	12%	14.81	20.85	48.16	73.47	17.55	1186	0.37	691.14	9.18
2 Bagasse mixed fiber of costusroot palm and Bark of corn	9%	21.94	26.07	72.32	90.50	14.68	1007	0.31	717.98	10.59
	12%	9.47	18.57	33.30	63.03	18.25	1350	0.50	654.99	9.59
3 Bagasse mixed fiber of costusroot palm and Corncob	9%	16.75	24.65	43.96	84.44	11.61	851	0.42	688.49	10.05
	12%	10.71	17.82	36.37	65.04	12.69	957	0.52	673.48	9.57
4 Bagasse mixed fiber of costusroot palm , Bark of corn and Corncob	9%	18.39	25.52	57.52	88.34	11.01	750	0.32	716.67	10.40
	12%	14.08	19.25	57.46	80.12	10.43	729	0.36	718.06	9.03
JIS A 5908-1994 : Partichboardo		-	≤12	-	-	≥18	≥3000	≥0.3	400 - 900	5-13

Note : TS = Thickness Swelling , WA = Water Absorption , MOR = Modulus Of Rupture , MOE = Modulus Of Elasticity, IB = Internal Bond



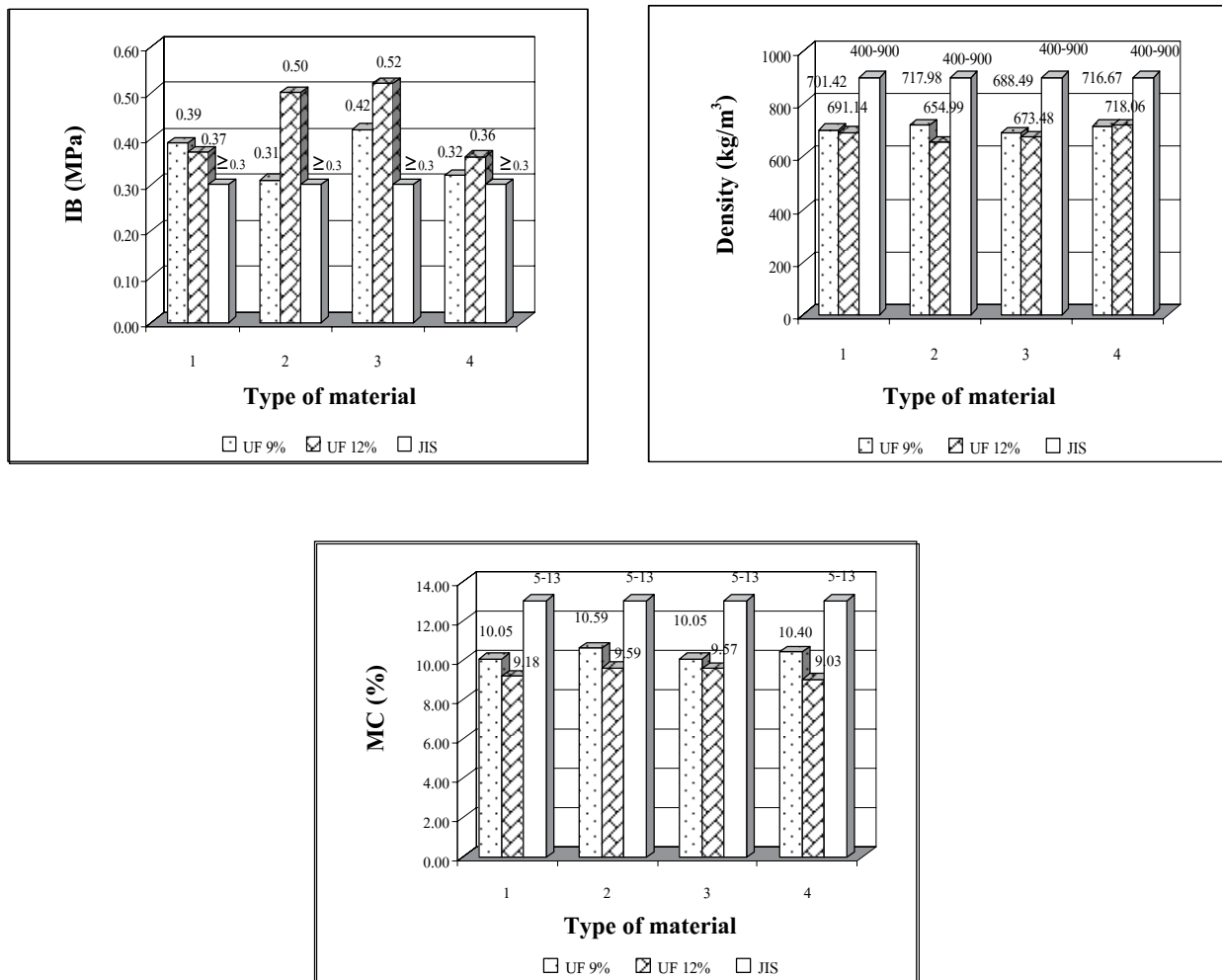


Figure 4. The properties of bagasse, fiber of costusroot palm, bark of corn and corncob using formaldehyde (UF) 9% , 12% hardener 2% and paraffin emulsions 1% as binder.

3.1.2 การพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง(Thickness Swelling 24 hrs.)

แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากขาน้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันและผสมขี้ข้าวโพดใช้กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ ปริมาณกาวยูเรีย 12 % เป็นตัวประสาน มีค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมงน้อยที่สุดเท่ากับ 17.82% เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994: Particleboards ปรากฏว่า มีค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมงไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

3.1.3 การดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำที่ 2 ชั่วโมง (Water Absorption 2 hrs.)

แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากขาน้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันและผสมเปลือกข้าวโพด ใช้กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ ปริมาณกาวยูเรีย 12 % เป็นตัวประสาน มีค่าการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง น้อยที่สุดเท่ากับ 33.30%



3.1.4 การดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำที่ 24 ชั่วโมง (Water Absorption 24 hrs.)

การศึกษาคุณสมบัติการดูดซึมน้ำหลังการแช่น้ำของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดปรากฏว่า แผ่นที่ผลิตจากขานอ้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันและผสมเปลือกข้าวโพด ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณกาวยูเรีย 12 % เป็นตัวประสาน มีค่าการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง น้อยที่สุด

3.1.5 ค่าความต้านทานแรงดัด (Modulus Of Rupture)

การศึกษาในเรื่องของการรับแรงของแผ่นด้านคุณสมบัติความต้านทานแรงดัด ปรากฏว่า แผ่นที่ผลิตจากขานอ้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันและผสมเปลือกข้าวโพด ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณกาวยูเรีย 12 % เป็นตัวประสาน มีค่าคุณสมบัติความต้านทานแรงดัดดีที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 18.25 MPa และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994: Particleboards ปรากฏว่า มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

3.1.6 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus Of Elasticity)

การศึกษาคุณสมบัติมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดปรากฏว่า แผ่นที่ผลิตจากขานอ้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันและผสมเปลือกข้าวโพด ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณกาวยูเรีย 12 % เป็นตัวประสาน มีค่าคุณสมบัติมอดูลัสยืดหยุ่นดีที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 1,350 MPa เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994: Particleboards ปรากฏว่า ยังมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

3.1.7 ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal Bond)

การศึกษาคุณสมบัติด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เป็นการศึกษาความสามารถในการยึดเหนี่ยวภายในของแผ่น งานวิจัยในครั้งนี้ศึกษาชนิดวัสดุและปริมาณกาวยูเรียที่ใช้ในการผลิตแผ่นปรากฏว่า แผ่นที่ผลิตจากขานอ้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันและผสมเปลือกข้าวโพด ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณกาวยูเรีย 12 % เป็นตัวประสาน มีค่าคุณสมบัติความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าดีที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.52 MPa เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 - 1994 : Particleboards ปรากฏว่า มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

3.1.8 ค่าความหนาแน่น (Board Density)

แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากขานอ้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันผสมเปลือกข้าวโพดและผสมเปลือกข้าวโพด ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณกาวยูเรีย 12 % เป็นตัวประสาน มีค่าคุณสมบัติความหนาแน่นสูงที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 718.06 กก./ลบ.ม. เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards ปรากฏว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

3.1.9 ความชื้น (Board Moisture Content)

การศึกษาความชื้นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดปรากฏว่า แผ่นที่ผลิตจากขานอ้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันและเปลือกข้าวโพด มีค่าความชื้นของแผ่นสูงที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 10.59% และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards ปรากฏว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด



3.2 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดวัสดุและปริมาณกาว

Table 8. Analysis of variances of particleboards form agricultural waste by Wilks' Lambda.

Effect	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
MIX * RESIN	0.0237	2.220	27.000	94.099	0.003

จากการทดสอบอิทธิพลร่วมกันระหว่างและปริมาณกาว ปรากฏว่าได้ค่า Sig. = 0.003 แสดงว่าชนิดวัสดุและปริมาณกาวเป็นปัจจัยร่วมกันที่มีผลต่อคุณสมบัติของแผ่นเกิดความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



Table 9. Analysis of variances of particleboards from Agricultural Waste.

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Type of Material	TS 2	83.333	3	28.111	2.122	0.113
	TS 24	35.083	3	11.694	1.373	0.265
	WA 2	1964.602	3	654.867	6.064	0.002
	WA 24	561.555	3	187.185	2.610	0.065
	MOR	277.569	3	92.523	16.410	0.000
	MOE	1198340.729	3	399446.91	14.485	0.000
	IB	0.114	3	0.0379	10.402	0.000
	DENSITY	9246.901	3	3082.30	1.077	0.370
	MOISTURE	1.493	3	0.498	0.614	0.610
Quantity of Resin	TS2	588.210	1	588.210	44.409	0.000
	TS24	515.354	1	515.354	60.498	0.000
	WA2	2247.077	1	2247.077	20.807	0.000
	WA24	3160.630	1	3160.63	44.073	0.000
	MOR	44.122	1	44.122	7.826	0.008
	MOE	377897.521	1	377897.521	13.704	0.001
	IB	0.06977	1	0.70	19.148	0.000
	DENSITY	5662.621	1	5662.621	1.978	0.167
	MOISTURE	10.351	1	10.351	12.775	0.001
Type of Material * Quantity of Resin	TS2	124.209	3	41.403	3.126	0.036
	TS24	5.880	3	1.960	0.230	0.875
	WA2	2687.565	3	895.855	8.295	0.000
	WA24	787.401	3	895.855	3.660	0.020
	MOR	37.393	3	262.467	2.211	0.102
	MOE	171398.729	3	12.464	2.072	0.119
	IB	0.7172	3	57132.910	6.561	0.001
	DENSITY	7237.244	3	0.024	0.843	0.479
	MOISTURE	1.189	3	0.3960	0.489	0.692

อิทธิพลของชนิดวัสดุที่มีต่อการพองตัวหลังแช่น้ำ 2 และ 24 ชั่วโมง การดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ความหนาแน่นและความชื้น ปรากฏว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ส่วนการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง ความต้านทานแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่นและแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

อิทธิพลของปริมาณกาวที่มีต่อความหนาแน่นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 การพองตัวหลังแช่น้ำ 2 และ 24 ชั่วโมง การดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 2 และ 24 ชั่วโมง ความต้านทานแรงดัด ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น แรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าและความชื้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

อิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดวัสดุและปริมาณกาวที่มีต่อการพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ความต้านทานแรงดัดมอดูลัสยืดหยุ่น ความหนาแน่นและความชื้น ปรากฏว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 แต่การพองตัวหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง การดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 2 และ 24 ชั่วโมง ความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า ปรากฏว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05



สรุปผล

1. ผลการวิเคราะห์วัตถุดิบ

ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมี 4 ชนิดคือ

1.1 ชานอ้อย มีขนาดความกว้างประมาณ 0.44 มม. ความยาวประมาณ 12.02 มม. และความหนาประมาณ 0.20 มม. มีปริมาณมากที่สุดถึง 45.85% และสัดส่วนความเพรียว 60.10 เท่า

1.2 เส้นใยกะลาปาล์ม มีขนาดความกว้าง ประมาณ 0.28 มม. ความยาวประมาณ 10.58 มม. และความหนาประมาณ 0.12 มม. มีปริมาณมากที่สุดถึง 45.00% และสัดส่วนความเพรียว 85.28 เท่า

1.3 เปลือกข้าวโพด มีขนาดความกว้าง ประมาณ 0.44 มม. ความยาวประมาณ 13.53 มม. และความหนาประมาณ 0.12 มม. มีปริมาณมากที่สุดถึง 59.58% และสัดส่วนความเพรียว 112.75 เท่า

1.4 ชังข้าวโพด มีขนาดความกว้าง ประมาณ 3.15 มม. ความยาวประมาณ 4.79 มม. และความหนาประมาณ 2.50 มม. มีปริมาณมากที่สุดถึง 73.50% และสัดส่วนความเพรียว 1.92 เท่า

2. ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนความเป็นกรดของเศษวัสดุ

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าการฟ่อนความเป็นกรดของเศษวัสดุทั้ง 4 ชนิด ปรากฏว่า ชานอ้อยมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างมากที่สุด รองมาคือ เส้นใยกะลาปาล์ม น้ำมัน ชังข้าวโพด และเปลือกข้าวโพด ส่วนค่าการฟ่อนความเป็นกรดของชานอ้อยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองมาคือ เปลือกข้าวโพด ชังข้าวโพด และเส้นใยกะลาปาล์ม น้ำมัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนความเป็นกรดกับไม้ยางพารา ปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างของเศษเหลือใช้ทางการเกษตรทั้ง 4 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกับไม้ยางพารา ส่วนค่าเฉลี่ยการฟ่อนความเป็นกรดของเส้นใยกะลาปาล์ม น้ำมัน และชังข้าวโพดมีค่าน้อยกว่าไม้ยางพารา

3. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายสมบัติและกลสมบัติ

3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายสมบัติและกลสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้ชนิดวัสดุและปริมาณกาที่แตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบด้านคุณสมบัติปรากฏว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตจากชานอ้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์ม น้ำมัน และผสมเปลือกข้าวโพด ทั้งที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 9 และ 12% มีคุณสมบัติโดยรวมดีที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ต่างกันปรากฏว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% มีคุณสมบัติโดยรวมดีกว่าแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 9%

3.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของแผ่นเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 - 1994 : Particleboards

3.2.1 คุณสมบัติทางกายสมบัติ

1. ความหนาแน่น ปรากฏว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกแผ่น
2. ความชื้น ปรากฏว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกแผ่น
3. การพองตัวหลังแช่น้ำที่ 24 ชั่วโมง ปรากฏว่า ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด



3.2.2 คุณสมบัติทางด้านกลสมบัติ

1. ค่าความต้านแรงดัด (MOR) ปรากฏว่า มีเพียงแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากขาน้อยผสมเส้นใยกะลาปาล์มน้ำมันและผสมเปลือกข้าวโพด ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด
2. ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (MOE) ปรากฏว่า มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกแผ่น
3. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ปรากฏว่า มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกแผ่น

3.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอิทธิพลของชนิดวัสดุมีผลต่อการพองตัวหลังแช่น้ำ 2 และ 24 ชั่วโมง การดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ความหนาแน่นและความชื้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ส่วนการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง ความต้านทานแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่นและความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอิทธิพลของปริมาณกาวมีผลต่อความหนาแน่นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ส่วนการพองตัวและการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 2 และ 24 ชั่วโมง ความต้านทานแรงดัด ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าและความชื้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ อิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดวัสดุและปริมาณกาวที่มีต่อการพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ความต้านทานแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่น ความหนาแน่นและความชื้น มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ส่วนการพองตัวหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง การดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 2 และ 24 ชั่วโมง และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโส สังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ และสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

วรรณกรรม อุณจิตติชัย. 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล (แผ่นจีนไม้อัด) และกรรมวิธีผลิต. เอกสารวิชาการ เลขที่ ร. 514. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. 202 หน้า.



- วรรณม อุณจิตติชัย. 2543. แผ่นปาร์ติเกิลจากเศษไม้คละชนิดเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม. ใน รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ 2541 – 2542. เลขที่ ร.572. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. หน้า 87 – 105.
- วรรณม อุณจิตติชัย. 2545. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการใช้กากกับงานไม้. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้, สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตภัณฑ์ป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.
- วรรณม อุณจิตติชัย. 2547. คู่มือปฏิบัติการตรวจสอบคุณสมบัติกาว-ชิ้นไม้-เยื่อไม้. สายงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้, กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมป่าไม้และการป้องกันรักษาเนื้อไม้, สำนักวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.
- Japanese Industrial Standard, Japanese Standards Association. 1994. JIS A 5908 Standard Specification for Particleboards. Hohbunsha Publ. Co. Inc. Tokyo.



แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้สนุดำ

PARTICLEBOARDS FROM PHYSIC NUT STEM

วรรณม อุ่นจิตติชัย

(Woratham Oonjittichai)¹

สารโจน์ ช่วยสุด

(Sarote Chuaysut)¹

บทคัดย่อ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากส่วนต่างๆ ของไม้สนุดำ ได้แก่ ส่วนโคนต้น ส่วนกลางต้น ส่วนปลายต้นและทุกส่วนผสมกัน ก่อนการผลิตแผ่นทำการวิเคราะห์ขนาดของชิ้นไม้พบว่า ชิ้นไม้สนุดำทุกส่วนจะมีชิ้นไม้ที่ค้างอยู่บนตะแกรง 12 และ 20 เมช มีปริมาณใกล้เคียงกันโดยมีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าการฟ่อนความเป็นกรดของไม้ (acid buffering capacity) พบว่า ชิ้นไม้สนุดำมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 7.88-9.91 และค่าคุณสมบัติการฟ่อนความเป็นกรดของไม้อยู่ในช่วง 88.97-222.80 ทั้งนี้ชิ้นไม้จากส่วนปลายมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าการฟ่อนความเป็นกรดของไม้สูงที่สุด เท่ากับ 9.91 และ 222.80 ตามลำดับ

การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นที่ผลิตได้พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตโดยใช้กาวไอโซไซยานต ปริมาณ 5 % เป็นตัวประสาน ใช้ชิ้นไม้ส่วนกลางต้นมีคุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีที่สุด ส่วนกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ปริมาณ 10 % เป็นตัวประสาน ใช้ชิ้นไม้ส่วนปลายต้นมีค่าคุณสมบัติของแผ่นดีที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตได้มีค่าคุณสมบัติความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด มีค่าคุณสมบัติความหนาแน่นและความชื้นของแผ่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกแผ่น

จากผลการศึกษาข้างต้นทำให้ทราบว่า ลำต้นไม้สนุดำสามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดได้ โดยต้องพิจารณาปัจจัยหลัก เช่น ชนิดกาว ปริมาณกาว ลักษณะของชิ้นไม้ที่เหมาะสม เป็นต้น จึงจะได้แผ่นที่มีคุณภาพดีได้

คำหลัก : ต้นสนุดำ แผ่นชิ้นไม้อัด ปาร์ติเกิลบอร์ด กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (UF) กาวไอโซไซยานต (pMDI)

¹ งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้



ABSTRACT

The technical feasibility study on particleboards from all parts of physic nut tree which consist of the base part, middle part, top part and mixed of all. The particleboards must be analysed size of chip. Whole parts of Physic nut were on the screen number 12 and 20 mesh, pH and acid buffering capacity were 7.88 - 9.91 and 88.97 - 222.80.

Properties of particleboards were investigated with pMDI glue and Urea formaldehyde. The results showed that particleboards made from middle parts with 5% pMDI had more quality than the other parts and in case of 10% UF content, the particleboards made from top part had more quality. The properties were tested by JIS A 5908-1994 :Particleboards and showed that internal bond was above the maximum requirements.

Keywords : Physic nut tree, Particleboard, Urea formaldehyde (UF) , Isocyanate (pMDI)

คำนำ

ในปัจจุบันแนวโน้มความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ไม้มีมากขึ้น แต่ไม้ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์กลับมีแนวโน้มลดลงจึงมีการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นผลิตภัณฑ์จากวัสดุอื่นๆ เช่น เศษไม้ ปลายไม้ ที่เหลือจากการแปรรูปในงานอุตสาหกรรมต่างๆ และเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอื่นๆ นอกจากนี้ Kollmann และคณะ (1975) ได้รายงานถึง แหล่งวัตถุดิบต่าง ๆ ที่สามารถนำมาทำเป็นชั้นปาร์ติเกิลบอร์ด เพื่อผลิตเป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติ เป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

1. ผลิตผลป่าไม้ที่ยังไม่ได้แปรรูป (unprocessed products) เช่น ไม้ขนาดเล็กที่ได้จากการตัดขยายระยะ (thinning) และกิ่งก้านที่หนา หรือใหญ่ (thick branches)
2. เศษไม้ขนาดใหญ่ที่เหลือจากอุตสาหกรรม (coarse industrial residues) เช่น ปีกไม้ (slabs) ขอบไม้ (edgings) เศษไม้ที่ทิ้งจากโรงเลื่อย (off-cuts from sawmills) ใส้ไม้ที่เหลือจากการลอก (peeler cores) และส่วนเสียที่ถูกคัดทิ้งจากการผลิตไม้บาง (reject from veneer manufacture)
3. เศษเหลือขนาดเล็กจากอุตสาหกรรม (fine industrial residues) โดยเฉพาะ จี้กบ (planer mill shavings) และขี้เลื่อย (sawdust)
4. ชิ้นไม้สับ (wood chips) จากการตัดไม้ด้วยเครื่องตัดชิ้นไม้
5. เศษเหลือ เช่น แผ่นไม้ ของไม้ หรือเศษไม้ระแนง และส่วนอื่น ๆ ที่ถูกตัดทิ้งจากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และอุตสาหกรรมอบไม้
6. พืชที่ไม่ใช่เนื้อไม้ต่าง ๆ เช่น วัสดุเหลือทางการเกษตร ได้แก่ ชานอ้อย ฟางข้าว แกลบ ต้นมันสำปะหลัง ปอ และหญ้าต่าง ๆ เป็นต้น



สบู่ดำ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Jatropha curcas* Linn. เป็นไม้พุ่มยืนต้นขนาดกลาง มีลักษณะคล้ายต้นละหุ่ง สูงประมาณ 2-7 เมตร แต่อาจสูงได้ถึง 10 เมตร และมีอายุยืนมากกว่า 20 ปี ลำต้นมีผิวเรียบสีน้ำตาลเทา อวบน้ำและเปราะหักได้ง่ายเนื่องจากไม่มีแก่น กิ่งมีน้ำยางใสไหลออกมาเมื่อหักหรือเด็ดจากลำต้น ลักษณะใบออกเป็นใบเดี่ยวแบบสลับขนาดเท่าฝ่ามือค่อนข้างกลม ดอกเป็นช่อตามซอกใบและปลายกิ่ง ขนาดเล็ก สีเหลืองมีกลิ่นหอมอ่อนๆ ผลอ่อนจะมีสีเขียวอ่อนเมื่อสุกผลแก่จัดจะเป็นสีเหลือง ใน 1 ผลมี 3 เมล็ด ซึ่งสามารถนำไปสกัดน้ำมันได้

การใช้ประโยชน์สบู่ดำในประเทศแอฟริกาใต้ มีรายงานการปลูกต้นสบู่ดำเพื่อเป็นแนวรั้วบ้านและคอกโคกระบือ เพื่อป้องกันสัตว์รบกวน (Emperaire and Pinton, 1986; Budowski, 1987; Diallo, 1994) ใน Republic of Cape Verde มีการปลูกสบู่ดำเพื่อป้องกันการกัดเซาะของหน้าดิน (Van den Bergh, 1985) และยังใช้ต้นเป็นพื้นผลิตพลังงานความร้อนสำหรับกิจกรรมเพาะปลูกอื่นๆ ส่วนในทวีปแอฟริกาและเอเชีย มีรายงานการใช้สบู่ดำ ทั้งต้น ใบและผล เป็นยาสมุนไพรรักษาโรคหลายชนิดสำหรับมนุษย์และสัตว์ แต่ต้องใช้ในปริมาณน้อยและเหมาะสม เนื่องจากสบู่ดำมีความเป็นพิษอยู่ด้วย (Thomas, 1989; Kone-Bamba *et al.*, 1987) เมล็ดสามารถนำมาสกัดน้ำมัน ส่วนกากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปรแทสเซียมสูงสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการเกษตร (พิชัย, 2548) นอกจากนี้ส่วนประกอบของต้นยังทำประโยชน์ด้านอื่นๆ ได้ด้วย เช่น ลำต้นใช้ทำเยื่อกระดาษ และใบสามารถนำไปเป็นน้ำหมักชีวภาพใช้กำจัดแมลงและใช้เลี้ยงไหมป่าได้ (Grainge and Ahmed, 1988)

ทั้งนี้จากการใช้ประโยชน์ของสบู่ดำในด้านต่างๆ ที่กล่าวมา คณะผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการนำต้นสบู่ดำ มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ซึ่งจะศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไม้สบู่ดำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด รวมทั้งอิทธิพลชิ้นไม้จากส่วนต่างๆ ของลำต้นสบู่ดำ ศึกษาอิทธิพลของชนิดกาวที่มีผลต่อคุณสมบัติของแผ่น และมีการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากชิ้นไม้สบู่ดำให้ได้คุณภาพของแผ่นตามมาตรฐานต่างประเทศ ตลอดจนพัฒนาและนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุด ต่อไป

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ใช้ลำต้นไม้สบู่ดำ โดยแยกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนโคนต้น ส่วนกลางต้น ส่วนปลายต้นและผลมทุกส่วน ทำชิ้นไม้แล้วนำชิ้นไม้ที่ได้เข้าเครื่องร่อนคัดขนาด นำชิ้นไม้ที่ได้จากการร่อนคัดขนาดของแต่ละลักษณะชิ้นไม้มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่น โดยใช้กาวไอโซไซยานาตปริมาณ 5 % และกาวยูเรีย ฟอร์มัลดีไฮด์ปริมาณ 10 % ฮาร์ดเดนเนอร์ 2 % เทียบกับน้ำหนักรวบรวมแห้งเป็นตัวแทน แล้วนำแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ได้มาเปรียบเทียบค่าทางกายสมบัติและทางกลสมบัติตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบคุณสมบัติแผ่นได้ดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้



อุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่องสับชิ้นไม้ (Chipper)
2. เครื่องย่อยชิ้นไม้ (Hammer mill)
3. เครื่องอัดรีด (Hot – press)
4. เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง (Screening Machine)
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Electric Balance)
6. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ (Universal Testing Machine)

ขั้นตอนการศึกษา

1. การเตรียมวัสดุและกาวติดไม้

1.1 การเตรียมวัสดุในการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ใช้ลำต้นสบู่ดำเป็นวัตถุดิบ โดยนำลำต้นสบู่ดำในแต่ละส่วนของลำต้นเข้ากระบวนการต่างๆ เพื่อให้ได้ชิ้นไม้ที่พร้อมเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการอัดแผ่น โดยสรุปเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

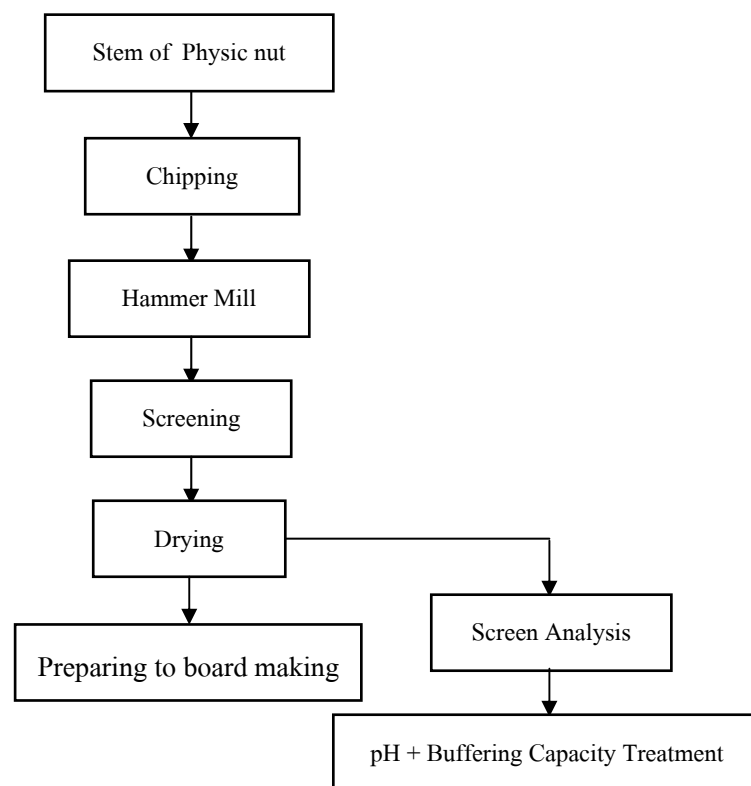


Figure 1. Material preparation from physic nut stem before board making

1.2 การเตรียมกาวในการศึกษาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดได้กำหนดระดับปริมาณเปอร์เซ็นต์กาวแห้งต่อน้ำหนักแห้งของชิ้นไม้ (วรรณม, 2545) กาวที่ใช้ในการอัดแผ่น คือ กาวไอโซไซยานตที่ระดับ 5% และกาวยูเรีย ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระดับ 10 %



2. วิธีการผสมและผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากชิ้นไม้สับดำ

ผสมกาวกับชิ้นไม้ โดยชั่งชิ้นไม้ให้น้ำหนักตามที่กำหนด ใส่ในเครื่องผสมกาวกับชิ้นไม้ แล้วสเปรย์กาวไปบนชิ้นไม้ในเครื่อง ชั่งน้ำหนักชิ้นไม้ที่ผสมกาวเรียบร้อยแล้วตามที่กำหนด นำมาโรยแผ่นเตรียมอัดและนำไปอัดร้อนจนครบเวลาตามที่กำหนดต่อไป แล้วจึงนำแผ่นที่ผลิตได้ไปปรับสถานะเป็นระยเวลานาน 7 วัน (วรรณม, 2541) จากนั้นนำแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดไปทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ

ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีการกำหนดสถานะในการผลิตแผ่นและขั้นตอนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ดังนี้

ความหนาแน่นกำหนด	800	กก./ลบ.ม.
ความหนาของแผ่น	10	มม.
ขนาดของแผ่น	400 x 400	มม.
ปริมาณกาว pMDI*	5	%
ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์*	10	%
ปริมาณฮาร์ดเดนเนอร์ **	2	%
อุณหภูมิในการอัด	120	°ซ.
แรงดันในการอัด	150	กก./ซม. ²
ระยะเวลาในการอัด	5	นาที

หมายเหตุ * เทียบเป็นน้ำหนักกาวแห้งต่อน้ำหนักแห้งของชิ้นไม้

** เทียบเป็นน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักกาวแห้ง

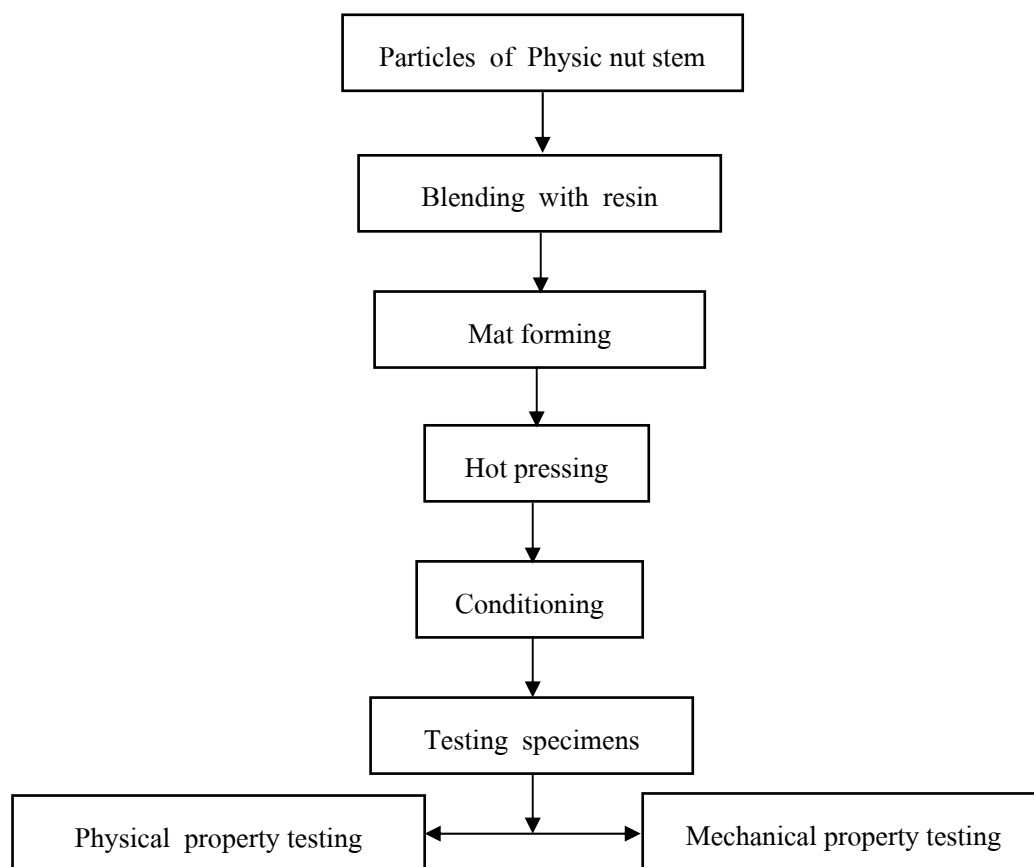


Figure 2. Production of particleboards from physic nut stem.

3. การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตได้จากสภาวะทดลองทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ

3.1 การเตรียมชิ้นทดสอบในการทดสอบทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ

นำแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตได้ทั้งหมด ซึ่งแต่ละแผ่นมีขนาด 400 x 400 มม. ไปตัดขอบออกทั้ง 4 ด้าน แล้วนำไปตัดเป็นชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards

3.2 การทดสอบสมบัติต่างๆ ตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards

- 3.2.1 ทดสอบหาการพองตัว (Thickness Swelling)
- 3.2.2 ทดสอบหาการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)
- 3.2.3 การทดสอบค่าความต้านทานแรงฉีก (Modulus of Rupture)
- 3.3.4 การทดสอบค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)
- 3.3.5 ทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal Bonding)
- 3.3.6 ทดสอบความหนาแน่น (Board Density)
- 3.3.7 ทดสอบความชื้น (Board Moisture Content)



4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิจัยได้วางแผนการวิจัยแบบสุ่ม (completely random design) โดยกำหนดปัจจัยที่จะศึกษา 8 ทรีทเมนต์ คือ 1. ชันไม้สับุดำส่วนโคนใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% (2.) ชันไม้สับุดำส่วนกลางใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% (3.) ชันไม้สับุดำส่วนปลายใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% (4.) ชันไม้สับุดำผสมทุกส่วน ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% (5.) ชันไม้สับุดำส่วนโคน ใช้กาวยูเรีย pMDI 5% (6.) ชันไม้สับุดำส่วนกลาง ใช้กาวยูเรีย pMDI 5% (7.) ชันไม้สับุดำส่วนปลาย ใช้กาวยูเรีย pMDI 5% (8.) ชันไม้สับุดำผสมทุกส่วน ใช้กาวยูเรีย pMDI 5% โดยกำหนดให้แต่ละทรีทเมนต์ มีจำนวนซ้ำ 3 ซ้ำ และนำผลค่าการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้ One-way analysis of variance

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. ผลการวิเคราะห์ขนาดชันไม้สับุดำ

Table 1. Screen Analysis of particles from base part of physic nut stem.

Mesh No.	Average mesh aperture (mm.)	Average Particle dimension ^{1/}			Slenderness ratio	Amount of particle ^{2/} (%)
		Length (mm.)	Thickness (mm.)	Width (mm.)		
+ 5	4.000	8.78	2.02	4.16	4.35	1.44
- 5+12	2.840	5.25	0.89	1.94	5.89	50.37
- 12+20	1.275	4.85	0.50	1.16	9.71	45.40
-20 +40	0.638	4.35	0.25	0.55	17.66	1.89
- 40+60	0.337	1.07	0.05	0.09	20.28	0.23
- 60	0.250	1.68	0.05	0.13	32.86	0.26

^{1/} Each average value was measured from 100 particles.

^{2/} Percentage value based on the weight of total particles.



Table 2. Screen Analysis of particles from middle part of physic nut stem

Mesh No.	Average mesh aperture (mm.)	Average Particle dimension ^{1/}			Slenderness ratio	Amount of particle ^{2/} (%)
		Length (mm.)	Thickness (mm.)	Width (mm.)		
+ 5	4.000	8.81	2.43	4.21	3.63	0.97
- 5+12	2.840	6.24	0.92	1.94	6.80	49.94
- 12+20	1.275	5.14	0.48	1.10	10.81	43.89
-20 +40	0.638	4.36	0.20	0.50	19.33	3.16
- 40+60	0.337	3.15	0.21	0.30	15.16	0.20
- 60	0.250	1.13	0.10	0.18	11.50	0.41

^{1/} Each average value was measured from 100 particles.

^{2/} Percentage value based on the weight of total particles.

Table 3. Screen Analysis of particles from top part of physic nut stem

Mesh No.	Average mesh aperture (mm.)	Average Particle dimension ^{1/}			Slenderness ratio	Amount of particle ^{2/} (%)
		Length (mm.)	Thickness (mm.)	Width (mm.)		
+ 5	4.000	10.49	2.31	3.92	4.54	0.95
- 5+12	2.840	5.69	0.83	1.72	6.89	40.34
- 12+20	1.275	4.57	0.46	0.98	10.02	53.73
-20 +40	0.638	3.99	0.27	0.48	14.71	3.69
- 40+60	0.337	3.01	0.18	0.31	17.13	0.27
- 60	0.250	1.00	0.09	0.17	10.78	0.41

^{1/} Each average value was measured from 100 particles.

^{2/} Percentage value based on the weight of total particles.



Table 4. Screen Analysis of particles from mixture of all parts of physic nut stem.

Mesh No.	Average mesh aperture (mm.)	Average Particle dimension ^{1/}			Slenderness ratio	Amount of particle ^{2/} (%)
		Length (mm.)	Thickness (mm.)	Width (mm.)		
+ 5	4.000	7.66	1.62	4.34	4.73	0.45
- 5+12	2.840	5.49	0.77	1.73	7.16	49.27
- 12+20	1.275	5.21	0.47	1.10	11.08	45.17
-20 +40	0.638	4.38	0.21	0.51	20.93	2.11
- 40+60	0.337	3.77	0.16	0.54	23.94	0.48
- 60	0.250	1.28	0.10	0.29	12.29	0.85

^{1/} Each average value was measured from 100 particles.

^{2/} Percentage value based on the weight of total particles.

จากการวิเคราะห์ขนาดชิ้นไม้สับดำ ทั้ง 4 ส่วน คือ ส่วนโคน ส่วนกลาง ส่วนปลายและผสมทุกส่วนของลำต้น พบว่า ชิ้นไม้ทั้ง 4 ส่วนของลำต้น ที่ค้างอยู่บนตะแกรง 12 และ 20 เมช จะมีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด

2. ผลการวัดความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนค่าความเป็นกรดของไม้

Table 5. The analysis of pH and acid buffering capacity of physic nut stem.

Type of Material	pH Average	Acid Buffering Capacity, Milliequivalent (x 10 ⁻²)
Base part of physic nut stem	7.88	88.97
Middle part of physic nut stem	8.52	143.77
Top part of physic nut stem	9.91	222.80
Mixture of all parts of physic nut stem	9.47	209.40
<i>Acacia mangium</i>	6.23	43.83
Teak	5.15	20.60
Rubberwood*	5.78	40.80

(* Oonjittichai , 2000)



3. ผลการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

Table 6. The properties of particleboards made of physic nut stem using isocyanate (pMDI) 5% and urea formaldehyde (UF) 10% hardener 2% compared with JIS A 5908-1994 : Particleboards (18 Type).

Resins	Quantity of particles	TS (%)		WA (%)		MOR (MPa)	MOE (MPa)	IB (MPa)	Density (kg/m ³)	Moisture Content (%)
		2 hrs.	24 hrs.	2 hrs.	24 hrs.					
pMDI 5%	Base part	27.89 ก*	83.59 ก	15.68 ก	44.96 ก	16.76 ก	1482 ก	0.39 ก	796.75 ก	7.48 ก
	Middle part	23.78 ก	73.77 ก	14.77 ก	42.16 ก	17.19 ก	1638 ก	0.75 ข	808.14 ก	7.82 ข
	Top part	38.33 ก	80.62 ก	15.57 ก	43.61 ก	15.68 ก	1480 ก	0.51 กข	809.07ก	9.05 ค
	Mixture of all part	33.33 ก	99.83 ข	20.51 ข	40.73 ก	15.62 ก	1620 ก	0.71 กข	796.86ก	7.74 กข
UF 10%	Base part	17.89 a	25.01 a	43.93 a	68.98 a	14.34 a	1110 a	1.02 a	817.51 a	9.65 a
	Middle part	14.87 a	23.00 a	37.00 a	62.80 a	14.25 a	1256 a	0.90 a	843.14 a	10.74 ab
	Top part	18.36 a	38.13 b	36.22 a	77.01 ab	16.92 b	1624 b	1.01 a	860.39 a	10.32 ab
	Mixture of all part	18.29 a	37.52 b	33.17 a	77.30 ab	15.32 a	1458 a	1.01 a	847.52 a	11.27 b
JIS A 5908-1994 (18 type)		-	≤12	-	-	≥18	≥3000	≥0.3	400-900	5-13

* Same letters (ก,ข), (a, b) in each column mean the non significant difference at 95 %.



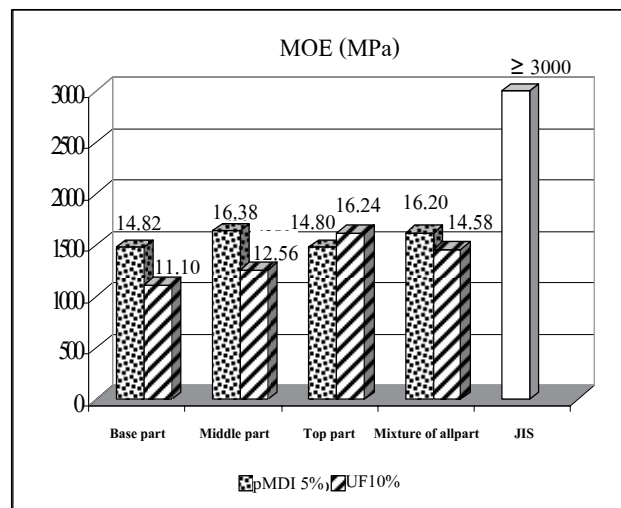
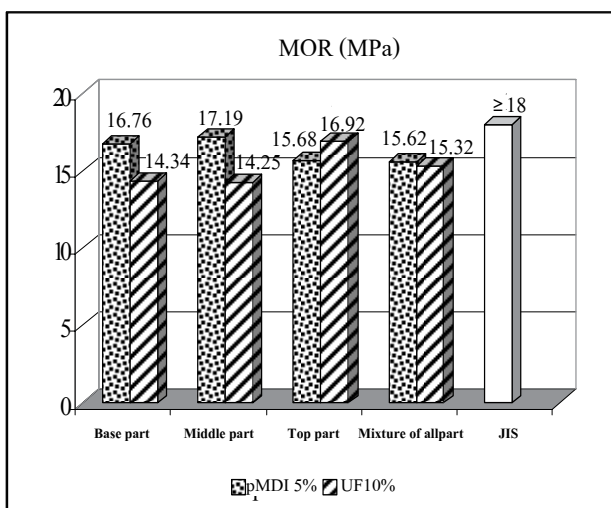
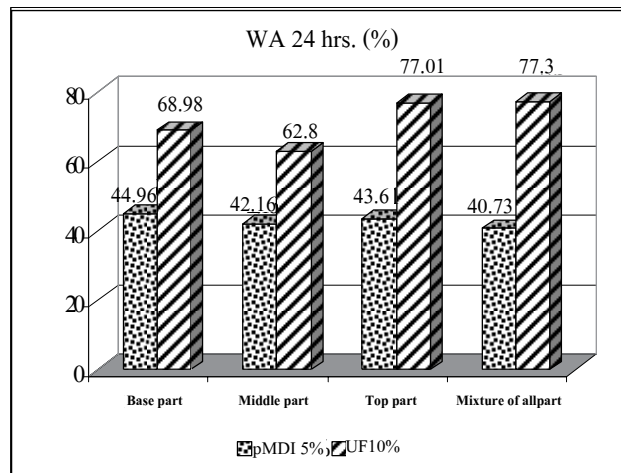
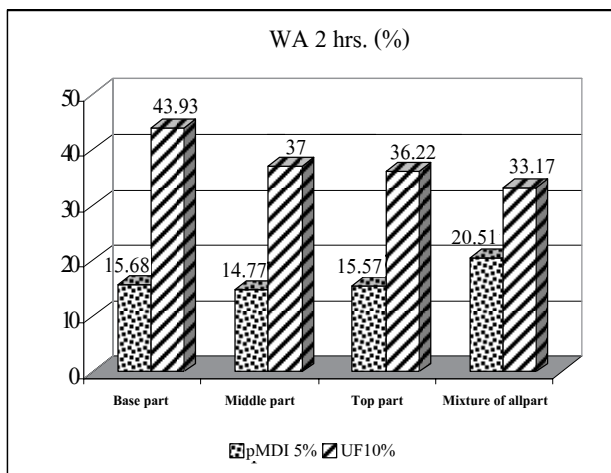
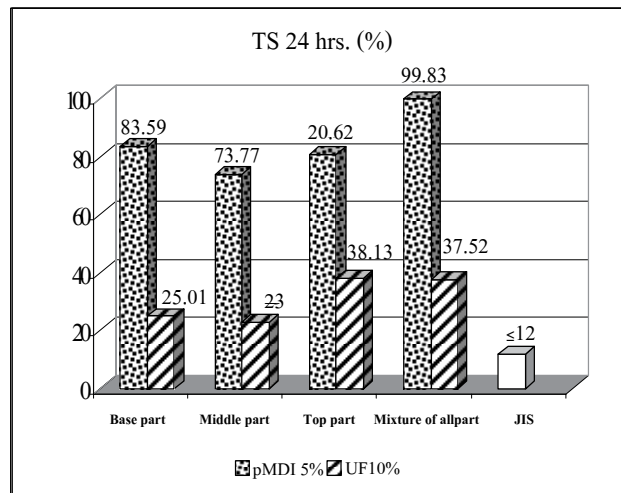
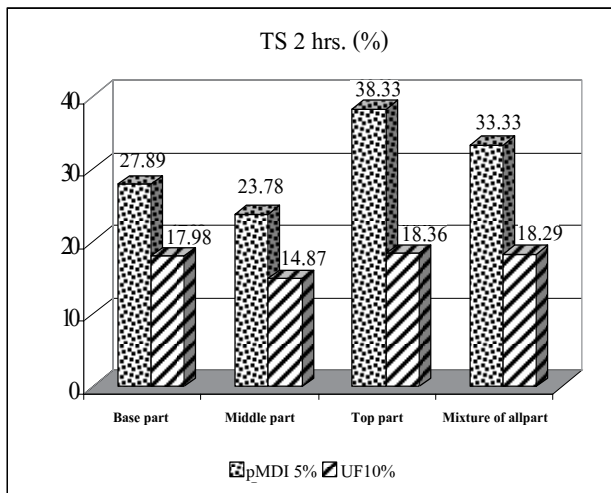
Table 7. Analysis of variances of particleboards made of physic nut stem using isocyanate (pMDI) 5% as binder.

Property		Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Ts 2 hr	Between Groups	362.429	3	120.810	1.982	0.195
	Within Groups	487.627	8	60.953		
	Total	850.057	11			
Ts 24 hr	Between Groups	1098.567	3	366.189	5.450	0.25
	Within Groups	537.523	8	67.190		
	Total	1639.090	11			
Wa 2 hr	Between Groups	61.655	3	20.552	9.827	0.005
	Within Groups	16.731	8	2.091		
	Total	78.387	11			
Wa 24 hr	Between Groups	30.041	3	10.014	0.089	0.964
	Within Groups	895.287	8	111.911		
	Total	925.327	11			
MOR	Between Groups	5.532	3	1.844	2.337	0.150
	Within Groups	6.313	8	0.789		
	Total	11.845	11			
MOE	Between Groups	66318.917	3	22106.306	2.582	0.126
	Within Groups	68490.000	8	8561.250		
	Total	134808.92	11			
IB	Between Groups	0.258	3	8.614E-02	2.974	0.097
	Within Groups	0.232	8	2.897E-02		
	Total	0.490	11			
Density	Between Groups	419.017	3	139.672	0.532	0.673
	Within Groups	2099.275	8	262.409		
	Total	2518.292	11			
MC	Between Groups	4.409	3	1.470	48.580	0.000
	Within Groups	0.242	8	3.025E-02		
	Total	4.651	11			



Table 8. Analysis of variances of particleboards made of physic nut stem using urea formaldehyde (UF)
10% hardener 2% as binder.

Property		Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Ts 2 hr	Between Groups	25.017	3	8.339	0.664	0.598
	Within Groups	100.411	8	12.551		
	Total	125.428	11			
Ts 24 hr	Between Groups	579.175	3	193.058	11.544	0.003
	Within Groups	133.786	8	16.723		
	Total	712.961	11			
Wa 2 hr	Between Groups	186.128	3	62.043	0.918	0.475
	Within Groups	540.648	8	67.581		
	Total	726.776	11			
Wa 24 hr	Between Groups	438.566	3	146.189	4.106	0.049
	Within Groups	284.824	8	35.603		
	Total	723.391	11			
MOR	Between Groups	13.761	3	4.621	3.143	0.087
	Within Groups	11.761	8	1.470		
	Total	25.624	11			
MOE	Between Groups	456793.00	3	152264.333	11.595	0.003
	Within Groups	105056.67	8	13132.083		
	Total	561849.67	11			
IB	Between Groups	2.910E-02	3	9.700E-03	0.575	0.648
	Within Groups	0.135	8	1.688E-02		
	Total	0.164	11			
Density	Between Groups	2908.331	3	969.444	0.776	0.540
	Within Groups	9998.282	8	1249.785		
	Total	12906.614	11			
MC	Between Groups	4.245	3	1.415	1.928	0.204
	Within Groups	5.872	8	0.734		
	Total	10.117	11			



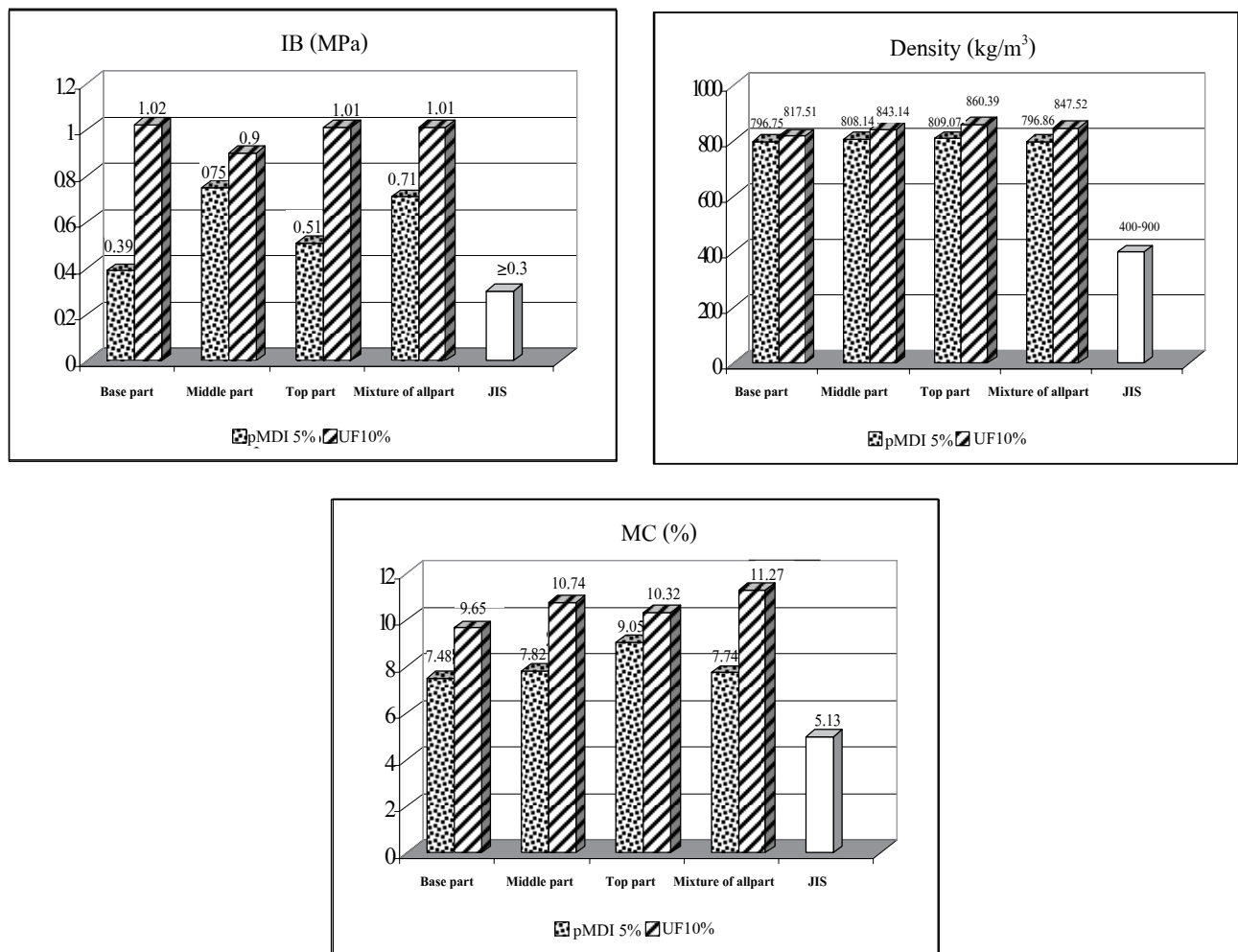


Figure 3. The properties of particleboards made of physic nut stem using isocyanate (pMDI) 5% and urea formaldehyde (UF) 10 % hardener 2% compared with JIS A 5908-1994 : Particleboards (18 Type)

3.1 การพองตัวหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง (Thickness Swelling 2 hrs.)

การศึกษาเปรียบเทียบการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้สนดำ โดยใช้ส่วนโคน ส่วนกลาง ส่วนปลาย และผสมทุกส่วนของลำต้น ใช้กาวไอโซไซยานต 5% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% เป็นตัวประสาน พบว่า ลักษณะของชิ้นไม้และชนิดกาวที่ใช้มีผลต่อคุณสมบัติของแผ่น โดยแผ่นที่ผลิตจากส่วนกลางลำต้น ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10 % เป็นตัวประสานมีค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง ดีที่สุด คือ 14.87% แต่เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า ทั้งกาวไอโซไซยานตและกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าการพองตัว หลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อลักษณะของชิ้นไม้



3.2 การพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง (Thickness Swelling 24 hrs.)

แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากส่วนกลางของลำต้น ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% เป็นตัวประสาน มีการพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ดีที่สุด คือ 23% เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า ในการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% เป็นตัวประสาน มีเพียงแผ่นที่ผลิตจากชิ้นไม้ทุกส่วนผสมของลำต้นที่มีค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อลักษณะของชิ้นไม้ ส่วนการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% เป็นตัวประสาน แผ่นจากชิ้นไม้ส่วนโคนมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นจากชิ้นไม้ส่วนกลาง ส่วนแผ่นจากชิ้นไม้ส่วนปลายมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นจากชิ้นไม้ผสมทุกส่วน แต่จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นจากชิ้นไม้ส่วนโคนและส่วนกลางลำต้น และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards พบว่า แผ่นที่ผลิตได้มีค่าการพองตัวหลังแช่น้ำไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกสถานะ

3.3 การดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง (Water Absorption 2 hrs.)

แผ่นที่ผลิตโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% เป็นตัวประสาน มีการดูดซึมน้ำที่น้อยกว่าแผ่นที่ผลิตโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% เป็นตัวประสาน และลักษณะของชิ้นไม้ที่นำมาผลิตแผ่นแล้วให้ค่าการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง ดีที่สุด คือ ชิ้นไม้ส่วนกลางต้นใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า มีเพียงแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากชิ้นไม้ผสมทุกส่วนใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีค่าการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อลักษณะชิ้นไม้

3.4 การดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง (Water Absorption 24 hrs.)

การใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานมีผลทำให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดดูดซึมน้ำได้น้อยลง และแผ่นที่ผลิตจากลักษณะของชิ้นไม้ที่แตกต่างกัน คือ จากส่วนโคน ส่วนกลาง ส่วนปลายและผสมทุกส่วนมีค่าการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ใกล้เคียงกัน และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อลักษณะของชิ้นไม้ ส่วนการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% เป็นตัวประสาน แผ่นจากชิ้นไม้ส่วนโคนมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นจากชิ้นไม้ส่วนกลาง แผ่นจากชิ้นไม้ส่วนปลายมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นจากชิ้นไม้ผสมทุกส่วน แต่จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นจากชิ้นไม้ส่วนโคนและส่วนกลางลำต้น

3.5 ความต้านทานแรงดัด (Modulus Of Rupture)

ผลการศึกษาคณภาพของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดในเรื่องการรับแรงของแผ่น โดยพิจารณาคุณสมบัติความต้านทานแรงดัดพบว่า แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานใช้ชิ้นไม้ทั้ง 4 ส่วน มีค่าอยู่ในช่วง 15.62-17.19 MPa การใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีค่าอยู่ในช่วง 14.25-16.92 MPa ทั้งนี้แผ่นจากชิ้นไม้ส่วนกลางลำต้น ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% เป็นตัวประสาน มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่า แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อ



ลักษณะของชิ้นไม้ ส่วนการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในการผลิตแผ่นพบว่า มีเพียงแผ่นจากชิ้นไม้ส่วนปลายที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อลักษณะของชิ้นไม้ และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard พบว่าแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าความต้านทานแรงดัดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกสถานะ

3.6 มอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus Of Elasticity)

จากการศึกษาการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวยึดประสาน โดยใช้ลักษณะของชิ้นไม้ที่ต่างกัน 4 ลักษณะพบว่า การใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในแผ่นที่ผลิตจากชิ้นไม้ส่วนโคน ส่วนกลางและผสมทุกส่วน ทั้งนี้แผ่นที่ผลิตได้จากชิ้นไม้ส่วนกลางใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีความมอดูลัสยืดหยุ่นดีที่สุด คือ 1,638 MPa เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ทั้ง 4 ลักษณะ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อลักษณะของชิ้นไม้ ส่วนแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์พบว่า มีเพียงแผ่นจากชิ้นไม้ส่วนปลายที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อลักษณะของชิ้นไม้ และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard พบว่า แผ่นที่ผลิตได้ยังมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

3.7 ความต้านแรงดึงตึงจากกับผิวหน้า (Internal Bond)

แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวยึดประสานมีค่าอยู่ระหว่าง 0.90-1.02 MPa ซึ่งมีค่ามากกว่าแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.39-0.75 MPa และจากการเปรียบเทียบลักษณะของชิ้นไม้ที่ใช้ในการผลิตแผ่นโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ทั้ง 2 ชนิดพบว่า การใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ แผ่นที่ผลิตจากชิ้นไม้ส่วนกลางมีค่าความต้านแรงดึงตึงจากกับผิวหน้าสูงที่สุด คือ 0.75 MPa และการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ใช้ชิ้นไม้ส่วนโคนในการผลิตแผ่นมีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 1.02 MPa เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อลักษณะของชิ้นไม้ ส่วนแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์แผ่นที่ใช้ชิ้นไม้จากส่วนโคนมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นจากส่วนปลายและผสมทุกส่วน แต่จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นจากส่วนกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้สนุดามีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกสถานะ

3.8 ความหนาแน่น (Board Density)

ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้สนุดาพบว่า แผ่นที่ผลิตได้มีค่าความหนาแน่นของแผ่นใกล้เคียงกัน คือ แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีค่าอยู่ระหว่าง 796.75-809.07 กก./ลบ.ม. แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีค่าอยู่ระหว่าง 817.51-860.39 กก./ลบ.ม. เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อลักษณะของชิ้นไม้ และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard พบว่า แผ่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกแผ่น

3.9 ความชื้น (Board Moisture Content)

จากการศึกษาคุณสมบัติด้านความชื้นของแผ่นพบว่า แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวยึดประสานมีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 9.65-11.27% ส่วนแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวยึดประสานมีค่าความชื้นต่ำกว่า คือ อยู่ในช่วง 7.48-9.05% เมื่อพิจารณาลักษณะของชิ้นไม้ที่ใช้ในการผลิตแผ่นพบว่า แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์



ไอโซไซยานตและใช้ชิ้นไม้จากส่วนปลาย ลำต้นมีค่าความชื้นของแผ่นสูงที่สุด คือ 9.05% ส่วนแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และใช้ชิ้นไม้ผสมทุกส่วน มีค่าความชื้นสูงที่สุด คือ 11.27%

เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นจากส่วนโคนใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นจากผสมทุกส่วน แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นจากส่วนกลางและส่วนปลาย ส่วนแผ่นจากส่วนโคนใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นจากส่วนกลางและส่วนปลาย แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นจากผสมทุกส่วน และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้สนุดามีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกสภาวะ คือ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 5-13

สรุปผล

จากการวิเคราะห์ขนาดของชิ้นไม้สนุดำพบว่า ชิ้นไม้ทุกส่วนจะมีชิ้นไม้ที่ค้างอยู่บนตะแกรง 12 และ 20 เมช มีปริมาณใกล้เคียงกันมีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการพ่นค่าความเป็นกรดของไม้พบว่า ชิ้นไม้สนุดำมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 7.88-9.91 และค่าการพ่นค่าความเป็นกรดของไม้อยู่ระหว่าง 88.97-222.80

การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากชิ้นไม้สนุดำโดยใช้ส่วนต่าง ๆ ของลำต้น อันได้แก่ ส่วนโคน ส่วนกลาง ส่วนปลาย และผสมทุกส่วน ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวยึดประสาน พบว่า แผ่นที่ใช้ชิ้นไม้จากส่วนกลางมีคุณสมบัติโดยรวมดีกว่าแผ่นที่ใช้ชิ้นไม้ส่วนอื่นๆ ส่วนการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวยึดประสาน ใช้ชิ้นไม้จากส่วนปลายจะมีคุณสมบัติโดยรวมดีกว่าการใช้ชิ้นไม้ส่วนอื่นๆ

การศึกษานิคของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีผลต่อการผลิตแผ่นพบว่า กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีผลทำให้ค่าความต้านทานแรงดัดและค่ามอดูลัสยืดหยุ่นสูงกว่าการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ แต่จะมีค่าแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าและค่าความชื้นของแผ่นมีค่าต่ำกว่าการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ สำหรับค่าความหนาแน่นของแผ่นมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ทั้ง 2 ชนิด

เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีค่าความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า ความหนาแน่นและค่าความชื้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

ทั้งนี้แผ่นจากชิ้นไม้ส่วนกลางใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวยึดประสานจะมีค่าคุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีที่สุด

ข้อเสนอแนะ

การย่อยชิ้นต้นสนุดำให้มีขนาดเล็กลงจะมีผลทำให้ชิ้นต้นสนุดำผสมกับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ได้ดีขึ้น แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตได้จะมีคุณสมบัติของแผ่นดีขึ้น



Figure 4. Particleboards make of physic nut stem.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโสสังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ และสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- พิชัย สารณฺมณฺญ์. 2548. น้ำมันสบู่นำกับเครื่องยนต์ดีเซล. คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี, จันทบุรี.
- วรรณม อุณฺจติตฺตชย. 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล (แผ่นจีนไม้อัด) และกรรมวิธีผลิต. เอกสารวิชาการเลขที่ ร. 514. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้. กรมป่าไม้.
- วรรณม อุณฺจติตฺตชย. 2543. แผ่นปาร์ติเกิลจากเศษไม้ละสนชนิดเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม. ใน ผลงานวิจัยกลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, 2541-2542. หน้า 91.
- วรรณม อุณฺจติตฺตชย. 2545. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการใช้กากกับงานไม้. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้, สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.



- Emperaire, L and F. Pinton. 1986. Dona Flora et les cajous. Deux systemes agricoles au sudest du Piaui (Bresil). J. Agric. Tradit. Bot. Appl. 33: 193-212.
- Grainge, M. and S. Ahmed. 1988. Handbook of Plants with Pest-control Properties. John Wiley & Sons. New York.
- Japanese Industrial Standard, Japanese Standards Association. 1994. JIS A 5908 Standard Specification for Particleboards. Hohbunsha Publ. Co. Inc. Tokyo. 24 p.
- Kollman, F.F.P., E.W. Kuenzi and A.J. Stamm. 1975. Principles of Wood Science and Technology. Vol.II Springer-Verlag. New York.
- Thomas, O.O. 1989. Re-examination of the antimicrobial activities of *Xylopia aethiopica*, *Carica papaya*, *Ocimum geatissimum* and *Jatropha curcas*. Fitoterapia 60 (2): 147-155.
- Van Den Bergh, J. 1985. Deux arbustes d'avenir pour vaincre l' avance du desert. Afr. Agric.113: 40-45.



แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากใบชา¹

PARTICLEBOARDS FROM REFUSE OF TEA LEAVES

วิภา ชนะเพิ่ม	(Vipa Thanaperm) ²
นภดล กীরติธิฐิติกุล	(Noppadol Keeratichiraththikan) ²
ฐิติกุล ภาคคีรี	(Thitikul Parkkeeree) ²
วรธรรม อุ่นจิตติชัย	(Woratham Oonjittichai) ³

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากใบชาเกรด A ที่ระดับความหนาแน่น 600 และ 800 กก./ม.³ โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ค่อน้ำหนักจั่นกากใบชาอบแห้งที่ระดับ 10 และ 13% และปริมาณสารเร่งแข็งที่ 1% ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์แห้ง ทำการอัดด้วยเครื่องอัดร้อนที่อุณหภูมิ 120 – 125 องศาเซลเซียส เวลาในการอัด 5 นาที จากนั้นทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ได้กับมาตรฐาน JIS A 5908 - 1994 : Particleboard

ผลการทดสอบด้านกายสมบัติและกลสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากใบชาที่ความหนาแน่น 600 กก./ม.³ ปริมาณกาว 10 และ 13% มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยที่ 624.21 และ 627.23 กก./ม.³ ค่าความชื้นเฉลี่ยที่ 6.94 และ 7.02 % ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยที่ 150.27 และ 128.09 % ค่าการพองตัวเฉลี่ยที่ 39.49 และ 32.91 % ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยที่ 294 และ 528 MPa ค่ามอดูลัสแตกร้าวเฉลี่ยที่ 2.60 และ 4.13 MPa และค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยที่ 0.43 และ 0.30 MPa ตามลำดับ

ผลการทดสอบด้านกายสมบัติและกลสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากใบชาที่ความหนาแน่น 800 กก./ม.³ ปริมาณกาว 10 และ 13% มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยที่ 825.97 และ 827.68 กก./ม.³ ค่าความชื้นเฉลี่ยที่ 6.59 และ 7.63 % ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยที่ 98.85 และ 66.41 % ค่าการพองตัวเฉลี่ยที่ 40.16 และ 30.04 % ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยที่ 805 และ 1,349 MPa ค่ามอดูลัสแตกร้าวเฉลี่ยที่ 5.41 และ 8.39 MPa และค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยที่ 0.72 และ 0.70 MPa ตามลำดับ

สรุปผลการทดสอบด้านกายสมบัติทางด้านความหนาแน่นและความชื้นมีผลการทดสอบทุกสภาวะอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 : Particleboards ส่วนด้านการดูดซึมน้ำและการพองตัว มีผลการ

1 โครงการบูรณาการร่วมระหว่าง งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

และภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

2 วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

3 งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้



ทดสอบไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ผลการทดสอบด้านคุณสมบัติมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ยกเว้นด้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ทั้งนี้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากใบชาใช้การยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 13% เป็นตัวประสาน และที่ความหนาแน่นกำหนด 800 กก./ม.³ มีค่าคุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีที่สุด

คำหลัก : แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด กากใบชา การยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

ABSTRACT

The study on production of particleboard from grade A tea leaf wastes at density 600 and 800 kg/m³ with urea formaldehyde 10 % and 13 % (base on dry weight) and hardener 1% by dried weight of ureaformaldehyde. The compression pressed at 120 – 125 °C for 5 minutes. The properties were tested by JIS A 5908-1994: Particleboards.

Properties of particleboard were investigated with 10% and 13% urea formaldehyde at density 600 kg/m³ provided average density at 624.21 and 627.23 kg/m³, moisture content at 6.94 and 7.02% , water absorption at 150.27 and 128.09% , thickness swelling at 39.49 and 32.91% , modulus of elastic 294 and 528 MPa , Modulus of rupture 2.6 and 4.13 MPa, internal bond 0.43 and 0.30 MPa and at 800 kg/m³ provided 825.97 and 827.68 kg/m³, moisture content 6.59 and 7.63% , water absorption 98.85 and 66.41% , thickness swelling at 40.16 and 30.04% , modulus of elastic 805 and 1,349 MPa , Modulus of rupture 5.41 and 8.39 MPa, internal bond 0.72 and 0.70 MPa, respectively.

The results showed that particleboards made from tea leaf wastes had properties of water absorption, thickness swelling lower than the standard. It had only internal bond passed the standard and particleboard at 800 kg/m³ with 13% urea formaldehyde was good quality.

Keywords : Particleboard, Refuse of Tea Leaves, Urea Formaldehyde

คำนำ

ในปัจจุบันน้ำชาได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและมีแนวโน้มว่าจะสูงมากขึ้นเนื่องจากคุณสมบัติต่างๆ ในน้ำชาที่มีอยู่มากมาย ทำให้เป็นที่สนใจแก่คนในยุคปัจจุบัน เมื่อกล่าวถึงใบชาคุณสมบัติที่เราคุ้นเคยกันดีก่อนเป็นอันดับแรกคือ ใช้ชงในน้ำร้อนดื่มเพื่อสุขภาพ ชุ่มคอ และคุณสมบัติที่มีประโยชน์ของใบชามีอยู่หลายชนิด ดังเช่น สารโพลีเมอร์ของสารในกลุ่ม Polyphenolic ซึ่งเป็นสารสำคัญที่มีบทบาทในการป้องกันการเกิดมะเร็งด้านการก่อกลายพันธุ์และยังมียุทธศาสตร์ด้านออกซิเดชัน จึงสามารถลดปริมาณอนุมูลอิสระในร่างกายที่เชื่อว่า



เป็นตัวละครสำคัญในการก่อให้เกิดมะเร็ง เราสามารถช่วยกระตุ้นระบบประสาททำให้สมองแจ่มใสและร่างกายสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในใบชาที่มีสารฟลูออไรด์จากธรรมชาติช่วยให้ฟันแข็งแรงมากขึ้นช่วยลดกลิ่นปากที่มีการหมักหมมของเชื้อแบคทีเรียในช่องปาก ชาที่มีสรรพคุณทำปฏิกิริยากับสารจำพวกไขมันและน้ำมัน ลดคอเลสเตอรอล ลดระดับความดันในเส้นเลือด ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเส้นเลือดหัวใจอุดตัน (บริษัท โออิชิ เทรคคิง จำกัด) นอกจากนี้ชายังสามารถดื่มเป็นยาแก้ท้องเสียได้ เนื่องจากสารแทนนินที่มีมากในใบชาช่วยบรรเทาอาการท้องเสีย นอกเหนือจากการผลิตเป็นเครื่องดื่มแล้ว ผลจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ยังสามารถนำเอาใบชามาใช้เพื่อดูดความชื้น กำจัดกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ตามสถานที่ต่างๆ ได้ ซึ่งกลิ่นอันหอมหวานของใบชายังสามารถช่วยผ่อนคลายความเครียดได้อีก หากแต่ประโยชน์ดังกล่าวเป็นเพียงส่วนหนึ่ง เมื่อเทียบกับคุณสมบัติที่จะนำกากใบชาที่เหลือจากการผลิตเป็นเครื่องดื่มมาเพิ่มมูลค่าของกากใบชาให้มีประโยชน์ขึ้นในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และเครื่องเรือน

เนื่องจากกากใบชาที่เหลือจากการแปรรูปยังไม่มีนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแพร่หลาย ซึ่งกากใบชาที่เหลือจากการผลิตจากบริษัทมีเป็นจำนวน 5-10 ตันต่อวันและต้องเสียค่าใช้จ่ายในการทำลายทิ้งโดยการจ้างบริษัทเอกชนฝังกลบ ซึ่งถือว่าไม่มีประโยชน์กับทางบริษัทผู้ผลิตเลย ทางผู้วิจัยจึงได้เกิดแนวคิดสร้างสรรค์แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดซึ่งทำมาจากกากใบชาที่เหลือจากการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มเพื่อสร้างสรรค์การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดใหม่ที่ทำมาจากกากใบชา ที่สามารถให้คุณสมบัติคล้ายคลึงกับแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทั่วไป และยังมีคุณสมบัติใหม่ๆ ที่ได้จากกากใบชา คือ มีกลิ่นจากใบชาและสีน้ำตาลเฉพาะตัวไม่เหมือนแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทั่วไป ซึ่งถือว่าเป็นเอกลักษณ์ใหม่ของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดและยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับกากใบชาที่เหลือใช้แทนการทิ้งที่เปล่าประโยชน์

การศึกษาการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากใบชาจากโรงงานผลิตเครื่องดื่มชาเขียว เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่า ให้กับกากใบชาที่เหลือจากการแปรรูปเป็นเครื่องดื่ม ให้วัสดุนี้เกิดประโยชน์มากขึ้นแก่อุตสาหกรรมและเป็นการช่วยลดปัญหาการขาดแคลนไม้ อีกทั้งจะเป็นการช่วยพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจของประเทศโดยรวมแทนการนำไปทิ้ง และเป็นการสร้างสรรค์แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดใหม่ที่ทำมาจากกากใบชา โดยสามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในการทำเฟอร์นิเจอร์และเครื่องเรือนได้เทียบเท่าแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทั่วไป เพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ประกอบการหรืออาจเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยในอนาคตต่อไป

วิธีการศึกษา

ใช้กากใบชาที่เหลือจากโรงงานผลิตเครื่องดื่มชาเขียวของบริษัทโออิชิเทรคคิง จำกัด เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ซึ่งเป็นลักษณะกากใบชาเปียกที่มีความชื้นสูง ได้นำกากที่เหลือบางส่วนมาทำการทดลองผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ตลอดจนศึกษาคุณสมบัติทางกายสมบัติและทางกลสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีความหนาแน่นและปริมาณปริมาณกาต่างกัน นำมาเปรียบเทียบโดยใช้มาตรฐาน JIS A 5908-1994 โดยกำหนดให้มีความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำการผลิตที่ระดับ 600 และ 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ที่ 10 และ 13% ของน้ำหนักอบแห้งของกากใบชา



สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดได้ดำเนินงานที่ห้องปฏิบัติการของงาน
อุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

อุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่องย่อยชิ้นไม้ (Hammer mill)
2. เครื่องอัดร้อน (Hot – press)
3. เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง (Screening Machine)
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Electric Balance)
5. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ (Universal Testing Machine)

ขั้นตอนการศึกษา

1. การเตรียมวัสดุและการศึกษา

1.1 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ใช้กากใบชาที่เหลือบางส่วนจากบริษัท โออิชิ เทรคดิ่ง จำกัด ในนิคม
อุตสาหกรรมนวนคร จังหวัดปทุมธานี การเตรียมกากใบชา เนื่องจากกากใบชาที่ได้นั้นอยู่ในสภาพที่เปียกชื้น
จึงจำเป็นต้องนำกากใบชาดังกล่าวผ่านขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้ได้กากใบชาที่พร้อมจะนำไปใช้ในกระบวนการ
อัดแผ่น โดยสามารถ สรุปขั้นตอนต่างๆ ในการเตรียมวัสดุและการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากใบชาได้ดังนี้

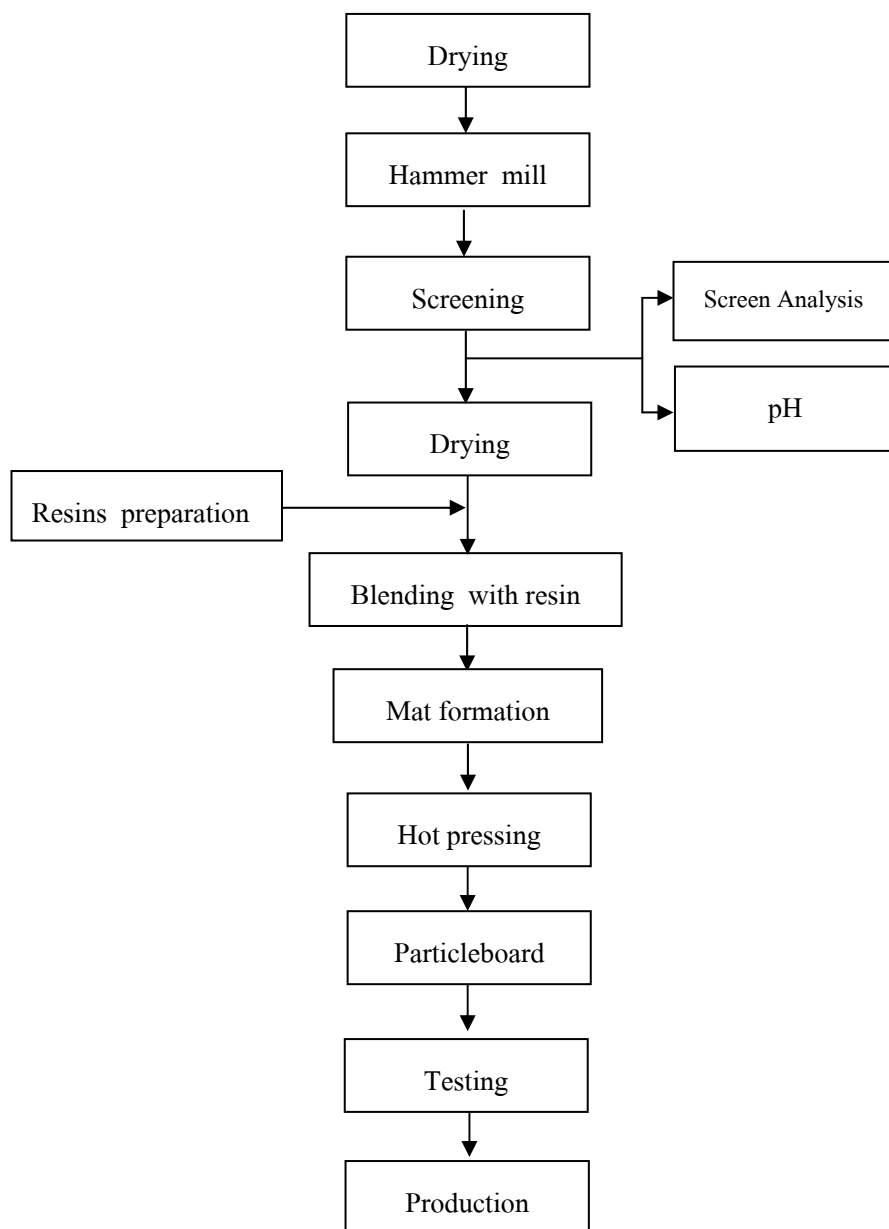


Figure 1. The preparation and production of particleboard from tea leaf wastes.

1.2 ปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตแผ่นจีนอัดจากกากใบชา มีดังนี้

สภาวะต่างๆ ที่กำหนดในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากใบชา

ความหนาแน่น	600 และ 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	
ความหนาของแผ่น	10	มิลลิเมตร
ขนาดของแผ่นที่อัด	400 × 400	มิลลิเมตร
ขนาดของแผ่นทดสอบ	300 × 300	มิลลิเมตร
ความชื้นจากรากใบชาก่อนผสม	3	%
ปริมาณความเข้มข้นกาวยูเรียแห้งต่อน้ำ	1 : 1	



ปริมาณกาวยูเรียที่ใช้ผสม	10 และ 13	% ของกากใบชาอบแห้ง
ปริมาณสารเร่งแข็ง	1	% ของกาวยูเรียแห้ง
ความชื้นของชิ้นกากใบชาหลังผสม	12 - 15	%
อุณหภูมิที่ใช้ในการอัด	120 – 125	องศาเซลเซียส
แรงดันที่ใช้ในการอัด	150	กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
ระยะเวลาที่ใช้ในการอัด	5	นาที

1.3 การตรวจสอบหาคุณสมบัติของสารผสมระหว่างกาวยูเรียและสารเติมแต่ง พิจารณาคูณลักษณะของสารผสมระหว่างกาวยูเรียและสารเติมแต่งนี้ โดยทำการศึกษาคูณสมบัติของกาวยูเรีย ดังนี้

Table 1. The properties of Urea Formaldehyde Resin.

Properties	Urea Formaldehyde
pH	9.02
Viscosity centipoises	130.00
Non - volatile content (%)	47.99
Gel time (min : sec) at 100 °C (mix with ammonium chloride 2% base on dry resin)	0 : 39
Specific Gravity (at 31 °C)	1.182

Gel time was occurred more than 3 hours without adding hardener.

1.4 ปริมาณส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากใบชา

Table 2. The ratio mixture of particleboard from tea leaf wastes.

Compound	Density (kg/m ³) / Resins ratio (%)			
	600 / 10	600 / 13	800 / 10	800 / 13
Tea leaf wastes (g) (Moisture Content 3%)	898.09	874.04	1197.46	1165.38
Dry urea (g)	87.19	110.32	116.26	147.09
Water (g)	87.19	110.32	116.26	147.09
Hardener (g)	8.70	11.0	11.60	14.70
Weight / Particleboard (g)	1081.18	1105.68	1441.58	1474.25



Figure 2. The quality of tea leaf wastes from Oishi company limited.

2. วิธีการผสมและผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากใบชา

2.1 การผสมกากกับกากใบชา ผสมเนื้อกากและสารเร่งแข็งตามสัดส่วนที่กำหนดลงในกระบอกสเปรย์กาว ทำการสเปรย์ลงในเครื่องผสมกากที่ใส่กากใบชาไว้ โดยพยายามสเปรย์ให้กากกระจายทั่วกากใบชาจนกระทั่งกาวหมด จึงปล่อยให้เครื่องผสมกากหมุนต่อไปอีกประมาณ 5 – 10 นาที

2.2 การโรยแผ่นเตรียมอัดร้อน นำชิ้นกากใบชาที่ผ่านการสเปรย์กาวขังน้ำหนักตามที่คำนวณไว้แล้วมาโรยใส่เครื่องฟอร์มแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 400 × 400 มิลลิเมตร ทำการโรยให้ทั่วและสม่ำเสมอเพื่อลดอาการบวมของแผ่น โดยก่อนทำการโรยแผ่นจะต้องวางแผ่นเหล็กที่ใช้ในการอัดแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดไว้ชั้นล่างสุดแล้วจึงตามด้วยแผ่นกันความร้อนไว้บนแผ่นเหล็ก เพื่อป้องกันไม่ให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดไหม้หรือติดกับแผ่นเหล็ก เมื่อโรยจนหมดก็ทำการเกลี่ยผิวหน้าให้เรียบสม่ำเสมอและปิดทับด้วยแผ่นกันความร้อนทับด้านบน และจึงวางแผ่นเหล็กไว้ด้านบนสุด

2.3 การอัดร้อนหลังจากโรยแผ่นเตรียมอัดเสร็จ นำแผ่นที่เตรียมได้เข้าเครื่องอัดร้อน ใช้อุณหภูมิในการอัด 120-125 องศาเซลเซียส แรงดัน 150 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ใช้เวลาในการอัด 5 นาที จากนั้นนำแผ่นที่ผลิตได้ออกจากเครื่อง ปรับสถานะของแผ่นโดยวางไว้ในสภาพบรรยากาศปกติเป็นเวลา 7 วัน (วรธรรม, 2541) และนำไปทดสอบคุณสมบัติของแผ่นต่อไป

3. การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทางด้านกายสมบัติและกลสมบัติ

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การดูดซึมน้ำและการพองตัวหลังแช่น้ำ และการทดสอบคุณสมบัติทางกล ได้แก่ ความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่นและแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตขึ้นมานั้นเป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ความหนาแน่นกำหนด 600 และ 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้คือ 10 และ 13% ของน้ำหนักอบแห้งของกาก



ใบชาตามลำดับ ใช้แรงดันในการอัด 150 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อุณหภูมิที่ใช้ในการการอัด 120 -125 องศาเซลเซียส ได้ผลการศึกษาดังนี้

1. การวิเคราะห์ขนาดของชิ้นกากใบชาก่อนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

นำเอาชิ้นกากใบชาที่ได้จากการย่อยชั่งน้ำหนักและเข้าเครื่องร่อน แล้วนำไปวิเคราะห์ขนาดชิ้นกากใบชา

Table 3. Screen Analysis of tea leaf wastes.

Mesh No.	Average mesh aperture (mm.)	Average Particle dimension ^{1/}			Slenderness ratio	Amount of particle ^{2/} (%)
		Width (mm.)	Length (mm.)	Thickness (mm.)		
+ 5	4.000	-	-	-	-	0.00
- 5+12	2.840	1.93	5.08	1.20	4.23	6.47
- 12+20	1.275	1.10	3.26	0.63	5.17	46.77
-20 +40	0.638	0.58	1.42	0.29	4.90	43.83
- 40+60	0.337	-	-	-	-	2.67
- 60	0.250	-	-	-	-	0.27

^{1/} Each average value was measured from 100 particles.

^{2/} Percentage value based on the weight of total particles.

จากตาราง พบว่า ชิ้นกากใบชาที่ใช้ผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากตระแกรงร่อนขนาด -12+20 มีขนาดชิ้นที่ใช้ในการอัดแผ่นมีขนาดความกว้างเฉลี่ย 1.10 มม. ความยาวเฉลี่ย 3.26 มม. ความหนาเฉลี่ย 0.63 มม. มีปริมาณมากที่สุดถึง 46.77 % และมีสัดส่วนความเพียวเฉลี่ย 5.17 เท่า

2. ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและความสามารถในการฟ่อนความเป็นกรดของชิ้นกากใบชา

Table 4. The analysis of pH and acid buffering capacity of tea leaf wastes and Rubberwood.

Type of wood	pH Average	Acid Buffering Capacity, milliequivalent ($\times 10^{-3}$)
Tea leaf wastes	5.15	56.8
Rubberwood *	5.78	40.8

(*Oonjittichai, 2000)



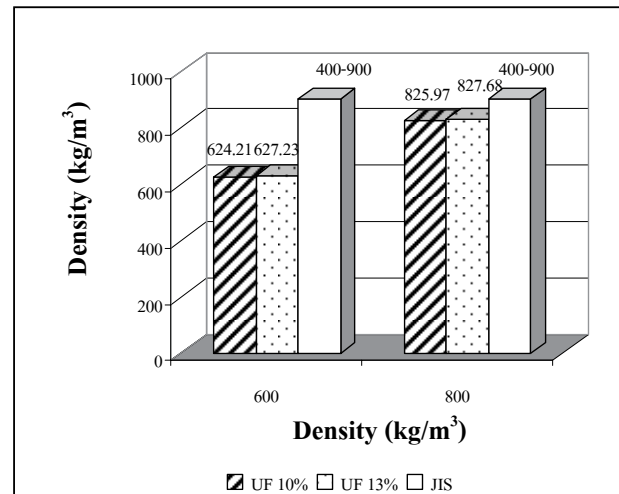
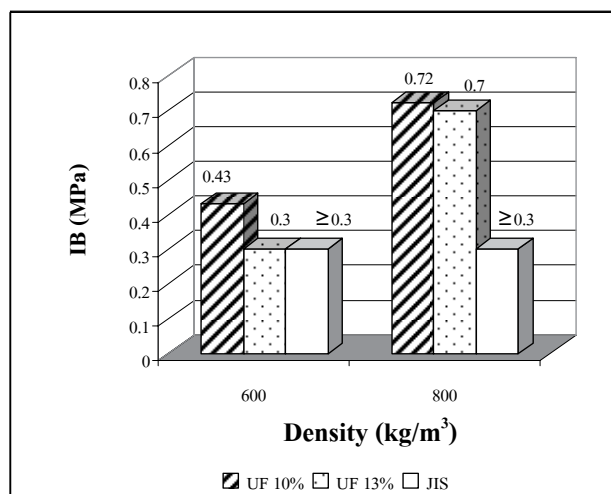
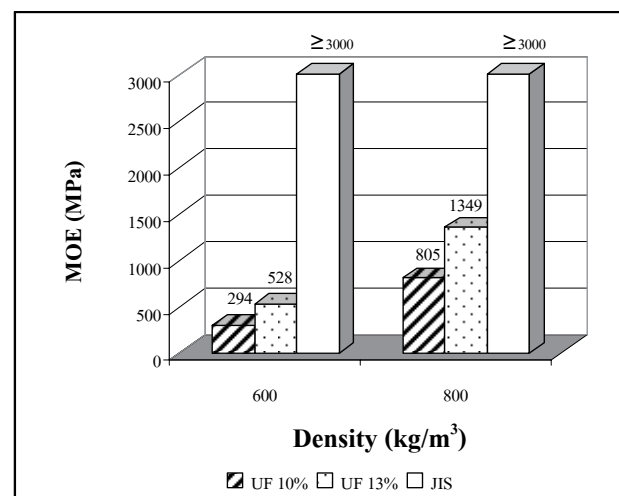
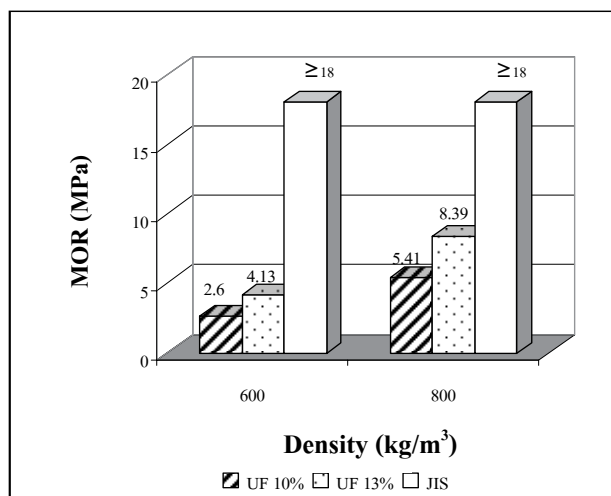
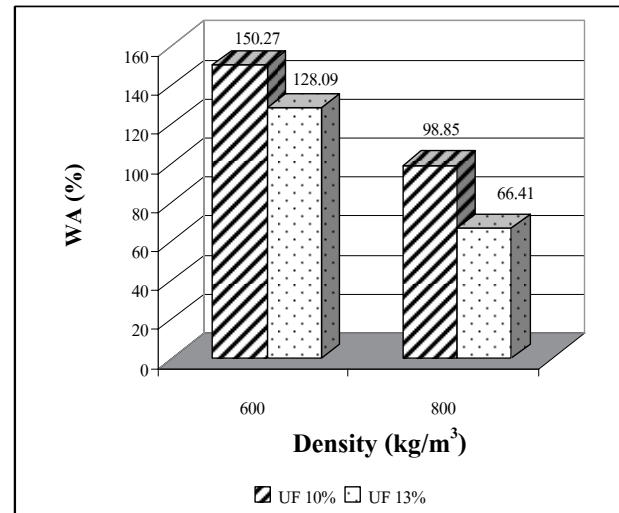
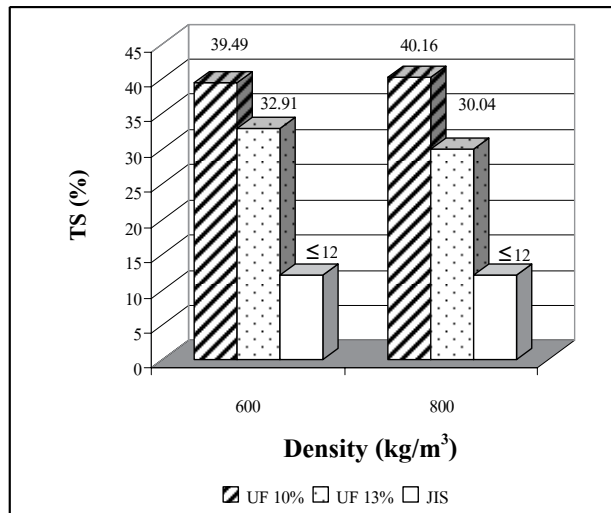
สรุปค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการพิจารณาใช้สารเร่งแห้ง

ความเป็นกรดเป็นด่างของชิ้นกากใบชามีค่า 5.15 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าไม้ยางพารา ชิ้นกากใบชาที่มีความเป็นกรดน้อย ไม่เอื้ออำนวยต่อการแข็งตัวของกาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ แต่เมื่อพิจารณาถึงผลการตรวจสอบการพ่นความเป็นกรดของชิ้นกากใบชาที่จะนำมาพิจารณาการใช้สารเร่งแห้ง ในส่วนของชิ้นกากใบชาพบว่ามีค่าการพ่นความเป็นกรดของชิ้นกากใบชาเท่ากับ 56.8 milliequivalent ($\times 10^{-2}$) ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าไม้ยางพารา จึงควรใช้สารเร่งแห้งผสมเข้ากับกาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ เนื่องจากเมื่อเติมสารเร่งในกาวแล้วจะทำปฏิกิริยากับฟอรัลดีไฮด์ที่มีอยู่ในกาวเกิดเป็นเฮกซามีน และกรดแก่ทำให้ส่วนผสมกาวเป็นกรดมากขึ้น ปฏิกิริยาแข็งตัวของกาวก็จะเกิดเร็วขึ้น โดยสารเร่งแห้งเหล่านี้ใช้ผสมเพียง 0.25 – 1.5 % ของน้ำหนักกาวแห้ง

3. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

Table 5. The properties of particleboard from tea leaf wastes using urea formaldehyde (UF) 10 and 13% as binder, at board density 600 and 800 (kg/m^3).

Board Density (kg/m^3)	Quantity of resins (%)	Property						
		WA (%)	TS (%)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	IB (MPa)	Density (kg/m^3)	MC (%)
600	10	150.27	39.49	2.60	294	0.43	624.21	6.94
	13	128.09	32.91	4.13	528	0.30	627.23	7.02
800	10	98.85	40.16	5.41	805	0.72	825.97	6.59
	13	66.41	30.04	8.39	1349	0.70	827.68	7.63
JIS A 5908-1994		-	≤ 12	≥ 18	≥ 3000	≥ 0.3	400-900	5-13



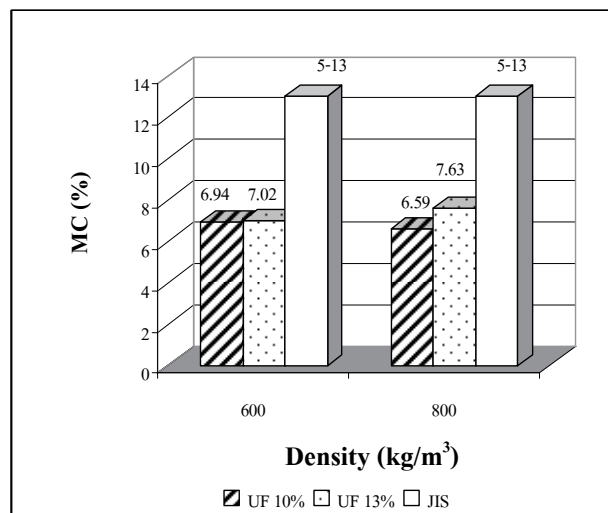


Figure 3. The properties of particleboard from tea leaf wastes.

ผลการทดสอบคุณสมบัติ ดังนี้

1. การดูดซึมน้ำและการพองตัวมีค่าลดลงเมื่อความหนาแน่นและใช้ปริมาณกาวสูงขึ้น คือ ที่ความหนาแน่น 600 กก./ม.³ ปริมาณกาว 10 และ 13% มีค่าการพองตัวเฉลี่ยที่ 39.493 และ 32.910% ตามลำดับ ส่วนที่ความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม. ปริมาณกาว 10 และ 13% มีค่าการพองตัวเฉลี่ยที่ 40.160 และ 30.038% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard พบว่า แผ่นมีค่าการพองตัวหลังแช่น้ำไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกสถานะ ทั้งนี้ เนื่องจากกากใบชาที่ได้จากบริษัท โออิชิ เทรดดิ้ง จำกัด มีความชื้นสูง ก่อนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีการลดค่าความชื้นให้อยู่ในค่าที่เหมาะสม แต่ไม่เคลือบผิวหน้า จึงทำให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากใบชามีการดูดซึมน้ำและการพองตัวสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2. คุณสมบัติของแผ่นด้านความต้านทานแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นมีค่าสูงขึ้นเมื่อความหนาแน่น และใช้ปริมาณกาวสูงขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard พบว่า ยังมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด ทั้งนี้เนื่องจากกากใบชาที่ผ่านการย่อยและร่อนมีขนาดเล็กและสั้น ทำให้มีการซ้อนทับกันระหว่างชิ้นไม้ไม่ย่นลง จึงมีผลทำให้แผ่นที่ผลิตได้มีคุณสมบัติลดลง

3. การทดสอบคุณสมบัติแรงยึดเหนี่ยวภายในแผ่นที่ความหนาแน่นและการใช้ปริมาณกาวที่แตกต่างกัน พบว่า เมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้นความต้านแรงดัดของแผ่นจะสูงขึ้น ส่วนการใช้ปริมาณกาวสูงขึ้นมีผลทำให้ความต้านแรงดัดของแผ่นลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard พบว่า แผ่นมีคุณสมบัติแรงยึดเหนี่ยวภายในสูงกว่ามาตรฐานกำหนดทุกแผ่น

4. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ความหนาแน่นกำหนดที่ 600 และ 800 กก./ลบ.ม. และใช้กาวยูเรียฟอรัลมีลีสไต์ 13% เป็นตัวประสาน จะมีค่าคุณสมบัติความหนาแน่นของแผ่นสูงกว่าแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอรัลมีลีสไต์ 10% เป็นตัวประสาน และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard กำหนดไว้ที่ 5- 13 % ซึ่งผลการทดสอบพบว่า ทุกสถานะอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้



5. ความชื้นของแผ่นที่ผลิตจากปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากใบชา ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10 และ 13% เป็นตัวประสาน ความหนาแน่น 600 และ 800 กก./ม.³ พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard กำหนดไว้ที่ 5- 13 % ซึ่งผลการทดสอบพบว่า ทุกสภาวะอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

สรุปผล

จากการศึกษาทดลองผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากใบชาที่ความหนาแน่น 600 และ 800 กก./ม.³ ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ระดับ 10 และ 13% ของน้ำหนักกากใบชาอบแห้งตามลำดับ จากนั้นนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของชิ้นกากใบชา มีดังนี้

1. การวิเคราะห์ขนาดของชิ้นกากใบชาก่อนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด พบว่า กากใบชามีขนาดความกว้างประมาณ 1.10 มม. ความยาว 3.26 มม. ความหนา 0.63 มม. มีปริมาณมากที่สุดถึง 46.77 % และมีสัดส่วนความเพริช 5.17 เท่า

2. การทดสอบความเป็นกรดเป็นด่างของชิ้นกากใบชา มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ที่ 5.15 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าไม้ยางพารา ส่วนค่าการพ่นความเป็นกรดของชิ้นกากใบชาเท่ากับ 56.8 มีค่าสูงกว่าไม้ยางพารา

2. ผลการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากใบชา

1 การเปรียบเทียบปริมาณกาวยที่ใช้ในการผลิตแผ่น พบว่า การใช้กาวยในปริมาณที่สูงขึ้นมีผลทำให้คุณสมบัติการพองตัวและการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ ความต้านทานแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่นดีขึ้น

2 การเปรียบเทียบความหนาแน่นที่แตกต่างกัน พบว่า การผลิตแผ่นโดยใช้ความหนาแน่นสูงขึ้น มีผลทำให้คุณสมบัติการพองตัวและการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ ความต้านทานแรงดัดมอดูลัสยืดหยุ่นและความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าดีขึ้น

3. ผลการเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard

แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากใบชามีค่าคุณสมบัติความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่ามาตรฐานกำหนด และมีค่าคุณสมบัติความหนาแน่นและความชื้นอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ส่วนคุณสมบัติความต้านทานแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่นและการพองตัวหลังแช่น้ำยังมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด



Figure 4. Sample product of particleboard from tea leaf wastes.

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากใบชามีคุณสมบัติด้านความต้านทานแรงดัดไม่สูงนัก เนื่องจากชั้นกากใบชามีลักษณะที่หนาและสั้น ทำให้มีการซ้อนทับกันระหว่างชั้นกากใบชาน้อยลง แต่ก็ยังมีผลดี คือ การยึดเหนี่ยวภายในสูงขึ้น การวิจัยต่อไปควรทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับลักษณะกากใบชาที่จะใช้ผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ซึ่งอาจทำการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากใบชาที่ไม่ผ่านกระบวนการย่อย ซึ่งจะทำให้มีการซ้อนทับกันระหว่างชั้นกากใบชามากขึ้น

แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำการทดสอบไม่สามารถต้านทานสภาวะเปียกชื้นได้ เนื่องจากการทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำและการพองตัวมีค่าสูง จึงควรนำไปใช้ในงานเฟอร์นิเจอร์ที่ไม่จำเป็นต้องถูกน้ำหรือความชื้นสูงๆ เช่น กรอบรูป ป้ายประกาศเกียรติคุณ พื้นหน้าโต๊ะ ฯลฯ เนื่องจากแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำการผลิตได้นี้มีเอกลักษณ์ คือ กลิ่นหอมจากกากใบชา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท โออิชิ เทรดดิ้ง จำกัด ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์กากใบชา เพื่อเป็นวัตถุดิบในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จ สามารถนำความรู้ที่ได้ไปเป็นแนวทางในการลงทุนให้เกิดมูลค่าเพิ่มได้อีกในอนาคต

และขอขอบคุณ คุณรัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโสสังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้และของสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่ง



เอกสารอ้างอิง

บริษัท โออิชิ เทรดดิ้ง จำกัด. www.oishigroup.com.

วรรณม อุณจิตติชัย. 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล (แผ่นชิ้นไม้อัด) และกรรมวิธีผลิต. เอกสารวิชาการเลขที่ ร. 514. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.

วรรณม อุณจิตติชัย. 2543. แผ่นปาร์ติเกิลจากเศษไม้คละชนิดเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม. ใน รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ 2541 – 2542. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. หน้า 87 – 105.

Japanese Industrial Standard, Japanese Standards Association. 1994. JIS A 5908 Standard Specification for Particleboards. Hohbunsha Publ. Co. Inc. Tokyo. 24 p.



การศึกษาการผลิตแผ่นขึ้นอัดจากใบหญ้าสลาบลอง¹

A STUDY OF USING LEAVES OF CAT-TAIL FOR PARTICLEBOARD PRODUCTION

พัฒนะ โสภณ

(Phattana Sapon)²

ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์

(Poosit Lertwatanarak)²

วรธรรม อุ่นจิตติชัย

(Woratham Oonjittichai)³

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตแผ่นขึ้นอัดจากใบหญ้าสลาบลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นขึ้นอัดจากใบหญ้าสลาบลองเพื่อใช้ทดแทนไม้จากธรรมชาติ โดยผ่านตะแกรงร่อนแยกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดใหญ่ (A) เท่ากับ 5.5 x 5.5 มิลลิเมตร ขนาดกลาง (B) เท่ากับ 3.4 x 3.4 มิลลิเมตร และขนาดเล็ก (C) เท่ากับ 1.4 x 1.4 มิลลิเมตร โดยแผ่นที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบแบบชั้นเดียว ในขั้นตอนการผลิตใช้ กาวไอโซไซยาเนต 7% นำแผ่นที่เตรียมไว้ในเครื่องอัดร้อนโดยใช้แรงดัน 150 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แผ่นขึ้นอัดที่ได้มีความหนาแน่น 800 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และความหนา 8 มิลลิเมตร แล้วนำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกลตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 876-2547 และคุณสมบัติความเป็นฉนวนเปรียบเทียบกับไม้อัดสักหนา 4 มิลลิเมตร ยิปซัมบอร์ดหนา 9 มิลลิเมตร และวัสดุฉนวนทางการค้า

ผลการศึกษาพบว่า ใบหญ้าสลาบลองสามารถนำมาอัดเป็นแผ่นขึ้นอัดได้ ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพตามที่ต้องการและคุณสมบัติเชิงกลผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.876-2547 (แผ่นขึ้นอัดชนิดอัดราบ) ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น ค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ ความต้านแรงดัด ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นและค่าแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า จากการเปรียบเทียบแผ่นขึ้นอัดทั้ง 3 ขนาด พบว่า แผ่นขึ้นอัด B มีคุณสมบัติดีที่สุด โดยมีค่าความต้านแรงดัดเท่ากับ 31.26 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 3,109.4 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าเท่ากับ 0.56 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับไม้อัดสักและยิปซัมบอร์ด พบว่า แผ่นขึ้นอัดที่ผลิตจากใบหญ้าสลาบลองมีค่าความต้านทานแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่นและแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าดีกว่ายิปซัมบอร์ด ในด้านคุณสมบัติความเป็นฉนวนพบว่า แผ่นขึ้นอัด A มีคุณสมบัติดีที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.204 วัตต์/เมตรเคลวิน ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่ายิปซัมบอร์ดทางการค้า ดังนั้นแผ่นขึ้นอัดจากใบหญ้าสลาบลองจึงสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างภายใน

คำหลัก : แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ใบหญ้าสลาบลอง กาวไอโซไซยาเนต

¹ โครงการบูรณาการร่วมระหว่าง งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

และคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

² คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

³ งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้



ABSTRACT

This research aimed to study the feasibility of producing particleboard by using the cat-tail leaves as raw materials. The cat-tail leaves were peeled off and classified into 3 sizes, A (5.5x5.5 mm), B (3.4x3.4 mm) and C (1.4x1.4 mm). The particleboards were made by high temperature pressing in the machine with 7% isocyanate (pMDI) glue to produce single layered board. The compressed force used 150 kg/cm² with the temperature of 120 °C for 5 minutes. The desired density of the particleboard is around 800 kg/m³ and the thickness is 8 mm. These boards were tested as specified in the Thai industrial standards (TISI 876-2547) and thermal properties were compared with 4 mm thick plywood, 9 mm thick Gypsum plasterboard and thermal insulation board.

The results showed that the cat-tail leaves can be used to produce particleboard. The physical and mechanical properties pass the Thai industrial standards (TISI 876-2547) including density, moisture content, thickness swelling, modulus of rupture, modulus of elasticity and tensile strength. It showed that board B provided best properties of modulus of rupture 31.26 N/mm², modulus of elasticity 3,109.4 N/mm² and tensile strength 0.56 N/mm². When boards compared with plywood and Gypsum plasterboard, it showed that the cat-tail leave particleboard yielded the modulus of rupture, modulus of elasticity and tensile strength more than those of Gypsum plasterboard. In case of thermal properties, the board A provided the best-fit thermal conductivity 0.204 W/mK which is lower than those of the commercial Gypsum plasterboards. The above results suggest that the cat-tail leaves particleboard can be used for interior construction.

Keywords : Particleboard, Cat-tail leaf, Isocyanate

คำนำ

ปัจจุบันพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยถูกทำลายเป็นจำนวนมาก ทำให้ปริมาณพื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างรวดเร็ว เพราะความต้องการของมนุษย์ที่นำไม้มาแปรรูปเป็นวัสดุในการก่อสร้างและงานตกแต่งอาคาร เช่น เครื่องเรือน บานประตู บานหน้าต่าง เป็นต้น นับวันความต้องการใช้ไม้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นแต่ปริมาณไม้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์ การแก้ปัญหาและการป้องกันในปัจจุบัน คือ การจัดสรรทรัพยากรไม้ให้เพียงพอต่อความต้องการในการใช้ประโยชน์จากไม้ โดยภาครัฐจะต้องเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการ เช่น การปลูกป่า การป้องกันการลักลอบตัดไม้ เป็นต้น แต่สิ่งสำคัญควรหาทางเลือกเพิ่มขึ้น โดยการหาวัสดุทดแทนที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทดแทนไม้จากธรรมชาติได้ เพื่อช่วยตอบสนองความต้องการใช้ไม้

ไม้เทียม (Artificial wood) เป็นทางเลือกหนึ่งในการช่วยทดแทนไม้จากธรรมชาติ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ โดยการใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างและทดแทนผลิตภัณฑ์ไม้ ปัจจุบันไม้เทียมเป็นที่ยอมรับ



และเป็นที่ต้องการของตลาดมาก แต่การผลิตไม้เทียมยังต้องสั่งเส้นใยแก้วจากต่างประเทศเข้ามาเป็นจำนวนมาก เพื่อให้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไม้เทียม ทั้งที่ในประเทศไทยมีวัสดุที่ใช้ทดแทนใยแก้วได้คือ วัชพืชจากธรรมชาติ เช่น ต้นหญ้าสลาบลหวง ผักตบชวา เป็นต้น วัชพืชเหล่านี้โดยเฉพาะต้นหญ้าสลาบลหวงจะมีการเจริญเติบโตได้ดีทั่วทุกภูมิภาคในประเทศไทย ซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและเพาะพันธุ์สัตว์ร้ายหลายชนิด การกำจัดต้นหญ้าสลาบลหวงนิยมเผาทำลายทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ แต่ลำต้นของต้นหญ้าสลาบลหวงที่ฝังตัวอยู่ใต้ดินทนต่อความร้อนได้จึงสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ ดังนั้นการนำต้นหญ้าสลาบลหวงมาผลิตเป็นไม้เทียมประเภทแผ่นขึ้นไม้อัดจึงเป็นการช่วยควบคุมการเจริญเติบโต ช่วยเพิ่มมูลค่าของวัชพืชต้นหญ้าสลาบลหวงและยังเป็นการเพิ่มทางเลือกในการทดแทนไม้ ลดการใช้ไม้จากธรรมชาติและไม้เทียมที่ต้องใช้เส้นใยแก้วเป็นวัตถุดิบ งานวิจัยนี้จึงมีส่วนช่วยในการพัฒนาวัชพืชต้นหญ้าสลาบลหวง โดยนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด เพื่อทดแทนไม้ธรรมชาติในงานก่อสร้าง งานตกแต่งอาคารทางสถาปัตยกรรมและลดการนำเข้าวัสดุใยแก้วจากต่างประเทศที่ใช้ในการผลิตไม้เทียม

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเตรียมหญ้าสลาบลหวง ที่ใช้ในก่อสร้างและการตกแต่งอาคารที่เกี่ยวกับงานสถาปัตยกรรมได้ สามารถผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดที่ได้จากใบหญ้าสลาบลหวง เพื่อทดแทนไม้จากธรรมชาติในก่อสร้างและการตกแต่งอาคารที่เกี่ยวกับงานสถาปัตยกรรมได้ ศึกษาขนาดของใบหญ้าสลาบลหวงที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกลและการเป็นฉนวน เปรียบเทียบคุณลักษณะและคุณสมบัติเชิงกลกับแผ่นขึ้นไม้อัดและแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้า รวมถึงเปรียบเทียบคุณสมบัติการเป็นฉนวนกับวัสดุฉนวนทางการค้า

วิธีการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณที่ศึกษาเชิงทดลองและเปรียบเทียบ โดยมีการทดสอบคุณลักษณะคุณสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน มอก . 876 -2547 (แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ) และคุณสมบัติการเป็นฉนวนของแผ่นขึ้นไม้อัดที่ผลิตจากใบหญ้าสลาบลหวง เปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลและความเป็นฉนวนของไม้อัดสักและยิปซัมบอร์ดที่นิยมใช้เป็นฝ้าผนังภายในที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตและทดสอบแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดได้ดำเนินงานที่ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

อุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่องย่อยชิ้นไม้ (Hammer mill)
2. เครื่องอัดร้อน (Hot pressure)
3. เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง (Screening Machine)
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Electric balance)
5. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ (Universal Testing Machine)



1. การเตรียมวัสดุและการศึกษา

ใช้ใบหญ้าสลาบลดลงเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นขึ้นอัด โดยกำหนดใช้ค่า pMDI เป็นตัวประสานปริมาณการใช้ 7% ในการอัดแผ่นต่อน้ำหนักอบแห้งของขึ้นไม้ แล้วนำแผ่นขึ้นอัดที่ได้มาเปรียบเทียบกับทางกายสมบัติและทางกลสมบัติกับมาตรฐาน มอก. 876-2547 (แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ) โดยกำหนดให้แผ่นขึ้นอัดมีความหนาแน่น 800 kg/m^3

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบแผ่นขึ้นอัดได้ดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

ขั้นตอนการเตรียมขึ้นไม้ก่อนการอัดแผ่น

1. นำใบหญ้าสลาบลดลงตามแหล่งน้ำที่มีการเจริญเติบโตของต้นหญ้าสลาบลดลง โดยเลือกที่มีขนาดและอายุใกล้เคียงกัน คือ ต้นหญ้าสลาบลดลง 1 ต้น จะต้องมีใบประมาณ 10-15 ใบ แต่ละใบมีความยาว 3.00-3.50 เมตร กว้าง 1.50-2.50 เซนติเมตร และเป็นใบหญ้าสลาบลดลงที่เขียวสด
2. แยกใบหญ้าสลาบลดลงออกจากต้น แยกใบแก่ที่อยู่ด้านนอกและใบอ่อนที่อยู่ด้านในทิ้ง และแยกใบหญ้าสลาบลดลงออกจากลำต้น โดยไม่ให้ใบของหญ้าสลาบลดลงเกิดการหักงอ เพราะจะทำให้การรับแรงลดน้อยลง
3. นำใบหญ้าสลาบลดลงที่แยกออกจากกันผึ่งแดดแผ่ใบให้ทั่ว และให้แสงแดดส่องได้ทั่วถึง เพื่อไล่ความชื้นออกได้ทั่วจนใบหญ้าสลาบลดลงแห้ง
4. นำใบหญ้าสลาบลดลงที่แห้งจากการผึ่งแดดมาชั่งด้วยเครื่องชั่ง
5. นำใบหญ้าสลาบลดลงที่ได้จากการชั่งมาคัดขนาด ด้วยเครื่องคัดขนาด ซึ่งขนาดจะกำหนดด้วยขนาดของตะแกรงร่อน มี 3 ขนาด คือ
 - ขนาดใหญ่ (A) มีความยาว 5.5 มิลลิเมตร และกว้าง 5.5 มิลลิเมตร
 - ขนาดกลาง (B) มีความยาว 3.4 มิลลิเมตรและกว้าง 3.4 มิลลิเมตร
 - ขนาดเล็ก (C) มีความยาว 1.4 มิลลิเมตร และกว้าง 1.4 มิลลิเมตร
6. นำใบหญ้าสลาบลดลงที่คัดขนาดแล้วเข้าเครื่องอบเพื่อลดความชื้น โดยให้ความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4-13 %
7. นำใบหญ้าสลาบลดลงที่ผ่านเกณฑ์ของค่าความชื้นเข้าสู่กระบวนการผลิตแผ่นขึ้นไม้ต่อไป



Figure 1. Leaves of cat-tail.

2. กระบวนการอัดแผ่นขึ้นไม้อัดจากใบหญ้าสลาบลหวง

1. นำใบหญ้าสลาบลหวงผสมกับ pMDI ให้ทั่ว โดยใช้เครื่องพ่นกับเครื่องผสมกาว โดยใช้ใบหญ้าสลาบลหวงและ pMDI เพิ่มปริมาณอีก 10% ของน้ำหนัก เพื่อป้องกันการสูญหายในขณะทำการผสม
2. นำใบหญ้าสลาบลหวงผสมกับ pMDI แล้วมาชั่งน้ำหนักตามความหนาแน่นที่ 800 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร
3. นำใบหญ้าสลาบลหวงที่ผสมแล้วมาร้อนกับตะแกรงใส่ในแบบขนาด กว้าง 35 เซนติเมตร และยาว 35 เซนติเมตร ที่รองพื้นด้วยแผ่นเหล็กและแผ่นเทปลอน ซึ่งการรอนด้วยตะแกรงจะทำให้แผ่นผนัง ที่อัดมีความหนาแน่นสม่ำเสมอทั่วแผ่น
4. เอาแบบออก ปิดด้วยแผ่นเทปลอนและแผ่นเหล็ก ซึ่งมี Stopper กันระหว่างแผ่นเทปลอนและแผ่นเหล็กบนและล่าง
5. เปิดเครื่องอัดร้อน โดยใช้แรงอัด 150 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร อุณหภูมิ 120°C ใช้ระยะเวลาในการอัด 5 นาที (วรรณม, 2541)
6. เมื่ออัดเสร็จนำแผ่นที่อัดได้มาผึ่งที่อุณหภูมิห้องปกติ เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง เพื่อให้แผ่นอัดได้ปรับสภาพก่อนนำไปตัดหรือแปรรูป

3. การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัดที่ผลิตได้จากสถานะที่ศึกษา

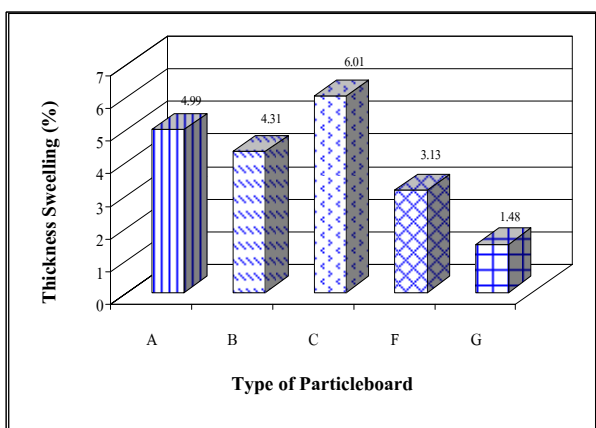
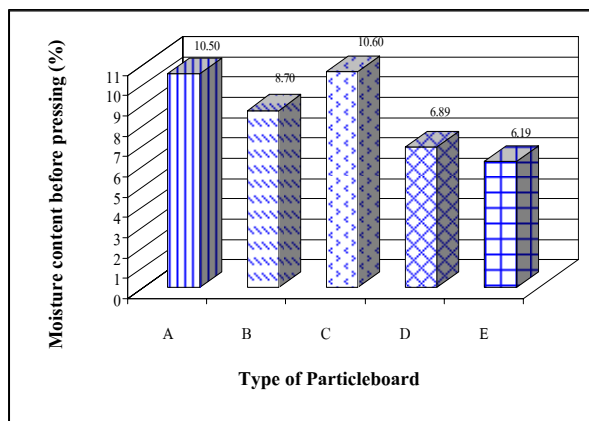
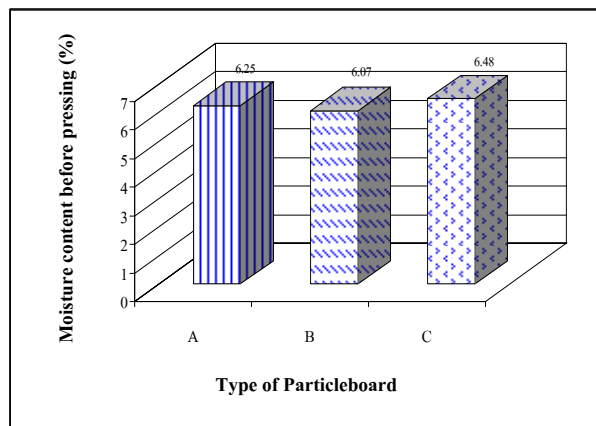
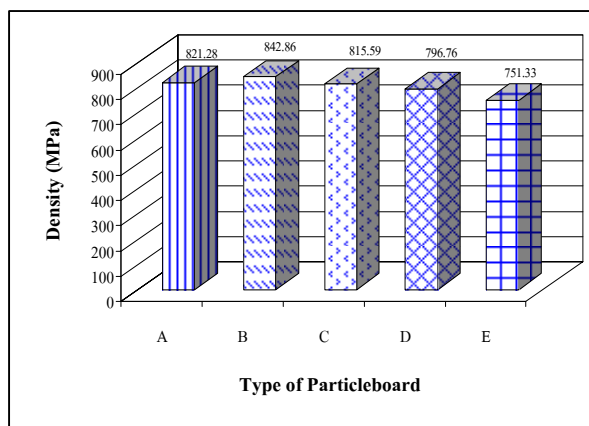
การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การดูดซึมน้ำและการพองตัวหลังแช่น้ำและการทดสอบคุณสมบัติทางกล ได้แก่ ความต้านทานแรงคด โมดูลัสยืดหยุ่นและแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 876 – 2547 (แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดราบ)

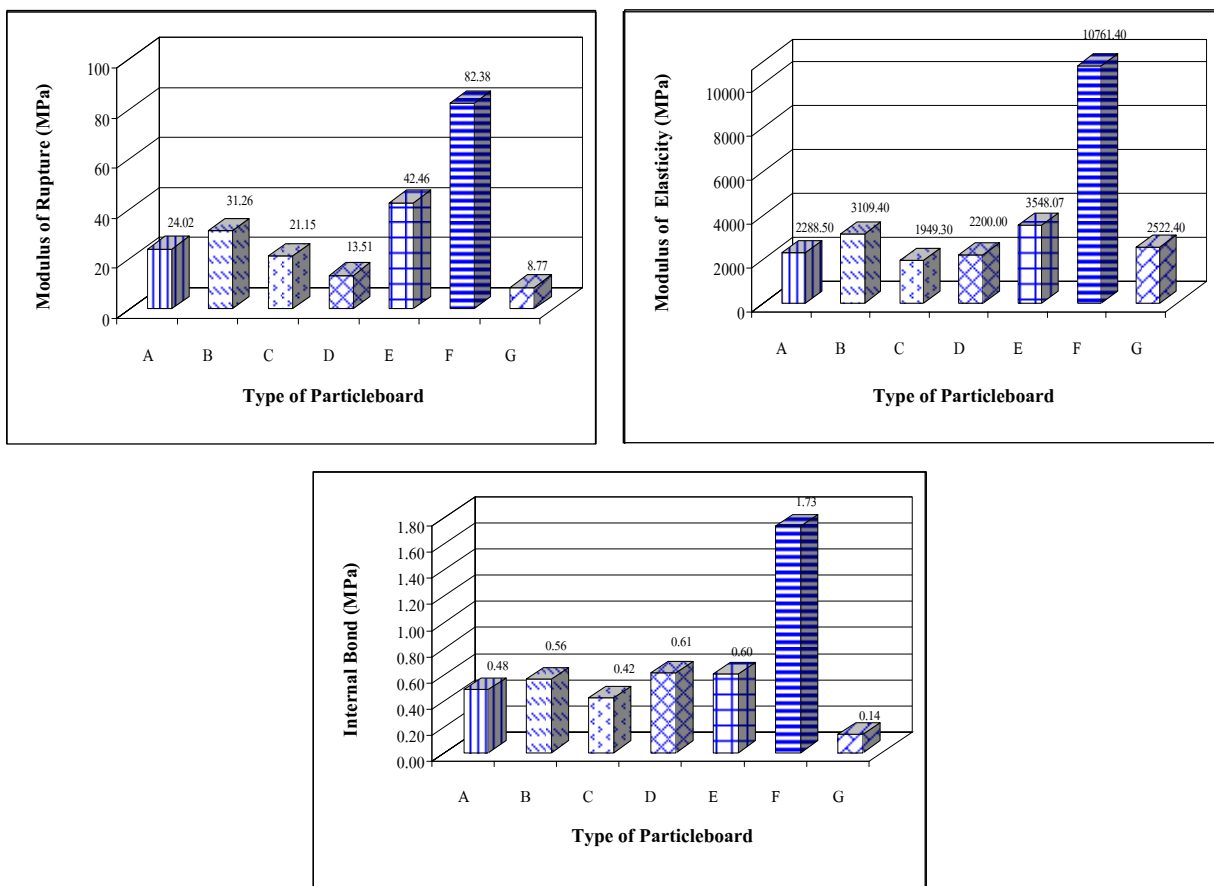
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

การผลิตแผ่นจีนไม้อัดที่ผลิตจากใบหญ้าสาบหลว โดยศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นจีนไม้อัดเพื่อใช้ในการก่อสร้าง และใช้ตกแต่งอาคารในงานสถาปัตยกรรม ทำการทดสอบและนำข้อมูลที่ได้มาศึกษา วิเคราะห์ และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกล และคุณสมบัติการเป็นฉนวนของแผ่นจีนอัดกับวัสดุทางการค้า ได้แก่ แผ่นจีนไม้อัดทางการค้า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้า (พวงศวิทย์ และ เสกสรรค์, 2547) แผ่นไม้อัดสัก แผ่นยิปซัมและวัสดุฉนวนทางการค้า (กิตติศักดิ์ 2544)

ผลการทดสอบคุณสมบัติแผ่นจีนไม้อัด

1.1 ผลการทดสอบทางกายคุณสมบัติและกลสมบัติ





A = Particleboard from large leaves of cat-tail. B = Particleboard from medium leaves of cat-tail.
C = Particleboard from small leaves of cat-tail. D = Commercial particleboard.
E = Commercial MDF. F = Plywood
G = Gypsum plasterboard.

Figure 2. The properties of particleboard.

1.1.1 ความหนาแน่น

การศึกษาความหนาแน่นของแผ่นจีนอัดจากใบหญ้าสลาบลวงทั้ง 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็ก ใช้กาวยาโซไซยานต 7% เป็นตัวประสาน พบว่า แผ่นจีนอัดที่ผลิตจากใบหญ้าสลาบลวงขนาดกลางมีความหนาแน่นของแผ่นสูงที่สุด รองลงมาคือ แผ่นที่ผลิตจากใบหญ้าสลาบลวงขนาดใหญ่และขนาดเล็กตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นอัดทางการค้า (แผ่นจีนไม้อัดทางการค้าและแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้า) พบว่า แผ่นจีนอัดจากใบหญ้าสลาบลวงทั้ง 3 ขนาด มีความหนาแน่นของแผ่นสูงกว่าแผ่นอัดทางการค้าดังกล่าว โดยสามารถเรียงลำดับแผ่นที่มีความหนาแน่นสูงไปหาความหนาแน่นน้อย คือ $B > A > C > D > E$ และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 876-2547 ซึ่งกำหนดให้มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10% พบว่า แผ่นจีนอัดทั้ง 3 ขนาด มีค่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนด



1.1.2 ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นก่อนอัดของแผ่นขึ้นอัดแต่ละชนิด

การทดสอบค่าความชื้นของขึ้นไบหญาสลาบล่วงก่อนการผลิตแผ่นพบว่า ขึ้นไบหญาสลาบล่วงขนาดเล็กมีค่าความชื้นสูงที่สุด รองลงมา คือ ขึ้นไบขนาดใหญ่และขึ้นไบขนาดกลาง โดยมีค่าความชื้นของแผ่นเท่ากับ 6.48 6.25 และ 6.07% ตามลำดับ

1.1.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นหลังอัดของแผ่นขึ้นอัดแต่ละชนิด

การศึกษาค่าความชื้นของแผ่นขึ้นอัดจากไบหญาสลาบล่วงทั้ง 3 ขนาดพบว่า ขนาดเล็กและขนาดใหญ่มีค่าความชื้นใกล้เคียงกัน รองลงมา คือ ขนาดกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นอัดทางการค้า (แผ่นขึ้นไม้อัดทางการค้าและแผ่นไผ่อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้า) พบว่า แผ่นขึ้นอัดจากไบหญาสลาบล่วงทั้ง 3 ขนาด มีค่าความชื้นสูงกว่าแผ่นอัดทางการค้า แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 876-2547 พบว่า มีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 4-13%

1.1.4 ค่าเฉลี่ยการพองตัวหลังการแช่น้ำของแผ่นขึ้นอัดแต่ละชนิด

คุณสมบัติการพองตัวหลังการแช่น้ำของแผ่นขึ้นอัดจากไบหญาสลาบล่วงทั้ง 3 ขนาด มีค่าการพองทางความหนา คือ $B < A < C$ แผ่นขึ้นอัดจากไบหญาสลาบล่วงขนาดกลางมีค่าน้อยที่สุด แสดงว่ามีคุณสมบัติการพองตัวหลังการแช่น้ำดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นอัดชนิดอื่น (แผ่นไม้อัดสัก และอีปซัมบอร์ค) และมาตรฐาน มอก. 876-2547 พบว่า ถึงแม้ทั้ง 3 ขนาดมีค่าการพองตัวหลังการแช่น้ำสูงกว่าแผ่นอัดชนิดอื่น แต่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ มีค่าน้อยกว่า 12%

1.1.5 ค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงดัด

คุณสมบัติทางกลด้านความแข็งแรงของแผ่นพบว่า การใช้ขึ้นไบหญาสลาบล่วงขนาดกลางเป็นวัตถุดิบในผลิตแผ่นจะมีผลทำให้แผ่นที่ผลิตได้มีค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นสูงที่สุด รองลงมา คือ ขึ้นไบขนาดใหญ่และขนาดเล็ก เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 876-2547 พบว่า มีค่าผ่านมาตรฐานกำหนดทั้ง 3 ขนาด คือ มีค่ามากกว่า 14 MPa

การเปรียบเทียบกับแผ่นขึ้นอัดทางการค้า (แผ่นขึ้นไม้อัดทางการค้า แผ่นไผ่อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้า แผ่นไม้อัดสักและอีปซัมบอร์ค) พบว่า แผ่นขึ้นอัดทั้ง 3 ชนิด มีค่าสูงกว่าแผ่นขึ้นไม้อัดทางการค้าและอีปซัมบอร์ค แต่มีค่าน้อยกว่าแผ่นไผ่อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้าและแผ่นไม้อัดสัก

1.1.6 ค่าเฉลี่ยมอดูลัสยืดหยุ่น

การศึกษาคูสมบัตีมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นขึ้นอัดจากไบหญาสลาบล่วง 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็ก พบว่า แผ่นขึ้นอัดที่ผลิตจากไบหญาสลาบล่วงขนาดกลางจะมีค่าคุณสมบัติมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นสูงที่สุด รองลงมา คือ แผ่นที่ผลิตจากขนาดใหญ่และขนาดเล็กตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 876-2547 ซึ่งกำหนดให้แผ่นมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมีค่ามากกว่า 1,800 MPa พบว่า แผ่นขึ้นอัดมีค่าผ่านมาตรฐานกำหนดทั้ง 3 ขนาด

การเปรียบเทียบกับแผ่นขึ้นอัดทางการค้า (แผ่นขึ้นไม้อัดทางการค้า แผ่นไผ่อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้า แผ่นไม้อัดสักและอีปซัมบอร์ค) เรียงจากแผ่นที่มีค่ามากไปแผ่นที่มีค่าน้อย ผลการเปรียบเทียบ คือ $F > E > B > G > A > D > C$



1.1.7 ค่าเฉลี่ยความต้านแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าของแผ่นฉนวน

แผ่นฉนวนจากใบหญ้าสลาบลวขนาดกลางมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงที่สุด คือ 0.56 MPa รองลงมาคือ แผ่นฉนวนจากใบหญ้าสลาบลวขนาดใหญ่ คือ 0.48 MPa และขนาดเล็ก คือ 0.42 MPa ทั้ง 3 ขนาดมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าผ่านมาตรฐานกำหนด มอก. 876-2547 ซึ่งกำหนดไว้ให้แผ่นฉนวนมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่ามากกว่า 0.4 MPa และเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นฉนวนทางการค้า (แผ่นฉนวนอัดทางการค้า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้า แผ่นไม้อัดสัก และยิปซัมบอร์ด) พบว่า แผ่นฉนวนทั้ง 3 ขนาดมีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่ายิปซัมบอร์ด แต่ยังมีค่าน้อยกว่าแผ่นฉนวนอัดทางการค้า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้าและแผ่นไม้อัดสัก

1.2 คุณสมบัติความเป็นฉนวน

ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

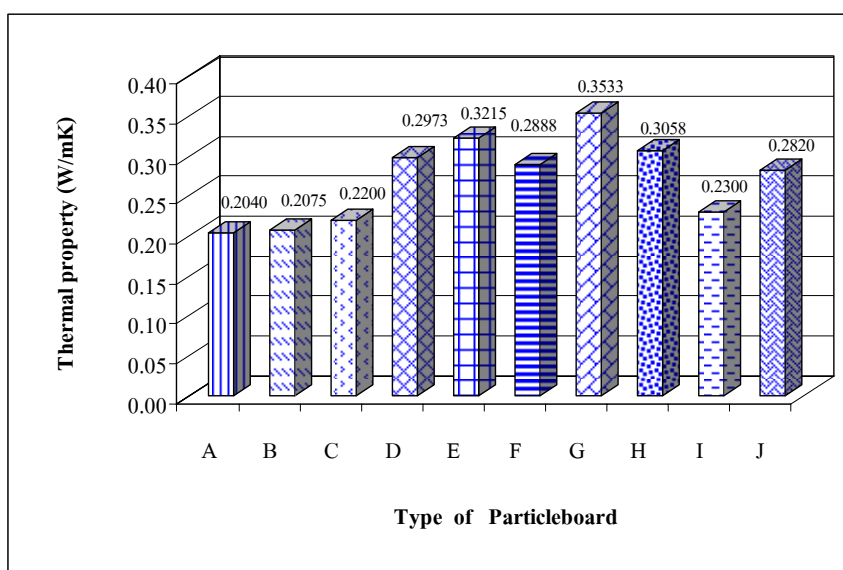


Figure 9. Thermal conductivity of particleboard.

- Note :**
- A = Density of Particleboard from large leaves of cat-tail (A) 821.28 kg./m³.
 - B = Density of Particleboard from medium leaves of cat-tail (B) 842.86 kg./m³.
 - C = Density of Particleboard from small leaves of cat-tail. (C) 815.59 kg./m³.
 - D = Density of tolerated moisture Gypsum plasterboard (D) 796.76 kg./m³.
 - E = Density of aluminum foil Gypsum plasterboard (E) 751.33 kg./m³.
 - F = Density of perforated stripes Gypsum plasterboard (F) 775.00 kg./m³.
 - G = Density of tolerated fiery Gypsum plasterboard (G) 775.00 kg./m³.
 - H = Density of commercial Gypsum plasterboard (H) 775.00 kg./m³.
 - I = Density of plywood (I) 775.00 kg./m³.
 - J = Density of Gypsum plasterboard (J) 775.00 kg./m³.



การศึกษาคุณสมบัติความเป็นฉนวนโดยวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นฉนวนอัด แผ่นฉนวนที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของแผ่นน้อยแสดงว่า มีความเป็นฉนวนสูง ทั้งนี้ผลการทดสอบความเป็นฉนวนของแผ่นฉนวนอัดจากใบหญ้าสลาบลวขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็ก พบว่า แผ่นฉนวนอัดจากใบหญ้าสลาบลวขนาดใหญ่มีความเป็นฉนวนสูงที่สุด รองลงมาคือ ขนาดกลางและขนาดเล็กตามลำดับ และทั้ง 3 ขนาดมีความเป็นฉนวนสูงกว่าแผ่นฉนวนอัดทางการค้า (แผ่นยิปซัมตราช้างชนิดทนความชื้น แผ่นยิปซัมตราช้างชนิดอูมิเนียมพอยล์ แผ่นยิปซัมตราช้างชนิดปรุลายรุ่นพินโฮล แผ่นยิปซัมตราช้างชนิดทนไฟ แผ่นยิปซัมตราช้างชนิดธรรมดาและแผ่นยิปซัมบอร์ดและแผ่นไม้อัด)

สรุปผลการศึกษา

การผลิตแผ่นฉนวนไม้อัดจากใบหญ้าสลาบลว โดยใช้ชั้นใบหญ้าสลาบลว 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็ก เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตแผ่นฉนวนไม้อัดด้วยเครื่องอัดร้อน เพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้างและตกแต่งอาคารทางสถาปัตยกรรม โดยนำแผ่นฉนวนอัดที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกล และคุณสมบัติความเป็นฉนวน นำข้อมูลที่ได้มาศึกษาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 876-2547 (แผ่นฉนวนไม้อัดชนิดราบ) และวัสดุทางการค้าที่ใช้ในการก่อสร้างและตกแต่งอาคารประเภทฝ้าผนังภายในและฉนวนกันความร้อนซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

1. คุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้นก่อนอัด ความชื้นหลังอัดและการพองตัวหลังการแช่น้ำของแผ่นฉนวนไม้อัดจากใบหญ้าสลาบลวทั้ง 3 ขนาด ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 876-2547 (แผ่นฉนวนไม้อัดชนิดราบ) กำหนดไว้ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ส่วนการเปรียบเทียบวัสดุทางการค้าพบว่า มีค่าคุณสมบัติความหนาแน่นดีกว่าแผ่นฉนวนอัดทางการค้า แต่มีค่าคุณสมบัติการพองตัวหลังการแช่น้ำและความชื้นหลังอัดน้อยกว่า ทั้งนี้แผ่นฉนวนอัดจากใบสลาบลวขนาดกลางมีคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นดีที่สุด

2. คุณสมบัติเชิงกล

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นฉนวนไม้อัดจากใบหญ้าสลาบลว ซึ่งประกอบด้วยการทดสอบแรงดัดความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่นและแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม มอก. 876-2547 (แผ่นฉนวนไม้อัดชนิดราบ) และแผ่นฉนวนอัดทางการค้าพบว่า แผ่นฉนวนไม้อัดจากใบหญ้าสลาบลวทั้ง 3 ขนาด ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และเปรียบเทียบกับแผ่นฉนวนอัดทางการค้าพบว่าแผ่นฉนวนอัดมีค่าคุณสมบัติเชิงกลสูงกว่าแผ่นฉนวนอัดทางการค้าบางชนิด เช่น มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงกว่าแผ่นฉนวนไม้อัดทางการค้าและยิปซัมบอร์ด มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นและค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าใกล้เคียงกับแผ่นฉนวนไม้อัดทางการค้า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้าและยิปซัมบอร์ด เป็นต้น



3. คุณสมบัติความเป็นฉนวน

การทดสอบคุณสมบัติความเป็นฉนวนของแผ่นฉนวนไม้อัดจากใบหญ้าสลาบลงด้วยการทดสอบและเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนกับวัสดุฉนวนทางการค้า พบว่า แผ่นฉนวนไม้อัดจากใบหญ้าสลาบลงทั้ง 3 ขนาด มีความเป็นฉนวนที่ดี คือ มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนน้อยกว่าฉนวนทางการค้าประเภทโฟมบอร์ดทุกชนิดและวัสดุก่อสร้างประเภทไม้อัด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาแผ่นฉนวนไม้อัดที่ใช้เป็นผนังภายในจากใบหญ้าสลาบลงที่มีขนาดอื่น เพื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ
2. ควรทำการศึกษาคุณสมบัติแผ่นฉนวนไม้อัดที่มีวัตถุดิบของใบหญ้าสลาบลงขนาดใหญ่ กลางและเล็กผสมกัน
3. ควรทำการศึกษาความแตกต่างของตัวประสานอื่น เพื่อทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ
4. ควรมีการทดสอบคุณสมบัติและความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริง
5. ควรทำการศึกษาแผ่นฉนวนไม้อัดที่ผลิตจากใบหญ้าสลาบลงที่ใช้เป็นผนังภายนอกหรือวัสดุประกอบอาคารอื่น ๆ
6. ในการทดสอบนี้ทำเพียงการหาค่าคุณสมบัติความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวหลัง แฉ่น้ำความต้านแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และการเป็นฉนวนกันความร้อนเท่านั้น ดังนั้นการศึกษาขั้นต่อไปควรทดสอบค่าคุณสมบัติการดูดซับเสียง การปล่อยสารพิษและการทนไฟเพิ่มเติม



Figure 10. Sample particleboard form leaves of cat-tail.



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโสสังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ และสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- กิตติศักดิ์ บัวศรี. 2544. การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากฟางข้าว. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพมหานคร.
- พงษ์วิทย์ ลิ้มปัสุทธิ์ และ เสกสรรค์ วิวัฒน์ธนเสถียร. 2547. การศึกษาแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจาก ต้นไมยราบยักษ์. ปริญญานิพนธ์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพมหานคร.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม “ แผ่นขึ้นไม้อัดชนิด ราบ.” เอกสาร มอก. 876-2547.
- วรรณม อุณจิตติชัย. 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล (แผ่นขึ้นไม้อัด) และกรรมวิธีการผลิต. งานวิจัยเลขที่ ร.514. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนัก วิชาการ, กรมป่าไม้. กรุงเทพมหานคร.



ฉนวนกันความร้อนจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ¹

THE THERMAL INSULATION MATERIAL FABRICATED MADE FROM NATURAL AGRICULTURAL WASTES

สมพร ปัญญาไว	(Somporn Panyawai) ²
อธิพงศ์ บุญส่ง	(Athiphong Boonsong) ²
เดชา ไชยเคน	(Dacha Chaiken) ²
กนกกาญจน์ ว่องวัชรพร	(Kanokkarn Wongwatcharaphon) ²
วรธรรม อุ่นจิตติชัย	(Woratham Oonjittichai) ³

บทคัดย่อ

การศึกษาฉนวนกันความร้อนจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาตินี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตและสมบัติของแผ่นฉนวนความร้อนที่ทำจากวัสดุเหลือทิ้งทางธรรมชาติ ได้แก่ เปลือกมะพร้าว แกลบ ชังข้าวโพด ผักตบชวา และผสมรวมกันทั้ง 4 ชนิด โดยใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอรั่มลดีไซด์ เป็นสารยึดติด การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนกระทำโดยวิธีการอัดร้อน โดยแผ่นที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบแบบชั้นเดียวมีขนาดความกว้าง 350×350×10 มิลลิเมตร ความหนาแน่นกำหนด 200 400 และ 800 กก./ม.³ นำไปศึกษาคุณสมบัติการนำความร้อนเปรียบเทียบกับแผ่นฉนวนที่ผ่านมาตรฐานเชิงพาณิชย์ และทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลตามมาตรฐาน JIS A 5905-1994 (Fiberboards)

ผลการศึกษาค้นสมบัติการนำความร้อนพบว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนจากเปลือกมะพร้าว มีการนำความร้อนต่ำสุด รองลงมาคือ แผ่นฉนวนที่ผลิตจากเปลือกมะพร้าว ผักตบชวา ชังข้าวโพดและวัสดุทั้ง 4 ชนิดตามลำดับ และเปรียบเทียบกับแผ่นมาตรฐานเชิงพาณิชย์ที่มีลักษณะการใช้งานใกล้เคียงกัน เช่น ใยแก้ว อลูมิเนียมฟอยล์ 1 ด้าน แผ่นเซลโลกรีตชนิดโฟม เป็นต้น

ผลการศึกษาค้นสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นพบว่า เมื่อความหนาแน่นสูงขึ้นจะมีผลทำให้คุณสมบัติของแผ่นดีขึ้น ทั้งนี้ที่ความหนาแน่นกำหนด 800 กก./ม.³ แผ่นที่ผลิตจากเปลือกมะพร้าวจะมีคุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5905-1994 (Fiberboard) ชนิดที่ 15 25 และ 30 พบว่า มีค่าความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดและมีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

คำหลัก: ฉนวนกันความร้อน วัสดุสังเคราะห์ ฉนวนมวลสาร วัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ

1 โครงการบูรณาการร่วมระหว่าง งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักงานวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

และภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

2 วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

3 งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้



ABSTRACT

The study on property of heat insulator made from natural agricultural wastes such as coconut peel, husk, corn cob, water hyacinth and mixture of four substances. The boards were investigated with 10% urea formaldehyde at 200 400 and 800 kg./m³. The products were characterized as single smooth plate with size of 350x350x10 mm. The properties were tested by JIS A 5905-1994 (Fiberboard).

The results showed that the insulation boards made from husk were the lowest heat induction value. The insulation boards could compare with commercial standard (Aluminum foil and cellogress). The physical and mechanical properties showed that the thermal insulation boards at high density had better quality than boards at low density and the insulation boards made from coconut peel at density 800 kg./m³ had best properties.

Keywords : Thermal Insulator, Synthetic Material, Mass Insulator, Natural Agricultural Wastes

คำนำ

ปัจจุบันวัสดุเหลือทิ้งจากธรรมชาติมีปริมาณมากไม่ว่าจะเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งทางการเกษตรโดยตรงและจากอุตสาหกรรมเกษตรต่าง ๆ ในภาคอุตสาหกรรมหรือกระทั่งวัสดุเหลือทิ้งตามแม่น้ำลำคลองแล้วก็ตาม ในแต่ละปีทั่วโลกจะมีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประมาณ $10-50 \times 10^9$ ตัน ยังมีวัสดุเหลือทิ้งประเภทอื่น ๆ อีก ซึ่งวัสดุเหล่านี้ส่วนใหญ่จะถูกนำมาใช้เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ และเป็นเชื้อเพลิง แต่ในบางท้องที่วัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ยังคงมีอยู่เป็นจำนวนมากที่ยังไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ หากนำวัสดุเหล่านี้มาเป็นวัตถุดิบเพื่อใช้ทดแทนกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม และยังเป็นการลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางธรรมชาติด้วย จากการศึกษาความเป็นไปได้ของวัสดุเหลือทิ้งทางธรรมชาติ โดยเฉพาะวัสดุที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ เช่น เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และลิกนิน (Lignin) ซึ่งสารประกอบดังกล่าวนี้โดยเฉพาะ เซลลูโลส มีปริมาณที่สูงถึงร้อยละ 60-80 ของสารประกอบทั้งหมด และมีความเหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นแผ่นฉนวนความร้อนได้เป็นอย่างดี มีน้ำหนักเบาและสามารถหาได้ไม่ยาก ย่อยสลายได้ด้วยตัวเอง ไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ด้วย นอกจากจะเป็นการส่งเสริมการวิจัยด้วยภูมิปัญญาของบุคลากรและใช้เทคโนโลยีพื้นฐานที่หาได้ภายในประเทศแล้วยังสามารถทดแทนไม้ในอุตสาหกรรมไม้อัดไม้ประกอบได้ด้วย เช่น อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัด (Particle Board Industries) อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัด (Fiber Board Industries) และอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ไม้อัดสารแร่ (Wood Mineral-Bonded Panel Industries)

จากการประเมินพบว่าวัสดุเหลือทิ้งจากธรรมชาติเหล่านี้ นับได้ว่าเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งที่มีประโยชน์มหาศาล สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งในภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม โดยส่วนใหญ่ในปัจจุบันได้มีความพยายามที่จะนำวัสดุดังกล่าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น และเหมาะที่จะมีการพัฒนาการนำไปใช้เป็น



วัตถุดิบในการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนได้ ซึ่งวัสดุประเภทนี้สามารถนำมาบดหรือย่อย โดยใช้เครื่องจักรย่อยออกเป็นชิ้นตามลักษณะที่ต้องการ และนำไปอบจนได้ความชื้นที่พอเหมาะด้วยเครื่องอบ ทำการแยกขนาดต่างๆ ตามที่ต้องการ แล้วนำไปผสมหรือคลุกเคล้ากับกาวตามอัตราที่เหมาะสม กาวที่ใช้เป็นตัวประสานส่วนมากจะเป็นกาวสังเคราะห์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมไม้อัด ไม้ประกอบ เช่น กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ กาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ ต่อจากนั้นนำวัสดุไปทำเป็นแผ่นอัดด้วยเครื่องอัดร้อนในแนวราบ ทั้งนี้ต้องมีอุณหภูมิ เวลาและความดันในการอัดร้อน แล้วนำแผ่นที่ได้จากการขึ้นรูปไปทดสอบสมบัติการนำความร้อน สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล

งานวิจัยนี้เป็นการนำวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติมาผลิตเป็นวัสดุในการผลิตฉนวนกันความร้อน ศึกษาคุณสมบัติทางด้านการนำความร้อนของฉนวน รวมทั้งศึกษาถึงขั้นตอนในการผลิตฉนวนจากวัสดุเหลือใช้ทางธรรมชาติ เป็นการช่วยส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตได้โดยไม่ต้องพึ่งเทคโนโลยีจากต่างประเทศ เป็นการประหยัดพลังงาน ช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางธรรมชาติและเป็นการพัฒนาประเทศได้อีกทางหนึ่งด้วย

วิธีการศึกษา

ฉนวนกันความร้อน (Thermal Insulation) เป็นวัสดุที่ใช้เพื่อการประหยัดพลังงานที่สำคัญ ในการศึกษานี้ได้ศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนความร้อนจากวัสดุเหลือทิ้งจากธรรมชาติ และทำการขึ้นรูปตัวอย่างแผ่นฉนวนความร้อนตามกระบวนการผลิตที่ระดับความหนาแน่น 200 600 และ 800 กก./ม.³ ทำการอัดในแนวราบโดยใช้เครื่องอัดด้วยความร้อน การเชื่อมประสานของชิ้นวัสดุโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งมีปริมาณเนื้อกาวแห้งที่ 10% ของน้ำหนักชิ้นวัสดุอบแห้ง และใช้แรงดันในการอัด 150 กก./ม.³ อุณหภูมิที่ใช้ในการอัดแผ่น 130 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาในการอัด 5 นาที วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษามี 4 ชนิด ได้แก่ เปลือกมะพร้าว แกลบ ชังข้าวโพดและผักตบชวา นำมาบดย่อยลดขนาดเพื่อนำมาผลิตเป็นแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ความหนาแน่นปานกลาง โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นตัวประสาน นำไปทดสอบคุณสมบัติการนำความร้อน โดยเปรียบเทียบกับแผ่นฉนวนตามมาตรฐานเชิงพาณิชย์ ส่วนการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลจะทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5905-1994 (Fiberboards) ชนิดที่ 15 25 และ 30

ในการผลิตและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นฉนวนที่ความหนาแน่นปานกลางจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติได้ทำการผลิตที่งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และการทดสอบคุณสมบัติการนำความร้อนที่ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรม เครื่องต้นกำลัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบแผ่นได้ดำเนินงานที่ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

อุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่องสับชิ้นไม้ (Chipper)
2. เครื่องย่อยชิ้นไม้ (Hammer mill)
3. เครื่องอัดร้อน (Hot – press)
4. เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง (Screening Machine)
5. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ (Universal Testing Machine)

ขั้นตอนการศึกษา

1. การเตรียมวัสดุและการศึกษา

1.1 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการศึกษา

ชั้นไม้ทดลองการวิจัยครั้งนี้ใช้วัสดุ 4 ชนิด ได้แก่ เปลือกมะพร้าว แกลบ ชังข้าวโพดและผักตบชวา นำมาผ่านขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้ได้ชั้นไม้ที่พร้อมจะนำไปใช้ในกระบวนการอัดแผ่น โดยสรุปเป็นขั้นตอนต่างๆ ในการเตรียม ดังนี้



Chaff



Corn cob after screening



Coconut peel after screening



Water hyacinth after screening

Figure 1. Raw material from agricultural wastes.

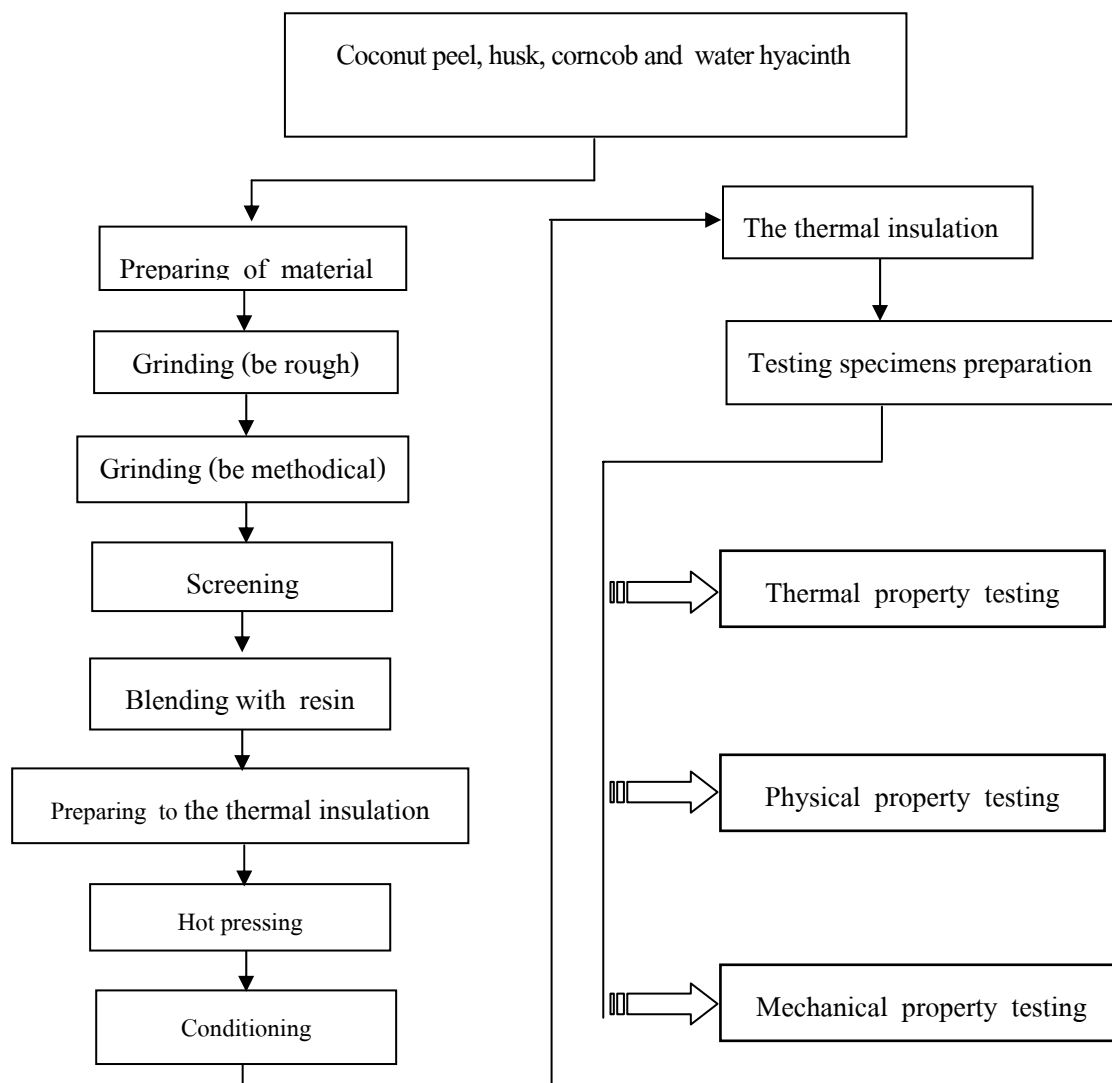


Figure 2. Production and test of thermal insulation.

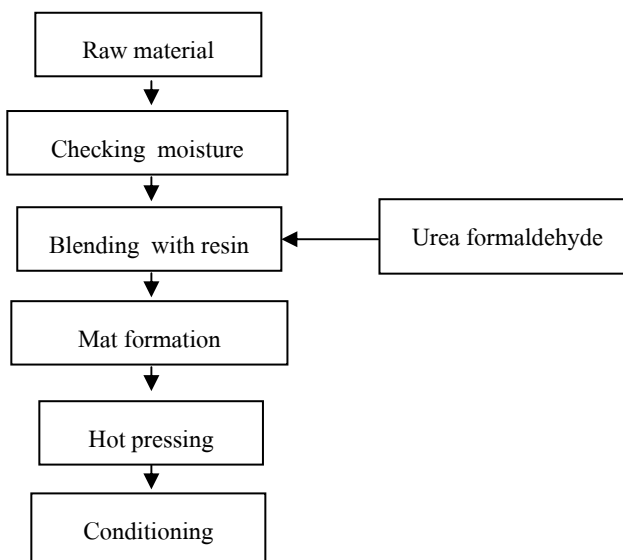


Figure 3. The preparation of thermal insulation.



1.2 การเตรียมการในการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนโดยเตรียมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณ 10% ของน้ำหนักชิ้นวัสดุแห้ง จากนั้นนำชิ้นวัสดุที่เตรียมไว้เข้าเครื่องผสมกาวยูเรียเพื่อทำการผสมกาวยูเรียและชิ้นวัสดุให้ผสมกันอย่างสม่ำเสมอ

1.3 สารเร่งแข็ง (Hardener) เป็นตัวช่วยเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาแข็งตัวของกาวยูเรียให้เร็วขึ้น ลดระยะเวลาการอัดร้อนให้สั้นลง สารเร่งแข็งที่ใช้ในการผสมครั้งนี้ใช้สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) เมื่อเติมสารเร่งนี้ลงในเนื้อกาวยูเรียปฏิกิริยาของกาวยูเรียก็จะเกิดเร็วขึ้น จึงส่งผลให้อายุการใช้งานของกาวยูเรียลดลงด้วย (วรรณธรรม, 2545) ซึ่งในการผลิตฉนวนกันความร้อนนี้มีการผสมสารเร่งแข็งลงในการผสมกาวยูเรียในระดับความเข้มข้น 2% ของน้ำหนักของสารเร่งแข็งต่อน้ำหนักของกาวยูเรีย

1.4 การตรวจสอบหาคุณสมบัติของสารผสมระหว่างกาวยูเรียและสารเติมแต่ง พิจารณาคูณลักษณะของสารผสมระหว่างกาวยูเรียและสารเติมแต่งนี้ โดยทำการศึกษาคูณสมบัติของกาวยูเรีย อีกทั้งยังศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติแผ่นทดลอง โดยทำการควบคุมแรงดันลมที่มีผลต่อระลอกกาวยูเรียที่ได้จากการทดลองในสถานะต่างๆ กัน

1.5 ปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อน มีดังนี้

สถานะต่างๆ ที่กำหนดในการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อน

ความหนาแน่น	200* 400 และ 800	กก./ม. ³
ความหนาของแผ่น	10	มม.
ขนาดของแผ่น	350 x 350	มม.
ความชื้นของชิ้นวัสดุไม้ก่อนผสมกาวยูเรีย	8-9	%
ปริมาณเนื้อกาวยูเรียที่ผสม	10	%
อุณหภูมิในการอัด	130	°C
แรงดันในการอัด	150	กก./ม. ²
ระยะเวลาในการอัด	5	นาที

* ใช้เฉพาะในการผลิตฉนวนกันความร้อนจากเปลือกมะพร้าว ผักตบชวาและแผ่นฉนวนผสมกันทั้ง 4 ชนิด อัตราส่วน 1: 1: 1: 1

2. วิธีการผสมและผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อน

2.1 วิธีการผสมกาวยูเรียกับวัสดุที่นำมาผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อน นำชิ้นวัสดุที่ผ่านการบดหยาบแล้วเข้าเครื่องบดละเอียดอีกครั้งก่อนการผสม จากนั้นนำชิ้นวัสดุที่ได้ชั่งน้ำหนักตามที่ทำการคำนวณไว้ เตรียมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณ 10% ของน้ำหนักชิ้นวัสดุแห้ง จากนั้นนำชิ้นวัสดุที่เตรียมไว้เข้าเครื่องผสมกาวยูเรียเพื่อทำการผสมกาวยูเรียและชิ้นวัสดุให้ผสมกันอย่างสม่ำเสมอ ในการผสมกาวยูเรียกับชิ้นวัสดุสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งก็คือ กำลังอัดของลมจากเครื่องปั๊มลมและหัวฉีดไม่ต่ำกว่า 9 กก./ซม.² เข้าช่วย โดยนำชิ้นวัสดุใส่เครื่องผสมกาวยูเรียแล้วนำกาวยูเรีย ฟอร์มัลดีไฮด์ใส่กระบอกหัวฉีด แล้วฉีดกาวยูเรียให้กระจายทั่วชิ้นวัสดุโดยใช้เวลาในการผสมกาวยูเรียกับชิ้นวัสดุประมาณ 10 นาที พร้อมกันนั้นชิ้นวัสดุซึ่งจะถูกกวนอยู่ในเครื่องผสมกาวยูเรียจะทำให้ส่วนผสมต่าง ๆ เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น ฉีดกาวยูเรียจนกว่ากาวยูเรียจะหมด



2.2 วิธีการโรยชั้นวัสดุเตรียมอัด ทำการโรยชั้นวัสดุหลังจากการชั่งด้วยเครื่องฟอร์มแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 350 x 350 มม. โรยชั้นวัสดุโดยผ่านตะแกรงร่อนให้ตัวอย่างสม่ำเสมอและจะต้องพยายามควบคุมความสูงขณะโรยชั้นวัสดุให้มีระดับเดียวกัน

2.3 นำแผ่นที่เตรียมอัดเข้าเครื่องอัดร้อน โดยใช้อุณหภูมิในการอัดร้อน 130°C ใช้เวลาในการอัด 5 นาที แรงดันในการอัด 150 กก./ม.³ เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำแผ่นที่ได้ออกจากเครื่องอัดร้อน แล้วเก็บไว้ในสภาวะบรรยากาศห้อง 24 ชั่วโมง (Conditioning) ก่อนนำไปตัดเป็นชิ้นทดสอบ

2.4 การปรับสภาพแผ่นชั้นอัดเมื่ออัดด้วยเครื่องอัดร้อนแล้ว จะมีความชื้นกระจายไม่สม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งแผ่น และแผ่นยังมีความร้อนอยู่จึงต้องปล่อยให้ปรับสภาพสมดุลของแผ่นไว้ในบรรยากาศปกติเป็นระยะเวลา 7 วัน (วรรณม, 2541) แล้วจึงนำแผ่นชั้นอัดไปทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและคุณสมบัติทางกลสมบัติต่อไป

3. การทดสอบคุณสมบัติแผ่นฉนวนกันความร้อน

3.1 การทดสอบสมบัติเชิงความร้อนโดยทำการทดสอบค่าการนำความร้อนด้วยเครื่อง GUNT WL 376 ชุดศึกษาการนำความร้อนพื้นฐานและค่าพารามิเตอร์สำหรับการนำความร้อนในสภาพของแข็ง โดยใช้ชิ้นทดสอบขนาด 300 x 300 x 10 มม.

3.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การดูดซึมน้ำและการพองตัวหลังแช่น้ำ และการทดสอบคุณสมบัติทางกล ได้แก่ ความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่นและแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5905-1994 (Fiberboards)

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity Testing)

ในเบื้องต้นได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) ของฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ ได้แก่ เปลือกมะพร้าว แกลบ ชังข้าวโพด ผักตบชวา และนำวัสดุทั้ง 4 ชนิดมาผสมกันที่อัตราส่วนผสม 1: 1: 1: 1 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน



Table 1. Conductivity of thermal insulation compared with other type

Type of material	Density (kg /m ³)	Conductivity (W/m.°C)	Note
Thermal insulation from coconut peel	200	0.0454	Result
	400	0.0531	
	800	0.0806	
Thermal insulation from husk	400	0.0416	Result
	800	0.0554	
Thermal insulation from corncob	400	0.0675	Result
	800	0.0753	
Thermal insulation from water hyacinth	200	0.0489	Result
	400	0.0583	
Thermal insulation from mixture of 4 substances	200	0.0640	Result
	400	0.0670	
	800	0.0911	
Refractory gypsum	885	0.3533	Commercial thermal insulation
Aluminum foil gypsum	745	0.3215	
Gypsum	725	0.3058	
Tolerated moisture gypsum	775	0.2973	
Perforate strip gypsum	745	0.2888	
Plywood	907	0.2290	
Cellogress	608	0.1143	
Cellogress form	377	0.0728	
Resin insulation	74	0.0483	
Gypsum plasterboard	800	0.0483	
Aluminum foil glasswool	130	0.0460	
Glasswool	69	0.0410	
Foam	20	0.0408	
Polyurethane form	55	0.0303	

2. ผลศึกษาคุณสมบัติการนำความร้อนของแผ่นฉนวนความร้อนที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติ

เมื่อเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากวัสดุทางธรรมชาติกับแผ่นฉนวนกันความร้อนเชิงพาณิชย์ที่มีลักษณะการใช้งานคล้ายคลึงกันพบว่า มีค่าการเป็นฉนวนที่ดี



เนื่องจากมีค่าการนำความร้อนใกล้เคียงกับฉนวนเชิงพาณิชย์ เช่น แผ่นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติ ความหนาแน่น 200 กก./ม.³ มีค่าใกล้เคียงกับใยแก้วอลูมิเนียมฟอยล์ 1 ด้าน และที่ความหนาแน่น 400 กก./ม.³ มีค่าใกล้เคียงกับแผ่นเซลโลกรีตชนิดโฟม เป็นต้น

3. ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล (Physical and Mechanical Properties Testing)

Table 2. The properties of thermal insulation form natural agricultural wastes compared with JIS A 5908-1994 (Fiberboards) type 15, 25 and 30.

Thermal insulation		Property						
Board density (kg/m ³)	Material	TS (%)	WA (%)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	IB (MPa)	Density (kg/m ³)	MC (%)
200	Coconut peel	22	309	1.50	54.1	0.03	216	5.99
	Husk*	-	-	-	-	-	-	-
	Corn cob*	-	-	-	-	-	-	-
	Water hyacinth	26.9	360	0.55	17.6	0.02	268	12.4
	mixture of 4	19.5	470	0.34	10.3	0.03	245	7.94
	substances							
400	Coconut peel	38.1	194	9.93	404	0.10	464	6.13
	Husk*	-	-	-	-	-	-	-
	Corn cob	10.4	134	0.64	49.6	0.24	478	7.19
	Water hyacinth	34.3	187	2.84	182	0.13	470	10.8
	mixture of 4	27.1	199	1.81	95.9	0.15	434	8.12
	substances							
800	Coconut peel	32.7	54	59.5	3012	1.83	881	6.84
	Husk	127	104	6.12	1093	0.04	784	8.24
	Corn cob	44.9	89.9	9.82	1398	0.71	810	7.40
	Water hyacinth**	-	-	-	-	-	-	-
	mixture of 4	58.3	96.2	22.8	2556	0.74	853	7.21
	substances							
JIS A 5905-1994 (Fiberboard) type 15		≤12	-	≥15	≥1,300	≥0.30	350-800	5-13
JIS A 5905-1994 (Fiberboard) type 25		≤12	-	≥25	≥2,000	≥0.40	350-800	5-13
JIS A 5905-1994 (Fiberboard) type 30		≤12	-	≥30	≥2,500	≥0.50	350-800	5-13

Note : * Can't production because low density.

** Can't production because high moisture.

จากการศึกษาคุณสมบัติของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ คือ เปลือกมะพร้าว แกลบ ชังข้าวโพด และผสมกันทั้ง 4 ชนิด ที่ความหนาแน่นกำหนด 200 400 และ 800 กก./ม.³ พบว่า การใช้ความหนาแน่นที่สูงขึ้นมีผลทำให้คุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5905-1994 (Fiberboards) ชนิดที่ 15 25 และ 30 พบว่า ที่ความหนาแน่นกำหนด 200 กก./ม.³ มีค่าคุณสมบัติความชื้น (MC) ผ่านมาตรฐานกำหนดทุกแผ่น ส่วนคุณสมบัติการพองตัวหลังแช่น้ำ (TS) ความต้านทานแรงดัด (MOR) โมดูลัสยืดหยุ่น (MOE) และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (IB) ยังมีค่าดี้อยกว่ามาตรฐานกำหนด ที่ความหนาแน่นกำหนด 400 กก./ม.³ มีค่าความหนาแน่น (Density) และค่าความชื้น (MC) ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกแผ่น และค่าการพองตัวหลังการแช่น้ำ (TS) มีแผ่นจนวนกันความร้อนที่ผลิตจากซังข้าวโพดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และที่ความหนาแน่นกำหนด 800 กก./ม.³ มีค่าคุณสมบัติความชื้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกแผ่น มีค่าคุณสมบัติความต้านทานแรงดัดของแผ่นจนวนกันความร้อนจากเปลือกมะพร้าวและแผ่นที่ผสมกันทั้ง 4 ชนิด สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ชนิดที่ 15 และ 25 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจากเปลือกมะพร้าว และแผ่นที่ผสมกันทั้ง 4 ชนิด สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทั้ง 3 ชนิด ซังข้าวโพดสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดชนิดที่ 15 ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแผ่นจากเปลือกมะพร้าว ซังข้าวโพดและแผ่นที่ผสมกันทั้ง 4 ชนิดมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ส่วนค่าความหนาแน่นมีเพียงแผ่นจากเกลบที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

สรุปผล

ผลการศึกษาคุณสมบัติเชิงความร้อนที่ความหนาแน่น 200 400 และ 800 กก./ม.³ พบว่า แผ่นจนวนกันความร้อนจากเกลบ มีค่าการนำความร้อนต่ำสุด รองลงมาคือ แผ่นจนวนที่ผลิตจากเปลือกมะพร้าว ผักตบชวา ซังข้าวโพดและวัสดุทั้ง 4 ชนิด ตามลำดับ และเปรียบเทียบกับแผ่นมาตรฐานเชิงพาณิชย์ที่มีลักษณะการใช้งานใกล้เคียงกันพบว่า มีค่าการเป็นจนวนที่ดี เนื่องจากมีค่าการนำความร้อนใกล้เคียงกับจนวนเชิงพาณิชย์ เช่น แผ่นจนวนกันความร้อนที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติ ความหนาแน่น 200 กก./ม.³ มีค่าใกล้เคียงกับใยแก้วลุมิเนียมพอยล์ 1 ด้าน และที่ความหนาแน่น 400 กก./ม.³ มีค่าใกล้เคียงกับแผ่นเซลโลกรีตชนิดโฟม เป็นต้น

ผลการศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกลของแผ่นพบว่า ความหนาแน่นของแผ่นเป็นปฏิกากับคุณสมบัติของแผ่นจนวนกันความร้อน คือ เมื่อความหนาแน่นสูงขึ้นจะมีผลทำให้ค่าคุณสมบัติของแผ่นดีขึ้น และที่ความหนาแน่นกำหนด 800 กก./ม.³ แผ่นที่ผลิตจากเปลือกมะพร้าวจะมีค่าคุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5905-1994 (Fiberboard) ชนิดที่ 15 25 และ 30 พบว่า มีค่าความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และมีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด



Figure 4. Sample of thermal insulation form natural agricultural wastes.



ข้อเสนอแนะ

1. ชิ้นวัสดุเปลือกมะพร้าวหลังจากสเปรย์กาวแล้วจะเกิดลักษณะจับตัวเป็นก้อน ทำให้การโรยแผ่นทันทีทำได้ล่าช้า ก่อนทำการโรยแผ่นจากวัสดุเปลือกมะพร้าวหลังการสเปรย์กาวควรทำให้ชิ้นวัสดุที่เกาะเป็นก้อนแตกออกจากกันก่อนทำการโรย
2. ในการผลิตแผ่นฉนวนจากเกล็ดโดยใช้กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ เป็นตัวประสาน แผ่นที่ผลิตได้จะมีลักษณะของการยึดติดแผ่นไม่สมบูรณ์และไม่สามารถนำไปทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ได้ ทั้งนี้ควรมีการศึกษาการใช้กาวหรือสารยึดติดชนิดอื่นที่สามารถทำการยึดติดเกล็ดได้ดีขึ้น
3. ในการผลิตแผ่นฉนวนจากผักตบชวาที่มีความหนาแน่น 800 kg/m^3 โดยมีค่าความชื้นวัสดุที่สูงเกินไป แผ่นที่ได้จะมีลักษณะเป็นจุดสีดำ (Resin mark) บวม และเกิดการระเบิด จึงไม่สามารถนำแผ่นไปทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ได้ เนื่องจากค่าที่ได้จากการทดสอบจะไม่ถูกต้อง มีข้อเสนอแนะว่าควรทำการอบวัสดุให้มีค่าความชื้นเหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโส สังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ และของสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- วรรณม อุณจิตติชัย. 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล (แผ่นขึ้นไม้อัด) และกรรมวิธีผลิต. เอกสารวิชาการเลขที่ ร. 514. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 202 หน้า.
- วรรณม อุณจิตติชัย. 2545. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการใช้กาวกับงานไม้. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้, สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- Japanese Industrial Standard. Japanese Standards Association. 1994. JIS A 5905 Standard Specification for Medium Density Fiberboards. Hohbunsha Publ. Co. Inc. Tokyo. 35 p.



การพัฒนาวัสดุหลังคาและผนังจากไม้ไผ่¹

THE DEVELOPMENT OF WOODY BAMBOO AS ROOF AND WALL MATERIALS

รุ่งคุณ ราษีนวน (Rungkun Rasinaun)²
ภูษิต เลิศพัฒนารักษ์ (Poosit Lertwatanarak)²
วรธรรม อุ่นจิตติชัย (Woratham Oonjittichai)³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาวัสดุพื้นถิ่น ได้แก่ ไม้ไผ่ในลักษณะของไม้ไผ่สานที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในชนบท ซึ่งมีอายุการใช้งานน้อยและไม่มีความคงทน เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตไม้ไผ่สานให้เป็นวัสดุที่มีความคงทน และมีมาตรฐานสำหรับการนำไปใช้ในงานผนังและหลังคา

ในด้านของวัสดุผนังได้ทำการศึกษาไม้ไผ่สานอัด 3 4 และ 5 ชั้น ซึ่งใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เป็นตัวประสาน และเปรียบเทียบกับไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้นในท้องตลาด ซึ่งใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ตามผลการทดลองพบว่า ไม้ไผ่สานอัด 3 และ 4 ชั้น ซึ่งใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน GB 13123 – 91 Bamboo-Mat Plywood ทั้งในด้านปริมาณความชื้น ความต้านแรงดัดในสภาวะแห้ง และความต้านแรงดัดในสภาวะบ่มเหมาะสำหรับผนังภายนอก โดยจัดเป็นไม้ไผ่สานอัดเกรด 3 ชนิดบาง (ความหนาระหว่าง 2 – 6 มิลลิเมตร) ที่มีความแข็งแรงปานกลาง ในส่วนของไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น พบว่า ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากไม้ไผ่สานอัดที่มีความหนามากขึ้นจะมีการยึดติดกันแบบหลวม ๆ เนื่องจากความร้อนในการอัดไม้ทั่วถึง ดังนั้นจึงควรเพิ่มระยะเวลาในการอัดสำหรับไม้ไผ่สานที่มีความหนามากขึ้น ในส่วนไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้นในท้องตลาด ซึ่งใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ผลการทดสอบพบว่า ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นผนังภายนอก เนื่องจากกาวที่ใช้มีความสามารถในการทนสภาวะอากาศที่รุนแรงได้น้อย

ในส่วนของวัสดุหลังคาพบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สานมีความแข็งแรงกว่ากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็กและสังกะสีลอนเล็ก โดยสามารถรับน้ำหนักได้ถึง 1,647 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ด้านน้ำหนักของวัสดุพบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สานเบากว่ากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็ก ทำให้การออกแบบโครงสร้างมีความประหยัดกว่า และสามารถขนส่งได้สะดวกกว่า ด้านคุณสมบัติความไม่รื้อซึมพบว่า ส่วนใหญ่ไม่มีการรื้อซึม โดยบางจุดมีน้ำซึมออกมาแต่ไม่ถึงกับเป็นหยดน้ำ

1 โครงการบูรณาการร่วมระหว่าง งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

และคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

2 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

3 งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้



ด้านต้นทุนการผลิต ผนังไม้ไผ่สานอัดเปรียบเทียบกับไม้อัดภายนอกทั่วไปในท้องตลาด ซึ่งความหนาใกล้เคียงกันพบว่า ผนังไม้ไผ่สานอัดมีต้นทุนวัสดุที่ถูกกว่าไม้อัดสัก และนอกจากประโยชน์ใช้สอยแล้ว ลวดลายของไม้ไผ่สานยังมีความสวยงามเช่นกัน ส่วนราคาต้นทุนของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน ยังสูงกว่าหลังคาทั่วไป จึงเหมาะสำหรับ ผู้มีรายได้ปานกลาง

คำหลัก : ไม้ไผ่สาน ผนังไม้ไผ่สานอัด หลังคาลอนไม้ไผ่สาน กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

ABSTRACT

The objective of this research was to study the local materials, bamboo, in the form of bamboo mat typically used for a temporary purpose. The production process was developed to produce the bamboo mat to be used as wall and roofing materials with enhanced properties and suitable for construction.

For wall materials 3, 4 and 5 layered bamboo mats were constructed with Phenol Formaldehyde resin for comparing with the 3 layered bamboo mat plywood constructed with Urea Formaldehyde resin, generally found in the market. The results showed that 3 and 4 layered bamboo mat plywood constructed with Phenol Formaldehyde resin passed the GB 13123-91 Bamboo-Mat Plywood standard including moisture content, modulus of rupture and remaining strength for exterior wall. They were classified as Grade 3 thin bamboo mat plywood (2 - 6 mm, thickness) with medium strength. The 5-layered bamboo mat plywood did not pass the standard tests due to its thickness. This resulted in bonding strength loss due to the fact that the heat did not spread entirely over the layers of bamboo mat. Therefore, more time should be provided to press the bamboo mat with more layers. For the 3-layered bamboo mat plywood found in the market, it was not suitable for exterior use due to the lack of durability for inclement weather.

Regarding roofing materials, the results also revealed that the bamboo mat corrugated sheet was stronger than both Asbestos cement corrugated sheet and corrugated galvanized metal sheet, with the bending strength of 1,647 kg./m². Also, the bamboo mat corrugated sheet is lighter than the Asbestos cement corrugated sheet, making it more economical and easier to transport. For the leakage test, the result showed that there were very few points of leakage.

In economic perspective, when compared the layered bamboo mat plywood to teak plywood with similar thickness, it was found that bamboo mat plywood production cost was cheaper than the teak plywood. The bamboo mat plywood not only functioned as an exterior wall but also had the esthetics of wood carving design.



However, the cost of bamboo mat corrugated sheet was generally high, so that, it was suitable for middle class market.

Keywords : Bamboo mat , bamboo mat plywood , bamboo roof, Phenol Formaldehyde resin

คำนำ

ในหัวข้อการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของเนื้อไม้ไผ่และข้อดีของไม้ไผ่ เพื่อนำมาพัฒนาเป็นวัสดุหลังคาและผนัง โดยมีการนำเนื้อไม้ไผ่ที่สานกันเป็นผืนในลักษณะของขัดแตะ (bamboo mat) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีพื้นถิ่นของชาวบ้านมาทำการปรับปรุงคุณภาพ เพื่อความคงทนและมีมาตรฐานขึ้น โดยทำการปรับปรุงเป็นวัสดุหลังคาและผนัง การนำไม้ไผ่ที่มีการสาน (bamboo mat) มาพัฒนานั้น ในอดีตรูปแบบของสถาปัตยกรรมได้มีการนำไม้ไผ่สานนำมาใช้ในรูปแบบของส่วนประกอบอาคาร ได้แก่ ผนัง และหลังคา ทำให้เกิดการเรียนรู้สืบทอดและพัฒนา แต่ในอดีตจนถึงปัจจุบันการสร้างอาคารจากไม้ไผ่อายุการใช้งาน 4 – 5 ปี ที่ผุพัง มีการซ่อมแซม ปรับเปลี่ยน และขาดความคงทนถาวร จนการใช้วัสดุไม้ไผ่เลือนหายไป (กานต์ คำแก้ว, 2547) ขาดการพัฒนาการใช้วัสดุพื้นถิ่นที่มีความต่อเนื่องทางด้านการพัฒนาของวัสดุพื้นถิ่น ในหัวข้อการวิจัยนี้จะเป็นการทดสอบหาคุณสมบัติของวัสดุไม้ไผ่ที่มีการปรับปรุง เพื่อนำคุณสมบัติของวัสดุที่มีการปรับปรุงไปใช้ในการก่อสร้าง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพไม้ไผ่ของวัสดุหลังคาและผนังไม้ไผ่ เพื่อให้มีคุณสมบัติทางกำลังวัสดุที่ดี กันแมลง เชื้อรา สัตว์ การกันน้ำ เหมาะกับการใช้สอย และการรับน้ำหนักกับการใช้งานแต่ละประเภท ซึ่งมีปรับปรุงคุณภาพของวัสดุผนังไม้ไผ่สาน และเปรียบเทียบค่ามาตรฐานที่กำหนด โดยใช้มาตรฐาน GB 13123 Bamboo-mat Plywood ในการเปรียบเทียบเกณฑ์ที่กำหนด และทดสอบโดยใช้มาตรฐาน GB 13124 – 91 Method of Testing Bamboo-mat Plywood มาใช้ในการทดสอบ รวมถึงศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติของหลังคาไม้ไผ่สาน โดยเปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่ในปัจจุบัน

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไม้ไผ่สานอัดและหลังคาลอนไม้ไผ่สาน

การผลิตไม้ไผ่สานอัดและหลังคาลอนไม้ไผ่สานสำหรับใช้ในงานวิจัย โดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ของห้องปฏิบัติการงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ ดังมีรายการดังนี้



1. ไม้ไผ่สาน เป็นไม้ไผ่สานที่เรียกตามลักษณะของการสานว่า ไม้ไผ่สานลายสอง ความหนาของไม้ไผ่สานเฉลี่ย 1.43 มิลลิเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ย 558.22 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณความชื้นเฉลี่ย 7.87 เปอร์เซ็นต์ โดยไม้ไผ่สานมีลักษณะเป็นผืนคล้ายเสื่อมีขนาด 1.35 X 1.45 เมตร



Figure 1. Bamboo mat before process.

2. เครื่องอัดไฮดรอลิกส์ โดยสามารถปรับแรงดัน และอุณหภูมิได้
3. ตู้อบสำหรับอบลดความชื้นของไม้
4. แม่พิมพ์หลังกาลอน สำหรับอัดขึ้นรูปหลังกาลอนไม้ไผ่สาน
5. เลื่อยไฟฟ้าความเร็วสูง
6. กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลแดง เป็นกาวสำหรับงานภายนอก ทนแดดและทนฝน โดยกาวที่ใช้มีความเข้มข้น 45 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และมีอายุของกาวประมาณ 3 อาทิตย์

2. การผลิตไม้ไผ่สานอัด

1. เตรียมไม้ไผ่สานตัดให้มีขนาด 55 X 60 เซนติเมตร โดยไม้ไผ่สานมีความชื้นประมาณ 6 – 9 เปอร์เซ็นต์
2. เตรียมกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ผสมกับน้ำในอัตราส่วน 2:1 ทำให้กาวโดยปกติความเข้มข้น 45 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์
3. นำไม้ไผ่สานที่ตัดได้ขนาดตามต้องการแล้ว แช่วลงในถาดพลาสติกที่มีกาวอยู่ให้ท่วมไม้ไผ่สาน โดยมีปริมาณของกาวในการแช่หลังแช่กาว 47.54 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักไม้ไผ่สาน และใช้เวลาในการแช่ 10 นาที
4. นำไม้ไผ่สานที่แช่กาว ผึ่งในที่ที่อากาศถ่ายเท แต่ไม่ควรโดนแดดจัดมาก เพราะจะทำให้กาวแห้งเกินไป และทำให้ประสิทธิภาพของกาวลดลง โดยใช้ระยะเวลาในการผึ่งกาว 30 นาที
5. นำไม้ไผ่ที่ผึ่งกาวแล้วเข้าตู้อบเพื่อลดความชื้นเหลือประมาณ 8 – 11 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้อุณหภูมิในการอบ 77 – 85 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการอบ 25 นาที
6. นำไม้ไผ่สานที่อบได้ความชื้นตามต้องการแล้วเข้าสู่กระบวนการอัด ใช้แรงดัน 25 – 30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความร้อนในการอัดที่อุณหภูมิ 145 – 150 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการอัดปกติไม้ไผ่สาน



อัด 3 ชั้น ใช้เวลา 6 นาที ถ้าไม้แผ่นอัดเกิน 3 ชั้น ให้เพิ่มระยะเวลาในการอัดชั้นละนาที

7. วางไม้แผ่นอัดที่ทำการอัดเสร็จเรียบร้อยแล้วในสถานะอากาศอุณหภูมิห้องประมาณ 1 คืน เพื่อให้ไม้แผ่นอัดปรับสภาพ แล้วจึงตัดขอบให้เรียบร้อย

3. การผลิตหลังคาลอนไม้แผ่น 5 ชั้น

กระบวนการผลิตหลังคาลอนไม้แผ่น 5 ชั้น มีกระบวนการผลิตเหมือนกับการผลิตไม้แผ่นอัดแผ่นเรียบ แต่จะมีกระบวนการบางขั้นตอนที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

1. การอบไม้ โดยใช้อุณหภูมิในการอบ 55 – 62 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เวลาในการอบ 20 นาที จนไม้แผ่นมีความชื้นประมาณ 17-20 เปอร์เซ็นต์

2. กระบวนการอัดขึ้นรูปหลังคาลอน ใช้จำนวนไม้แผ่นซ้อนกัน 5 ชั้น ใช้แรงอัด 35 – 40 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และอุณหภูมิในการอัดอยู่ระหว่าง 160 – 165 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอัด 15 นาที

3. ตัดขอบและการผลิตบางแผ่นอาจมีการแตกที่ผิวข้าง ต้องมีการขัดโดยใช้เครื่องขัดหัวกระดาดทรายขัดไม้ แล้วทากาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ที่เข้มข้นโดยไม่ต้องผสมน้ำเคลือบ ตรงบริเวณที่ผิวหลังคาลอนไม้แผ่นแตก

4. การทดสอบคุณสมบัติของไม้แผ่นอัด

4.1 การทดสอบไม้แผ่นอัด

การทดสอบไม้แผ่นอัดแบบแผ่นเรียบนั้น ได้กำหนดลักษณะคุณสมบัติของไม้แผ่นอัดตามมาตรฐาน GB 13123 – 91 Bamboo-mat Plywood ซึ่งมาตรฐานดังกล่าวได้กำหนดชนิดของไม้แผ่นอัด และประเภทของการนำไปใช้งาน เพื่อนำไปพิจารณาในการเลือกวิธีการทดสอบที่เหมาะสมกับวัสดุที่ทดสอบ โดยใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน GB 13124 – 91 Method of Testing Bamboo-mat Plywood ซึ่งทั้งสองมาตรฐานข้างต้นเป็นมาตรฐานการกำหนดคุณสมบัติของไม้แผ่นอัด และวิธีการทดสอบของประเทศไทย

4.2 การทดสอบหลังคาลอนไม้แผ่น

1. การทดสอบหาคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ เตรียมชิ้นตัวอย่างขนาด 40 X 40 มิลลิเมตร ผิวหน้าเรียบ ซึ่งในส่วนของหลังคาลอนไม้แผ่น เนื่องจากวัสดุมีความโค้งไม่เรียบจึงผลิตเป็นแผ่นเรียบแทน โดยควบคุมการผลิตเหมือนกับการผลิตหลังคาลอนไม้แผ่นทุกประการ ต่างกันเพียงในการอัดไม่ได้ใช้แม่พิมพ์ลอนหลังคาเท่านั้น ในส่วนของหลังคาในท้องตลาดที่ใช้มาเปรียบเทียบใช้กระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนคู่ เนื่องจากพอมีสวนเรียบที่ตัดได้ขนาดตามต้องการมาใช้ในการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ ตัวอย่าง ทดสอบเข้าเครื่อง Hot Disk Thermal Constant Analyser เทคนิคที่ใช้ในการทดสอบ คือ Thermal Constant Analysis (TCA) และ disk type ที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ Kapton Insulation (Sensor No. C5501) ซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิห้องให้มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยเครื่องจะบันทึกค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) แล้วนำมาคำนวณค่าการนำความร้อน (C) และค่าความต้านทานความร้อน (R)

2. การทดสอบความไม่รุ่มชื้น การทดสอบแรงกดสูงสุด และความต้านแรงแตกหัก การทดสอบใช้หลักการทดสอบเดียวกับมาตรฐาน มอก. 18 - 2529 กระเบื้องซีเมนต์ไยหินแผ่นลอน : ลอนลูกฟูก การทดสอบโดยเครื่องทดสอบแรงกดหยีชื่อ Tinius Olsen ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



3. การหาน้ำหนักของหลังคาต่อพื้นที่ 1 หน่วยตารางเมตร โดยการชั่งน้ำหนักหลังคาขนาด 44 X 45 เซนติเมตร ที่มีความละเอียดในการชั่ง 0.1 กิโลกรัม แล้วนำมาเทียบกับหลังคา ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ในส่วนการทดสอบของผนังไม้ไผ่สานอัดแผ่นเรียบ นอกจากมีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบแต่ละตัวอย่างแล้ว ต้องนำค่าที่ได้จากการทดสอบไปเปรียบเทียบกับมาตรฐาน GB 13123 – 91 Bamboo-mat Plywood ซึ่งเป็นไม้ไผ่สานอัดชนิดบาง คือ ไม้ไผ่สานอัดที่มีความหนาแน่นระหว่าง 2 – 6 มิลลิเมตร (ไม้ไผ่สานอัดชนิดหนา คือ ไม้ไผ่สานอัดที่มีความหนาตั้งแต่ 7 มิลลิเมตร ขึ้นไป) ส่วนประเภทของการใช้งานแบบใช้งานภายนอกจัดเป็นไม้ไผ่สานอัดประเภท 1 ซึ่งต้องทนต่อสภาวะภูมิอากาศและน้ำเค็ม เนื่องจากเป็นผนังไม้ไผ่อัดแผ่นเรียบที่ใช้กาวยาฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นกาวยาสำหรับใช้ทำไม้อัดภายนอก และพิจารณาผนังไม้ไผ่อัดแผ่นเรียบแต่ละตัวอย่างผ่านเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ โดยเปรียบเทียบกับค่าคุณสมบัติต่าง ๆ

Table 1. Standard of thin bamboo-mat plywood , type bamboo-mat plywood of category 1 form GB 13123-91 Bamboo-Mat Plywood standard

Testing	Wall form bamboo-mat plywood category 1.		
	Grade 1	Grade 2	Grade 3
Moisture Content (%)	≤12	≤15	≤15
MOR (MPa)	≥ 90	≥ 80	≥ 60
Remaining Strength Through Boiling			
Water(Soaking)-Freezing-Drying (MPa)	≥60	≥ 50	≥ 40
MOE (MPa)	-	-	-

State Standard of the People's Republic of China, 1991.

2. ในส่วนการทดลองของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน การเปรียบเทียบเกณฑ์มาตรฐานได้ใช้เกณฑ์มาตรฐาน มอก. 18-2529 กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นลอน: ลอนลูกฟูก ในส่วนของการทดสอบความไม่รั่วซึมว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่ ส่วนของการทดสอบประเภทอื่นจะเป็นการทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบกับวัสดุทั่วไปตามท้องตลาด

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

การศึกษาคุณสมบัติของวัสดุที่ผลิตจากไม้ไผ่สาน (bamboo mat) โดยได้ทำการศึกษาวัสดุใน 2 ลักษณะ ได้แก่

1. การศึกษาคุณสมบัติของผนังไม้ไผ่สานอัด

โดยศึกษาแบบชนิดผนังไม้ไผ่สานอัดชนิดบาง คือ มีความหนาแน่นระหว่าง 2 – 6 มิลลิเมตร และประเภทใช้งานภายนอกจัดเป็นไม้ไผ่สานอัดประเภท 1 เนื่องจากเป็นผนังไม้ไผ่สานอัดแผ่นเรียบที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นกาวสำหรับใช้ทำไม้อัดภายนอก ซึ่งไม้ไผ่สานอัดชนิดประเภทใช้งานภายนอก 3 ชนิด ประกอบด้วย ไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น 4 และ 5 ชั้น นอกจากตัวอย่างผนังไม้ไผ่สานอัดที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังได้นำผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมาเปรียบเทียบกับ ซึ่งใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นกาวสำหรับใช้ทำไม้อัดภายใน เมื่อทำการศึกษาคูสมบัติของผนังไม้ไผ่สานอัดของแต่ละประเภทแล้ว ต้องนำมาพิจารณากับเกณฑ์มาตรฐาน

1.1. ผลการทดสอบปริมาณความชื้น

จากการทดสอบหาปริมาณความชื้นของผนังไม้ไผ่สานอัด ดัง Figure 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณความชื้น เฉลี่ยของผนังไม้ไผ่สานอัดแต่ละชนิด พบว่า ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีปริมาณความชื้นมากที่สุด คือ 9.4 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ผนังไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ และผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น (ท้องตลาด) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีปริมาณความชื้นเท่ากัน คือ 9.1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผนังไม้ไผ่สานอัดที่มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุดคือ ผนังไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุดคือ 8.7 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยตัวอย่างที่มากที่สุดและน้อยที่สุดแตกต่างกันเพียง 0.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกันน้อยมาก

จากการเปรียบเทียบกับมาตรฐาน GB 13123 – 91 Bamboo-Mat Plywood ไม้ไผ่สานอัดชนิดบาง ลักษณะการใช้งานเป็นไม้ไผ่สานอัดประเภท 1 ใช้งานภายนอกอาคาร โดยเปรียบเทียบกับ Table 1 พบว่า ไม้ไผ่สานอัดทั้ง 4 ตัวอย่าง ผ่านเกณฑ์ไม้ไผ่สานอัดเกรด 1 โดยมาตรฐานกำหนดมีความชื้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 12 เปอร์เซ็นต์ และผ่านเกณฑ์ไม้ไผ่สานอัดเกรด 2 และ 3 โดยมาตรฐานกำหนดมีความชื้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์

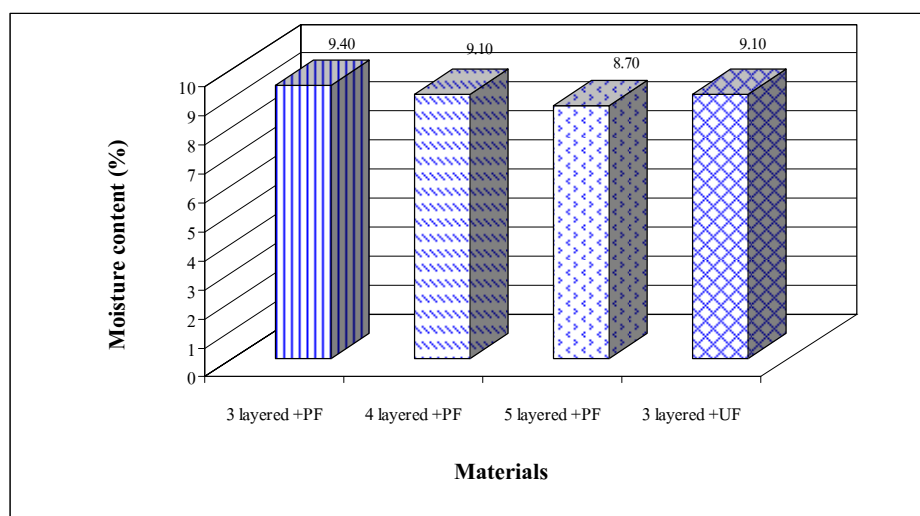


Figure 2. Moisture content of wall form bamboo-mat plywood.



1.2 ผลการทดสอบความต้านแรงคดในสภาวะแห้งและมอดูลัสยืดหยุ่น

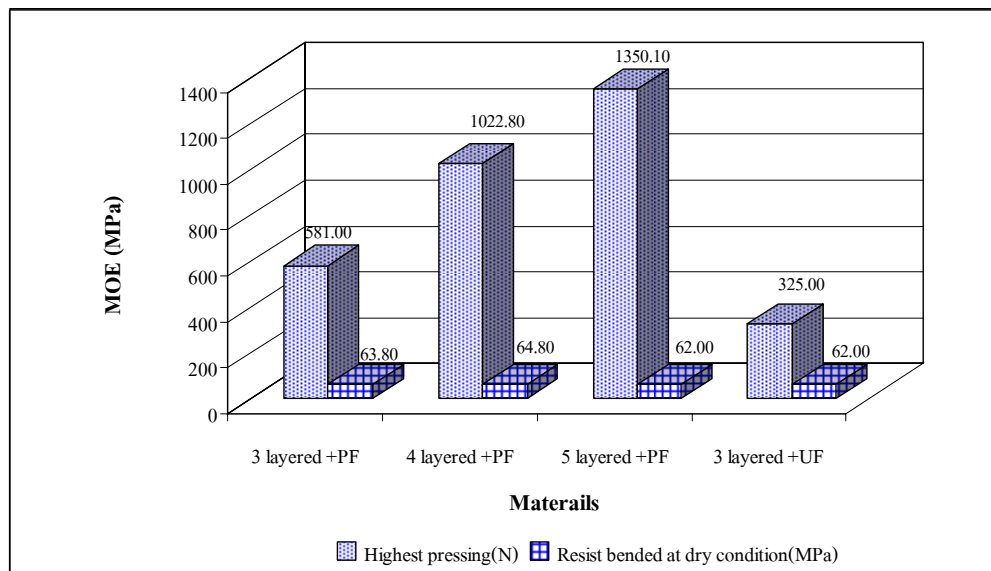


Figure 3. Compare with highest pressed, and the resist bended at dry condition of wall form bamboo-mat plywood.

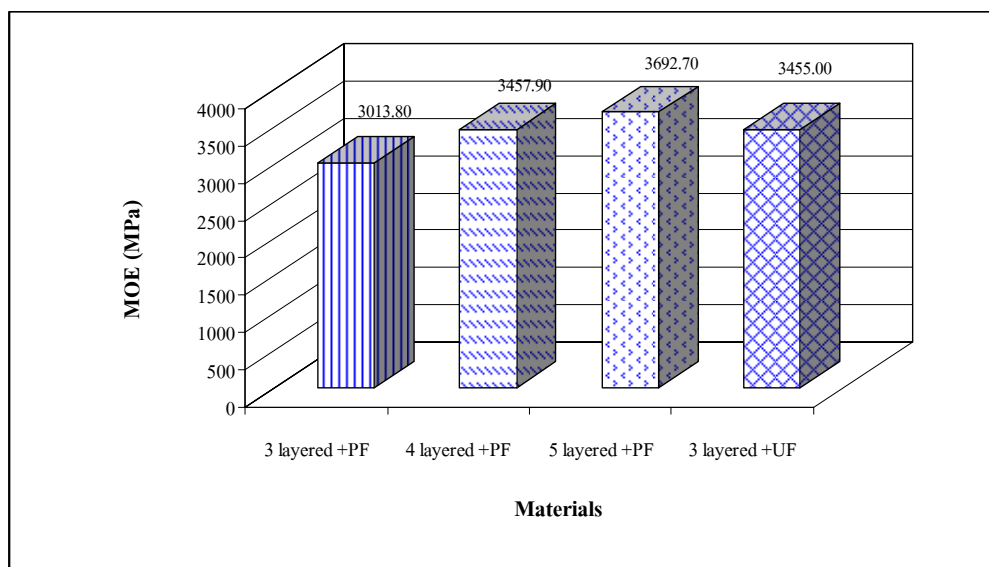


Figure 4. Modulus of Elastic of bamboo-mat plywood.

จาก Figure 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงกดยกสูงสุดพบว่า ผนังไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยแรงกดยกสูงสุดมากที่สุดที่ 1,350.1 นิวตัน ผนังไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยแรงกดยกสูงสุด 1,022.8 นิวตัน ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยแรงกดยกสูงสุด 581.0 นิวตัน และผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น (ท้องตลาด) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยแรงกดยกสูงสุด 325.0 นิวตัน ตามลำดับ

ในส่วนของคุณค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัดในสถานะแห้งนั้น ไม่ได้มีค่ามากหรือน้อยตาม และค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด โดยจากการทดสอบพบว่า ค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัดผนังไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์มีค่ามากที่สุดที่ 64.8 เมกะพาสคัล ที่ความหนาเฉลี่ย 4.36 มิลลิเมตร รองลงมา คือ ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัด 63.8 เมกะพาสคัล ที่ความหนาเฉลี่ย 3.28 มิลลิเมตร ผนังไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัด 62.0 เมกะพาสคัล ที่ความหนาเฉลี่ย 5.10 มิลลิเมตร ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น (ท้องตลาด) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัด 62.0 เมกะพาสคัล ที่ความหนาเฉลี่ย 2.51 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบกับมาตรฐาน GB 13123 – 91 Bamboo-Mat Plywood ไม้ไผ่สานอัดชนิดบาง ลักษณะการใช้งานเป็นไม้ไผ่สานอัดประเภท 1 ใช้งานภายนอกอาคาร ดัง Table 1. พบว่า ไม้ไผ่สานอัดทั้ง 4 ตัวอย่าง ผ่านเกณฑ์ไม้ไผ่สานอัดเกรด 3 โดยมาตรฐานกำหนดค่าความต้านแรงดัดในสถานะแห้งมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 60 เมกะพาสคัล แต่ไม่ถึง 80 เมกะพาสคัล

จาก Figure 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมอดุลัสยืดหยุ่นพบว่า ผนังไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยมอดุลัสยืดหยุ่นมากที่สุด ที่ 3,692.7 เมกะพาสคัล รองลงมา คือ ผนังไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยมอดุลัสยืดหยุ่น 3,457.9 เมกะพาสคัล ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น (ท้องตลาด) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยมอดุลัสยืดหยุ่น 3,455.0 เมกะพาสคัล และผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยมอดุลัสยืดหยุ่น ที่ 3,013.8 เมกะพาสคัล ตามลำดับ

1.3 ผลการทดสอบความต้านแรงดัดในสถานะบ่ม

การทดสอบความต้านแรงดัดในสถานะบ่มใช้วิธีการทดสอบเดียวกับการทดสอบความต้านแรงดัดในสถานะแห้ง แตกต่างกันเพียงก่อนนำชิ้นทดสอบไปทดสอบกับเครื่อง Testometric ต้องมีการปรับสภาพวัสดุ ก่อน ประกอบด้วย การนำชิ้นทดสอบไปต้มในน้ำเดือด 3 ชั่วโมง การนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเข้าตู้อบ 3 ชั่วโมง และปรับสภาพที่อุณหภูมิห้องก่อนเข้าเครื่องทดสอบ

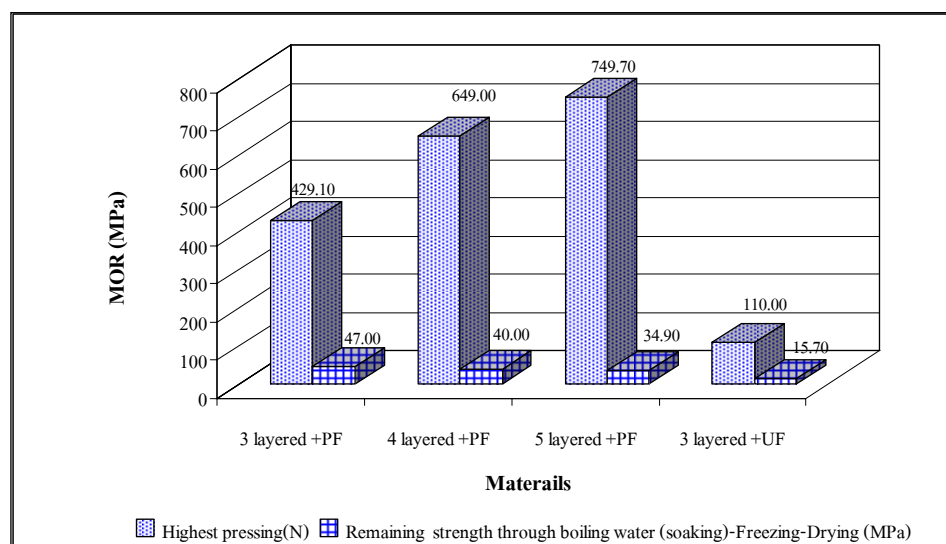


Figure 5. Highest pressing and remaining strength through boiling water (Soaking)-Freezing Drying of wall form bamboo-mat plywood.



จาก Figure 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุดพบว่า ผนังไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์มีค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด ที่ 749.7 นิวตัน ผนังไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์มีค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด 649.0 นิวตัน ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์มีค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด 429.1 นิวตัน และผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น (ท้องตลาด) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด 110.0 นิวตัน ตามลำดับ

ในส่วนของค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัดในสภาวะบ่มนั้น ไม้ไผ่มีค่ามากหรือน้อยตามค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด โดยจากการทดสอบพบว่า ค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัด ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่ามากที่สุดที่ 47.0 เมกะพาสคัล ที่ความหนาเฉลี่ย 3.30 มิลลิเมตร รองลงมา คือ ผนังไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัด 40.0 เมกะพาสคัล ที่ความหนาเฉลี่ย 4.42 มิลลิเมตร ผนังไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัด 34.9 เมกะพาสคัล ที่ความหนาเฉลี่ย 5.07 มิลลิเมตร และผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น (ท้องตลาด) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัด 15.7 เมกะพาสคัล ที่ความหนาเฉลี่ย 2.88 มิลลิเมตร ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบกับมาตรฐาน GB 13123 – 91 Bamboo-Mat Plywood ไม้ไผ่สานอัดชนิดบาง ลักษณะการใช้งาน เป็นไม้ไผ่สานอัดประเภท 1 ใช้งานภายนอกอาคาร โดยเปรียบเทียบกับ Table 3 พบว่า ไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ และไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ผ่านเกณฑ์ไม้ไผ่สานอัดเกรด 3 โดยมาตรฐานกำหนดค่าความต้านแรงดัดในสภาวะบ่ม มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 40 เมกะพาสคัล แต่ไม่ถึง 50 เมกะพาสคัล ส่วนไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ และผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น (ท้องตลาด) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัดในสภาวะบ่มไม่ผ่านเกณฑ์

1.4 ค่าความหนาแน่น

การศึกษาความหนาแน่นทำการศึกษาเปรียบเทียบกับไม้ไผ่สานอัดชนิดต่างๆ และศึกษาในส่วนน้ำหนักแผ่นต่อตารางเมตรของผนังไม้ไผ่อัดแต่ละชนิด ซึ่งมีผลการทดสอบ ดังนี้

จาก Figure 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของไม้ไผ่สานอัดแต่ละชนิดพบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นมากที่สุด คือ ผนังไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่น 859.31 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือ ผนังไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่น 831.03 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่น 739.56 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น (ท้องตลาด) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่น 673.87 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

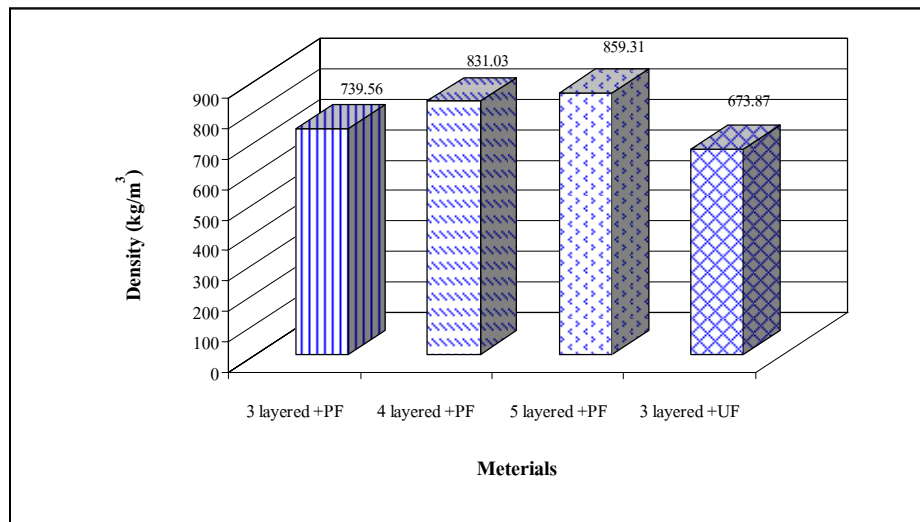


Figure 6. Density of wall form bamboo-mat plywood.

ส่วนค่าเฉลี่ยน้ำหนักแผ่นต่อตารางเมตร ของผนังไม้ไผ่สานอัดแต่ละชนิดดัง Figure 7 พบว่า มีค่าเรียงลำดับจากค่าที่มากที่สุดไปน้อยที่สุดเหมือนค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของไม้ไผ่สานอัดที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยมีค่าตามลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ ผนังไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแผ่นต่อตารางเมตร 4.60 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ผนังไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแผ่นต่อตารางเมตร 3.78 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแผ่นต่อตารางเมตร 2.60 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น (ท้องตลาด) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแผ่นต่อตารางเมตร 1.77 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งเราสามารถนำน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยตารางเมตร ไปใช้ในการคำนวณการออกแบบอาคารได้ในส่วนของการรับน้ำหนักผนัง

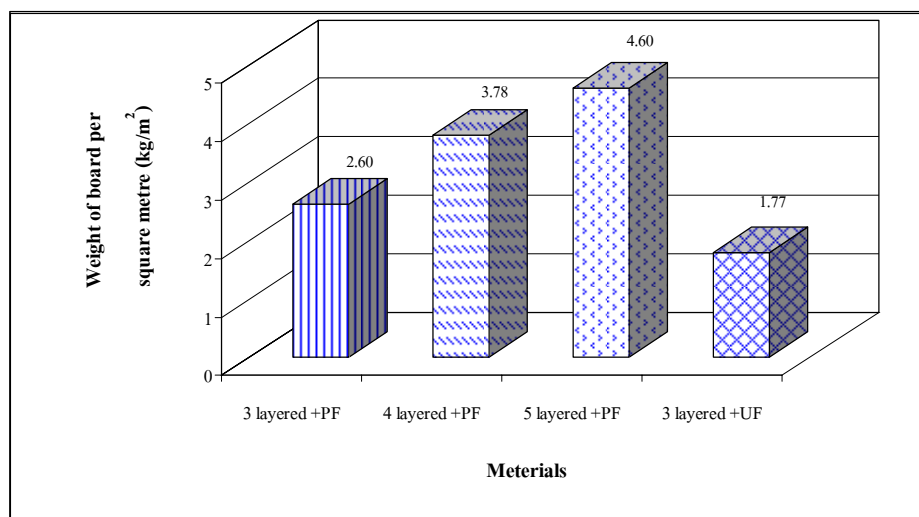


Figure 7. Weight per square metre of wall bamboo-mat plywood.



1.5 ต้นทุนวัสดุของไม้ไผ่สานอัด

โดยมีการเปรียบเทียบกับราคาของวัสดุในท้องตลาด ซึ่งราคาวัสดุในท้องตลาดนั้นเป็นราคาขาย ดังนั้นหากเปรียบเทียบกับราคาต้นทุนของวัสดุในท้องตลาดเป็นราคาต้นทุนวัสดุ โดยคิดราคาลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ของราคาขายวัสดุ ในการคิดราคาต้นทุนของไม้ไผ่สานกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีการคำนวณจากจำนวนแผ่นไม้ไผ่สานและปริมาณกาวที่ใช้ในการผลิต โดยมีการเปรียบเทียบต้นทุนของวัสดุ ดัง Table 2

Table 2. Capital of bamboo-mat plywood materials compared with material of teak plywood.

Wall materials	Thickness (mm.)	Size of wall Per board (cm.Xcm.)	Price per board (Baht)	Price per square matre (Baht)
3 layers bamboo-mat plywood, PF resin	3.28	120X240	234	82
4 layers bamboo-mat plywood, PF resin	4.36	120X240	312	109
5 layers bamboo-mat plywood, PF resin	5.10	120X240	390	136
3 layers bamboo-mat plywood, UF resin (teak plywood)	2.51	120X240	200	70
4 mm. outside of plywood	4.00	120X240	1,296	450
5 mm. outside of plywood	5.00	120X240	1,464	508

จาก Table 2 พบว่า ผลิตภัณฑ์แผ่นไม้อัดชนิดต่างๆ ที่ขนาดเท่ากันที่ 120 X 240 เซนติเมตร หรือขนาด 4 X 8 ฟุต ที่นิยมจำหน่ายกันในท้องตลาดพบว่า ไม้อัดสักภายนอกมีราคาต้นทุนสูงมากที่สุดตามความหนาของไม้ โดยที่ 5 มิลลิเมตร ต้นทุนแผ่นละ 1,464 บาท รองลงมาคือ ไม้อัดสักภายนอก หนา 4 มิลลิเมตร ต้นทุนแผ่นละ 1,296 บาท ในส่วนของไม้ไผ่สานอัดแผ่นเรียบนั้น มีราคาต้นทุนการผลิตต่างกัน โดยไม้ไผ่ที่มีจำนวนชั้นมากกว่า จะมีต้นทุนการผลิตที่มากกว่าจำนวนชั้นน้อยกว่า โดยไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ มีราคาต้นทุนสูงมากที่สุดที่แผ่นละ 390 บาท รองลงมา คือ ไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ มีราคาต้นทุนแผ่นละ 312 บาท และไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ มีราคาต้นทุนแผ่นละ 234 บาท ซึ่งไม้ไผ่สานที่เพิ่มขึ้น 1 ชั้น ราคาต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นชั้นละ 78 บาท ในส่วนของจำนวนไม้ไผ่สานที่ใช้ในการอัดเท่ากันแต่ใช้กาวคนละชนิดมีราคาต้นทุนแตกต่างกัน โดยไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ มีราคาสูงกว่าไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (จากท้องตลาด) อยู่ 34 บาท เนื่องจากกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีราคาสูงกว่ากาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

2. การศึกษาคุณสมบัติของหลังคาถอนไม้ไผ่สาน

2.1. การทดสอบแรงกดสูงสุดและความต้านแรงแตกหัก

โดยได้ทำการทดสอบหาค่าแรงกดสูงสุด และความต้านแรงแตกหักของหลังคาถอนไม้ไผ่สาน



5 ชั้น ที่มีความหนาใกล้เคียงกับหลังคาที่ใช้กันทั่วไป โดยเปรียบเทียบกับหลังคากระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอน ลูกฟูกลอนเล็ก และหลังคาสังกะสีลอนเล็ก ในการทดสอบนั้นได้ประยุกต์วิธีการทดสอบเดียวกับมาตรฐาน มอก. 18-2529 กระเบื้องซีเมนต์ไยหินแผ่นลอน: ลอนลูกฟูก โดยต่างกันที่ระยะระหว่างที่รองรับหลังคา 2 จุด ในการทดสอบได้กำหนดตำแหน่งระหว่างที่รองรับหลังคาห่างกัน 33 เซนติเมตร โดยมีระยะห่างของที่รองรับ หลังคาน้อยกว่าระยะตามที่มาตรฐานกำหนดอยู่ 3.48 เท่า โดยวัสดุที่รองรับหลังคาเป็นไม้เนื้อแข็งคล้ายแปรงรับ หลังคา เนื่องจากขนาดของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีขนาดจำกัด ซึ่งมีขนาด 44 X 45 เซนติเมตร เล็กกว่า หลังคาทั่วไปที่จำหน่ายในท้องตลาด ดังนั้นในการทดสอบเปรียบเทียบกับหลังคาทั่วไป จึงต้องตัดขนาดหลังคาที่ใช้ในการเปรียบเทียบให้มีขนาดเท่ากัน โดยตัดให้มีขนาด 44 X 45 เซนติเมตร

การทดสอบเปรียบเทียบได้ทำการทดสอบหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น กับหลังคากระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนลูกฟูกลอนเล็กและหลังคาสังกะสีลอนเล็ก แล้วนำมาเปรียบเทียบกับ

Table 3. Average of highest pressure and MOR of roofs.

Test Pieces	Size of roof		Highest	MOR	Moving from
	Width	Thickness	Pressure	(N/m ²)	side to side
	(mm.)	(mm.)	(N)	(N/m ²)	(mm.)
5 layered undulation bamboo roof	440.00	5.3	12,357.0	16,140.3	1.27
Asbestos-cement tiny corrugated roof	440.00	4.5	3,184.2	4,159.2	0.46
Galvanized undulated tiny iron roof	440.00	0.5	1,322.2	1,727.0	1.48

จาก Table 3 พบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีค่าแรงกดสูงสุดเฉลี่ย 12,357.0 นิวตัน ค่าความต้านแรงแตกหักเฉลี่ย 16,140.3 นิวตันต่อตารางเมตร ที่ความหนาของหลังคาเฉลี่ย 5.3 มิลลิเมตร และมีค่าการแอ่นตัวหรือการเสียรูปเมื่อมีแรงกดสูงสุดที่ 1.27 มิลลิเมตร หลังคากระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนลูกฟูกลอนเล็กมีค่าแรงกดสูงสุดเฉลี่ย 3,184.2 นิวตัน ค่าความต้านแรงแตกหักเฉลี่ย 4,159.2 นิวตันต่อตารางเมตร ที่ความหนาของหลังคาเฉลี่ย 4.5 มิลลิเมตร และมีค่าการแอ่นตัวหรือการเสียรูป เมื่อมีแรงกดสูงสุดที่ 0.46 มิลลิเมตร หลังคาสังกะสีลอนเล็ก มีค่าแรงกดสูงสุดเฉลี่ย 1,322.2 นิวตัน ค่าความต้านแรงแตกหักเฉลี่ย 1,727.0 นิวตันต่อตารางเมตร ที่ความหนาของหลังคาเฉลี่ย 0.5 มิลลิเมตร และมีค่าการแอ่นตัวหรือการเสียรูป เมื่อมีแรงกดสูงสุดที่ 1.48 มิลลิเมตร

จากการเปรียบเทียบหลังคาทั้งสามชนิดพบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีความแข็งแรงมากที่สุด โดยมีค่าแรงกดสูงสุดเฉลี่ยมากที่สุดที่ 12,357.0 นิวตัน ที่ความหนาเฉลี่ย 5.3 มิลลิเมตร รองลงมาคือ หลังคากระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนลูกฟูกลอนเล็ก มีค่าแรงกดสูงสุดเฉลี่ย 3,184.2 นิวตัน ที่ความหนาเฉลี่ย 4.5 มิลลิเมตร และหลังคาสังกะสีลอนเล็กมีค่าแรงกดสูงสุดเฉลี่ย 1,322.2 นิวตัน ที่ความหนาเฉลี่ย 0.5 มิลลิเมตร โดยการทดสอบเป็นการกดแรงในแนวตั้งฉากกระทำกับหลังคาในลักษณะของคนขึ้นไปเหยียบบนหลังคา สรุปได้ว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีความแข็งแรงมากที่สุดในการรับแรงกดตั้งฉากกับหลังคาในลักษณะของการรับ



น้ำหนักเมื่อมีการขึ้นไปเหยียบบนหลังคา

หากพิจารณาค่าความต้านแรงแตกหักพบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีค่าความต้านแรงแตกหักเฉลี่ยมากที่สุดที่ 16,140.3 นิวตันต่อตารางเมตร รองลงมาคือ หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็กมีค่าความต้านแรงแตกหักเฉลี่ย 4,159.2 นิวตันต่อตารางเมตร และหลังคาสังกะสีลอนเล็กมีค่าความต้านแรงแตกหักเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 1,727.0 นิวตันต่อตารางเมตร

หากเปรียบเทียบค่าการแอ่นตัวหรือการเสียรูป เมื่อมีแรงกดสูงสุดพบว่า หลังคาสังกะสีลอนเล็กมีค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยมากที่สุดที่ 1.48 มิลลิเมตร รองลงมาคือ หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้นมีค่าการแอ่นตัวเฉลี่ย 1.27 มิลลิเมตร ส่วนหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็กมีค่าการแอ่นตัวเฉลี่ย 0.46 มิลลิเมตร

2.2. การทดสอบความไม่รั่วซึม

ทดสอบใช้หลักการทดสอบเดียวกับมาตรฐาน มอก. 18-2529 กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นลอน : ลอนลูกฟูก

Table 4. Results of 5 layered undulated bamboo roof not leaked testing, time 24 hr.

Specimen of roof	Time of testing (hr.)	Quality of under roof area
1	24	Not absorption and drop under roof area
2	24	Not absorption and drop under roof area
3	24	Under roof area absorb but not drop

จากการทดสอบการรั่วซึมของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น ทั้ง 3 แผ่น ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 18-2529 กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นลอน : ลอนลูกฟูก โดยมาตรฐานกำหนดให้น้ำซึมได้แต่ไม่ถึงกับเป็นหยดน้ำ

3. น้ำหนักของหลังคาต่อพื้นที่ 1 หน่วยตารางเมตร

โดยการชั่งน้ำหนักหลังคาขนาด 44 X 45 เซนติเมตร เครื่องชั่งที่มีความละเอียดในการชั่ง 0.1 กิโลกรัม แล้วนำมาเทียบกับหลังคา ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

Table 5. Compare weight average of roof per square metre.

Types of roof	Average weight of roof size 44 X 45 cm. (kg.)	Weight average per square metre. (kg. /m ² .)
5 layered undulated bamboo roof	1.0	5.0
Asbestos-cement tiny corrugated roof	1.5	7.7
Galvanized undulated tiny iron	0.4	1.9



จาก Table 5 พบว่า หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกเล็กมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของหลังคาต่อพื้นที่ 1 หน่วยตารางเมตรมากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 7.7 กิโลกรัมต่อตารางเมตร รองลงมา คือ หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น โดยมีค่าเท่ากับ 5.0 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ส่วนหลังคาสังกะสีลอนเล็กมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของหลังคาต่อพื้นที่ 1 หน่วยตารางเมตรน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 1.9 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

สรุปหลังคาขนาด 1 ตารางเมตร หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น เบากว่าหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกเล็กอยู่ 2.7 กิโลกรัม แต่หนักกว่าหลังคาสังกะสีลอนเล็กอยู่ 3.1 กิโลกรัม

4. คุณสมบัติทางความร้อนของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน

ในการทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนของหลังคานั้น ได้ทำการทดสอบวัสดุ 2 ชนิด ได้แก่ หลังคาลอนไม้ไผ่สาน และกระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่ ซึ่งทดสอบด้วยเครื่อง Hot Disk Thermal Constant Analyser เทคนิคที่ใช้ในการทดสอบ คือ Thermal Constant Analysis (TCA) ซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิห้องให้มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยเครื่องจะบันทึกค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) แล้วนำมาคำนวณหาค่าการนำความร้อน (C) และค่าความต้านทานความร้อน (R) นอกจากนี้เครื่องทดสอบยังสามารถหาค่าความจุความร้อน โดยมีผลการทดสอบ

Table 6. Result of thermal property of undulated bamboo roof and fiber stone corrugation cement tile.

Types of roof	Thickness (mm.)	Thermal	Heat resistance	Conductivity
		conductivity		
		(k) (W/ mK)	(R) (m ² K/ W)	(C) (W/ m ² K)
Undulated bamboo roof	5	0.305	0.016	61.0
Asbestos-cement asymmetrical section corrugated sheets	5	0.839	0.006	167.8

วัสดุที่มีคุณสมบัติในการกันความร้อนที่ดีควรมีค่าความต้านทานความร้อนที่สูง และมีค่าการนำความร้อนต่ำ ซึ่งผลที่ได้ปรากฏว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สานมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำกว่ากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่เท่ากับ 0.534 วัตต์ต่อเมตรเควิน

หลังคาลอนไม้ไผ่สานมีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่ากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่เท่ากับ 0.010 ตารางเมตรเควินต่อวัตต์ และมีค่าการนำความร้อนต่ำกว่ากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่เท่ากับ 106.800 วัตต์ต่อตารางเมตรเควิน



Table 7. Result of Thermal capacity of undulation bamboo roof and fiber stone corrugation cement tile

Types of roof	Thermal capacity (MJ/ m ³ K)
Undulated bamboo roof	1.436
Asbestos-cement asymmetrical section corrugated sheets	1.970

ค่าความจุความร้อนคือ ค่าปริมาณความร้อนที่กักเก็บต่อ 1 หน่วยปริมาตร วัสดุที่ดีควรมีค่าความจุความร้อนที่มีค่าน้อย จาก Table 7 ผลปรากฏว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สานมีค่าความจุความร้อนต่ำกว่ากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่เท่ากับ 0.534 เมกะจูลต่อลูกบาศก์เมตรเควิน

Table 8. Thermal property of undulation bamboo roof compared with general material roof.

Types of roof	Thermal conductivity (k) (W/ mK)	Thermal capacity (MJ/ m ³ K)
Undulated bamboo roof	0.305	1.436
Asbestos-cement asymmetrical section corrugated sheets	0.839	1.970
Clay plain roofing tiles *	0.860	2.012
10 cm. concrete roof *	1.870	2.012
Undulated aluminium roof *	115.310	2.280
Undulate iron roof *	108.100	3.286

Center for Development Technology, 1971.

จาก Table 8 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และค่าความจุความร้อน พบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สานมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุหลังคาทั่วไป ดังนั้นหลังคาลอนไม้ไผ่สานมีคุณสมบัติ ในการกักความร้อนของวัสดุหลังคาที่ดีที่สุด

5. ต้นทุนวัสดุของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน

โดยมีการเปรียบเทียบกับราคาของวัสดุในท้องตลาด ซึ่งราคาวัสดุในท้องตลาดนั้นเป็นราคาขาย ดังนั้นหากเปรียบเทียบกับราคาค่าต้นทุนของวัสดุในท้องตลาดเป็นราคาค่าต้นทุนวัสดุ โดยคิดราคาลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ ของราคาขายวัสดุ ในการคิดราคาค่าต้นทุนของหลังคาลอนไม้ไผ่สานมีการคำนวณจากจำนวนแผ่นไม้ไผ่สานและปริมาณการใช้ในการผลิต โดยมีการเปรียบเทียบต้นทุนของวัสดุทั่วไปในท้องตลาด ดัง Table 9

Table 9. Capital of undulation bamboo roof materials compared with material of general roof.

Type of roof	Thickness (mm.)	Size of roof Per board (cm.Xcm.)	Price per board (Baht)	Price per square mater (Baht)
Undulation bamboo roof	5.3	55 X 135	117	156
Asbestos-cement tiny corrugated roof	3.0	54 X 120	34	53
Fiber stone corrugation cement tile	4.0	50 X 120	38	64
Galvanized undulation tiny iron	0.2	57.5 X 150	70	82

จาก Table 9 พบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีค่าต้นทุนของวัสดุมากที่สุดที่ 117 บาทต่อแผ่น รองลงมาคือ หลังคาสังกะสีลอนเล็กมีค่าต้นทุนของวัสดุที่ 82 บาทต่อแผ่น กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่มีค่าต้นทุนของวัสดุที่ 38 บาทต่อแผ่น และกระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกเล็กมีค่าต้นทุนของวัสดุที่ 34 บาทต่อแผ่น

เมื่อเปรียบเทียบขนาดแผ่นหลังคาที่มีขนาดเท่ากันที่ต่อหนึ่งหน่วยตารางเมตรพบว่า ค่าต้นทุนวัสดุของกระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่มีค่าน้อยกว่าอยู่ 58.97 เปอร์เซ็นต์ กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกเล็กมีค่าน้อยกว่าอยู่ 66.02 เปอร์เซ็นต์ และสังกะสีลอนเล็กค่าน้อยกว่าอยู่ 47.44 เปอร์เซ็นต์ ของราคาค่าต้นทุนวัสดุหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น



Figure 8. Wall form bamboo mat plywood.



Figure 9. Undulation roof form bamboo-mat.

สรุปผล

การศึกษาและพัฒนาวัสดุผนังแผ่นเรียบและหลังคาลอนไม้ไผ่สาน ซึ่งใช้วัตถุดิบในลักษณะของผืนเสื่อไม้ไผ่มาทำการศึกษาและพัฒนา โดยประยุกต์ให้เข้ากับเทคโนโลยีการก่อสร้างสมัยใหม่วัสดุผนัง ทำการทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบไม้ไผ่สานอัด (GB 13124 – 91 Method of Testing Bamboo-mat Plywood)



ส่วนวัสดุหลังคาตอนไม้ไผ่สาน ทดสอบโดยคุณสมบัติทั่วไปของวัสดุหลังคา ซึ่งเน้นเป็นหลังคาชนิดลอน โดยศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุหลังคาที่ใช้กันทั่วไป ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

วัสดุแผ่นเรียบไม้ไผ่สานอัด

1. คุณสมบัติทางด้านปริมาณความชื้นของไม้ไผ่สานอัด

พบว่า คุณสมบัติทางด้านปริมาณความชื้นของไม้ไผ่สานอัด 3 4 และ 5 ชั้น ที่ใช้กาวยาเรียพอร์มัลดีไฮด์ และ 3 ชั้น ที่ใช้กาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์ (ในท้องตลาด) มีค่าปริมาณความชื้นแตกต่างกันน้อยมาก โดยปริมาณความชื้นสูงสุดกับต่ำสุดต่างกันเพียง 0.7 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น โดยมีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง 8.7 – 9.4 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นของผืนไม้ไผ่สานก่อนการอัดแผ่นพบว่า มีปริมาณความชื้นอยู่ที่ 7.87 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อมีการแปรรูปอัดแผ่นแล้ว มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น 0.83 – 1.53 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นน้อยมาก

สรุปไม้ไผ่สานอัดมีการยืดตัวและหดตัวน้อย จึงนำไปใช้ในการก่อสร้าง เช่น ไม้แบบมีความคงทน และใช้ได้หลายครั้ง (พงศพัณ วรสุทโรสถ และ วรพงศ์ วรสุทโรสถ, 2544) สังเกตได้จากไม้ไผ่สาน มีความชื้นก่อนอัดและหลังอัดแตกต่างกันน้อยมาก ดังนั้น การยืดตัวและหดตัวมีน้อย

2. คุณสมบัติความต้านแรงดัดในสถานะแห้งและมอดูลัสยืดหยุ่น

คุณสมบัติความต้านแรงดัดในสถานะแห้งพบว่า ไม้ไผ่สานอัด 3 4 และ 5 ชั้น ที่ใช้กาวยาเรียพอร์มัลดีไฮด์ และ 3 ชั้น ที่ใช้กาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์ (ในท้องตลาด) ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน GB 13123 – 91 Bamboo-mat Plywood โดยมีค่าความต้านแรงดัดที่สถานะแห้งเกิน 60 เมกะพาสคัล แต่ไม่ถึง 80 เมกะพาสคัล โดยจัดเป็นไม้ไผ่เกรด 3 ของประเภทใช้งานภายนอก โดยถือว่ามีความแข็งแรงปานกลางถึงน้อย

คุณสมบัติมอดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่สานอัด โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3,405 เมกะพาสคัล เมื่อนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ที่ยังไม่มีการแปรรูป ซึ่งมีลักษณะเนื้อไม้ไผ่เป็นลำ หรือไม้ไผ่สด พบว่า มีค่าเฉลี่ยมอดูลัสยืดหยุ่นที่ 15,690 เมกะพาสคัล (Sipongco, Joaquin O. and Muandar, Murdaiti, 1987) ซึ่งมีค่ามากกว่าไม้ไผ่ที่มีการแปรรูปเป็นไม้ไผ่สานอัดถึง 4.6 เท่า

3. คุณสมบัติความต้านแรงดัดในสถานะบ่ม

ความต้านแรงดัดในสถานะบ่มของผนังไม้ไผ่สานอัด 3 4 และ 5 ชั้น ที่ใช้กาวยาเรียพอร์มัลดีไฮด์ เมื่อมีการปรับสภาพขึ้นทดสอบก่อนการทดสอบ โดยผ่านการต้มในน้ำเดือด การแช่เย็น และการอบ โดยจำลองสภาพที่รุนแรง เนื่องจากเป็นไม้อัดประเภทใช้งานภายนอก ต้องทนต่อสภาวะภูมิอากาศที่รุนแรง แดด และฝน โดยใช้กาวยาเรียพอร์มัลดีไฮด์ซึ่งเป็นกาวยาสำหรับผนังภายนอกอาคาร พบว่า ความต้านทานแรงดัดในสถานะบ่มมีค่าความต้านทานแรงดัดลดลง 30 – 35 เปอร์เซ็นต์ ของความต้านแรงดัดในสถานะแห้ง

ส่วนผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น ที่ใช้กาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์ (ในท้องตลาด) พบว่า ความต้านแรงดัดในสถานะบ่มมีค่าลดลง 75 เปอร์เซ็นต์ ของความต้านแรงดัดในสถานะแห้ง

จากการทดสอบพบว่า ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 และ 4 ชั้น ที่ใช้กาวยาเรียพอร์มัลดีไฮด์ ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน GB 13123 – 91 Bamboo-mat Plywood ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น มีค่าการผ่านเกณฑ์มากที่สุด ซึ่งมีค่า



ความต้านแรงดัดในสภาวะบ่มเกิน 40 เมกะพาสคัล แต่ไม่ถึง 50 เมกะพาสคัล โดยจัดเป็นไม้ไผ่สานอัดเกรด 3 ของประเภทใช้งานภายนอก ส่วนผนังไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น ที่ใช้กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ ไม่ผ่านเกณฑ์โดยต่ำกว่า เกณฑ์มาตรฐานถึง 6 เมกะพาสคัล ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น ที่ใช้กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ (ในท้องตลาด) ไม่ผ่านเกณฑ์ โดยต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานถึง 25 เมกะพาสคัล จะสังเกตเห็นได้ว่า การทดสอบความต้านทานแรงดัดในสภาวะบ่ม เป็นการบอกคุณสมบัติของกาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์สำหรับการนำไปผลิตแผ่นไม้ไผ่สานอัด ซึ่งไม้ไผ่สานอัดที่ใช้กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ เมื่อมีการทดสอบในสภาวะที่รุนแรงก่อนนำไปทดสอบ คุณสมบัติความต้านทานแรงดัดลดลงน้อยกว่าไม้ไผ่สานอัดที่ใช้กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ เพราะกาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ใช้สำหรับงานไม้อัดภายใน จึงไม่ทนต่อสภาวะภูมิอากาศที่รุนแรง และไม่ทนแดดทนฝน ส่วนกาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์เป็นกาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์เป็นกาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ประเภทใช้งานภายนอก จึงต้องทนสภาวะภูมิอากาศที่รุนแรงได้ดีกว่า

ในการผลิตไม้ไผ่สานอัด 3 4 และ 5 ชั้น โดยใช้กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์พบว่า ไม้ไผ่สานอัดที่มีจำนวนชั้นน้อยกว่าจะมีความต้านทานแรงดัดในสภาวะบ่มที่มากกว่าไม้ไผ่สานอัดที่มีจำนวนชั้นมากกว่า เนื่องจากในการอัดแผ่นที่มีความบางความร้อนจะทั่วถึงกว่า กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์สามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกว่าการอัดวัสดุที่มีความหนาแน่นกว่า ดังนั้นไม้ไผ่สานอัดที่มีความบางจะอัดแน่นติดกันได้ดีกว่า

เมื่อผ่านกระบวนการต้ม การแช่เย็น และการอบ การแยกกันของชั้นไม้ของไม้ไผ่สานที่บางกว่าจะน้อยกว่าไม้ไผ่สานอัดที่มีความหนาแน่นกว่า ดังนั้นความต้านทานแรงดัดในสภาวะบ่มของไม้ไผ่สานอัดที่มีความบางจะดีกว่าไม้ไผ่สานอัดที่มีความหนาแน่นกว่า ส่วนไม้ไผ่สานอัดที่หนาแน่นกว่ารับแรงสูงสุด และดีกว่า เพราะมีความหนาแน่นกว่า

สรุปผนังไม้ไผ่สานที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานภายนอกตามมาตรฐาน โดยจัดอยู่ในระดับเกรด 3 มีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 และ 4 ชั้น ที่ใช้กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ เนื่องจากผ่านเกณฑ์มาตรฐาน GB 13123 – 91 Bamboo-mat Plywood ซึ่งผ่านเกณฑ์คุณสมบัติปริมาณความชื้นที่กำหนด ค่าความต้านทานแรงดัดในสภาวะแห้ง และค่าความต้านทานแรงดัดในสภาวะบ่ม

4. คุณสมบัติความหนาแน่น

เมื่อมีการเพิ่มจำนวนชั้นในการอัดความหนาแน่นไม้ไผ่สานอัดแผ่นเรียบจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยมีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 673.87 – 859.31 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับไม้เนื้ออ่อนถึงไม้เนื้อแข็งปานกลาง ระหว่าง 590 – 990 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (กวี หวังนิเวศน์กุล, 2546)

5. สรุปราคาต้นทุนวัสดุไม้ไผ่สานอัดแผ่นเรียบ

ราคาค่าต้นทุนวัสดุของไม้ไผ่สานอัดมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนาของไม้ไผ่สานอัด เนื่องจากต้องมีจำนวนชั้นของไม้ไผ่สานมากขึ้น เมื่อต้องการความหนาแน่นมากขึ้น และขึ้นอยู่กับราคาของกาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ โดยไม้ไผ่สานอัดที่มีจำนวนชั้นเท่ากัน ไม้ไผ่สานอัดที่ใช้กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์มีค่าต้นทุนมากกว่าการใช้กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ เพราะกาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์มีราคาสูงกว่า

จากการเปรียบเทียบราคาค่าต้นทุนวัสดุของไม้ไผ่สานที่ใช้กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์พบว่า ในการผลิตไม้ไผ่สานอัดขนาด 4 X 8 ฟุต โดยมีต้นทุนไม้ไผ่สานและกาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ต่อไม้ไผ่สาน 1 แผ่น มีต้นทุนแผ่นละ 78 บาท ดังนั้นในการเพิ่มต้นทุนของการเพิ่มจำนวนชั้น ให้คิดเพิ่มต้นทุนชั้นละ 78 บาท



จากการเปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้ภายนอกในท้องตลาดขนาด 4 X 8 ฟุต โดยเปรียบเทียบกับไม้อัดสีกภายนอกที่ความหนาใกล้เคียงกัน พบว่า ไม้อัดสีกภายนอกหนา 4 มิลลิเมตร มีต้นทุนวัสดุที่แพงกว่าไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ความหนา 4.36 มิลลิเมตร ถึง 984 บาทต่อแผ่น คิดเป็น 75.93 เปอร์เซ็นต์ของราคาไม้อัดสีกภายนอกหนา 4 มิลลิเมตร

ไม้อัดสีกภายนอกหนา 5 มิลลิเมตร มีต้นทุนวัสดุที่แพงกว่าไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ความหนา 5.10 มิลลิเมตร ถึง 1,074 บาทต่อแผ่น คิดเป็น 73.36 เปอร์เซ็นต์ของราคาไม้อัดสีกภายนอกหนา 5 มิลลิเมตร

จากข้อความข้างต้นสรุปได้ว่า วัสดุไม้อัดภายนอกในท้องตลาด โดยไม้อัดสีกมีค่าต้นทุนวัสดุที่แพงกว่าไม้ไผ่สานอัดที่ความหนาใกล้เคียงกัน เนื่องจากไม้อัดสีกเน้นในเรื่องของความงามด้วยนอกจากการใช้สอยอย่างเดียว หากเทียบกับไม้ไผ่สานอัดที่ใช้ภายนอกแล้ว ถือว่าไม้ไผ่สานอัดประเภทภายนอกที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ นอกจากจะเน้นประโยชน์การใช้สอยที่เหมือนกันแล้ว ยังมีลดทอนของการสานต่อไม้ที่สวยงาม และมีต้นทุนวัสดุที่น้อยกว่าไม้อัดสีกภายนอกอีกด้วย

วัสดุหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น

1. คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น

โดยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติการรับแรงกดสูงสุดและค่าความต้านแรงแตกหักของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น เปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็กและหลังคาสังกะสีลอนพบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีค่าแรงกดสูงสุดมากที่สุด รองลงมาได้แก่ หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็กและหลังคาสังกะสีลอนเล็ก มีค่าแรงกดสูงสุดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีความแข็งแรงมากที่สุด ซึ่งมีความแข็งแรงกว่าหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็กประมาณ 4 เท่า มีความแข็งแรงกว่าหลังคาสังกะสีลอนเล็ก 9 เท่า

หากเปรียบเทียบค่าความต้านแรงแตกหักพบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีค่าความต้านทานแรงแตกหักมากที่สุด รองลงมา คือ หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็ก และน้อยที่สุดคือ หลังคาสังกะสีลอนเล็ก สรุปได้ว่า ค่าความต้านแรงแตกหักมีค่าแปรผันตรงกับค่าแรงกดสูงสุด

การเอนตัวพบว่า เมื่อมีแรงกดสูงสุดกระทำ หลังคาสังกะสีลอนเล็กเกิดการเอนตัวมากที่สุด รองลงมาได้แก่ หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็กมีการเอนตัวน้อยที่สุด สรุปได้ว่า หลังคาสังกะสีมีความยืดหยุ่นมากที่สุดเมื่อมีแรงกระทำกับหลังคา และเกิดการเสียรูปง่ายที่สุด

เมื่อมีแรงกดสูงสุดกระทำกับหลังคาแล้ว วัสดุแต่ละชนิดจะมีการเสียรูป หรือมีการแตกหักที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น เมื่อมีแรงกดสูงสุดกระทำแล้ว จะเกิดการเอนตัวจนไม่สามารถรับแรงได้โดยไม่เกิดการแตกหักของหลังคา แต่เกิดการเสียรูปเท่านั้น สักครู่ไม้ไผ่จะคืนรูปดังเดิม หรือเกือบคงรูปดังเดิม ซึ่งเป็นข้อดีของไม้ไผ่ที่มีความเหนียว และมีความยืดหยุ่นดีในลักษณะของการเป็นเส้นใย



2. หลังจากกระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนลูกฟูกลอนเล็ก เมื่อมีแรงกดสูงสุดกระทำแล้วจะเกิดการแตกหักเป็นชิ้น ๆ ของวัสดุเลย เนื่องจากการยึดกันของเนื้อวัสดุไม่ใช่ลักษณะการยึดกันของเส้นใย เมื่อเกิดแรงสูงสุดกระทำจะมีความเปราะและแตกง่าย

3. หลังจากสังกะสีลอนเล็ก เมื่อมีแรงกดสูงสุดกระทำแล้วจะไม่เกิดการแตกหัก แต่จะเกิดการเสียรูปเนื่องจากเป็นโลหะและมีความเหนียว แต่โลหะเมื่อมีการเสียรูปแล้วจะไม่มีการคืนรูปเหมือนเดิม โดยเกิดการบิดและงอ

สรุปข้อดีของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น เมื่อมีการรับแรงสูงสุดแล้วจะไม่เกิดการแตกหักและจะเกิดการแอ่นตัวเท่านั้น ดังนั้นข้อดีในด้านความปลอดภัยจะไม่มีเศษวัสดุแตกหักตกหล่นใส่ผู้อยู่อาศัยภายในอาคารหากหลังคาได้รับแรงสูงสุด

2. คุณสมบัติความไม่รั่วซึมของหลังคาไม้ไผ่สาน

เมื่อทดสอบใสน้ำบนหลังคานาน 24 ชั่วโมง ปรากฏว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สานส่วนใหญ่ ไม่มีหยดน้ำและน้ำซึมออกมาเลย โดยมีน้ำซึมออกมาแต่ไม่ถึงกับเป็นหยดน้ำน้อยมาก เพียงแผ่นเดียว จุดเดียวของการทดสอบหลังคาตัวอย่าง 3 แผ่น ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน สรุปได้ว่า กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้ในการประสานระหว่างชั้นของไม้ไผ่สาน นอกจากจะเป็นกาวที่ใช้สำหรับงานภายนอกแล้ว ยังเป็นกาวที่มีคุณสมบัติในการยึดของวัสดุที่สามารถอุดช่องว่างระหว่างไม้ได้ดี จึงไม่มีการรั่วซึมของน้ำ ซึ่งกาวชนิดนี้นอกจากใช้ในการผลิตไม้ประสานสำหรับงานภายนอกแล้ว ยังใช้ในการผลิตไม้ประสานที่สัมผัสน้ำ เช่น ไม้ประสานสำหรับการต่อเรือเป็นต้น (กวี หวังนิเวศน์กุล, 2546)

3. คุณสมบัติน้ำหนักของหลังคา

น้ำหนักของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีน้ำหนักเบากว่ากระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนลูกฟูกลอนเล็ก 2.7 กิโลกรัม แต่น้ำหนักว่าหลังคาสังกะสีลอนเล็กอยู่ 3.1 กิโลกรัม โดยหลังคาทั้งสามชนิดเปรียบเทียบกันที่พื้นที่หลังคาขนาด 1 ตารางเมตร ซึ่งจากข้อมูลที่ได้นี้จะนำไปใช้ในการออกแบบโครงหลังคาในส่วนการรับน้ำหนักของหลังคาด้วย โดยโครงหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีขนาดของโครงหลังคาที่เล็กกว่าและประหยัดกว่าโครงหลังคากระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนลูกฟูกลอนเล็ก และมีการขนส่งวัสดุที่สะดวกกว่า เนื่องจากมีน้ำหนักของหลังคาที่เบากว่า

4. คุณสมบัติทางความร้อนของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน

เมื่อเปรียบเทียบกับหลังคาทั่วไปพบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สานมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) น้อยที่สุด ซึ่งแสดงถึงคุณสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีที่สุดของหลังคาทั่วไปที่นำมาเปรียบเทียบ และมีค่าความจุความร้อนน้อยที่สุด ซึ่งเป็นคุณสมบัติในการกักเก็บปริมาณความร้อนในวัสดุหลังคาน้อยที่สุด

5. สรุปราคาค้นทุนวัสดุหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น

หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีราคาค้นทุนวัสดุที่แพงกว่าหลังคาทั่วไปในท้องตลาด โดยเปรียบเทียบกับหลังคากระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนลูกฟูกลอนเล็ก กระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนคู่ และสังกะสีลอนเล็ก ดังนั้นหลังคาลอนไม้ไผ่สานเหมาะสำหรับผู้มีรายได้ปานกลางในชนบท ซึ่งนอกจากมีคุณสมบัติการกันความร้อน และ



มีความแข็งแรงที่ดีกว่ากระเบื้องซีเมนต์ใยหินและสังกะสีลอนเล็กแล้ว ยังมีตลาดขายการสานที่สวยงาม ถือว่าคุ้มค่ากับการใช้ประโยชน์และในด้านความงามที่กลมกลืนกับวัสดุพื้นถิ่น

การคิดราคาค่าต้นทุนวัสดุหลังคาลอนไม้ไผ่สานสำหรับการวิจัยนี้ มีค่าต้นทุนวัสดุมากกว่าเมื่อกระบวนการผลิตเป็นระบบอุตสาหกรรม เนื่องจากในการผลิตไม้ไผ่สานให้เป็นผืนในโรงงานอุตสาหกรรม การผลิตไม้ไผ่สานอัด จะใช้เครื่องปอกและลอกไม้ไผ่ให้เป็นตอก แล้วมีเครื่องสานตอกไม้ไผ่ให้เป็นผืน ซึ่งในส่วน of ต้นทุนไม้ไผ่สานจะเป็นต้นทุนในการซื้อท่อนไม้มาแปรรูปอย่างเดียว ทำให้ประหยัดต้นทุนในส่วนของการจ้างชาวบ้านมาสานเสื่อไม้ไผ่ ในส่วนของต้นทุนท่อน ถ้าหากมีการใช้ท่อนในปริมาณมากก็สามารถมีการสังเคราะห์ท่อนในการผลิตไว้ใช้เอง ซึ่งสามารถลดต้นทุนในส่วนของการซื้อท่อนได้มากกว่าการสั่งซื้อท่อนจากโรงงานที่ผลิต

ข้อเสนอแนะ

1. ในการผลิตหลังคาลอนไม้ไผ่สาน เครื่องอัดไฮดรอลิกส์ควรมีที่สำหรับปรับเปลี่ยนการใช้แม่พิมพ์โดยยึดกับตัวเครื่องได้ เพราะในการผลิตหลังคาแต่ละแผ่นต้องมีการยกแม่พิมพ์ออกมาซึ่งมีน้ำหนักมาก และร้อน เพื่อนำแผ่นหลังคาที่ผลิตออกมา และใส่ไม้ไผ่สานในการผลิตแผ่นต่อไป ถ้าแม่พิมพ์ลอนสามารถยึดกับตัวเครื่องได้จะมีความสะดวก เมื่ออัดแผ่นเสร็จสามารถดึงขึ้นงานออกมาโดยไม่ต้องยกแม่พิมพ์ออกมาด้วย และสามารถใส่วัสดุที่จะอัดขึ้นต่อไปได้ ทำให้มีความสะดวกและรวดเร็วในการผลิตหลังคาลอนไม้ไผ่สาน

2. การผลิตหลังคาลอนไม้ไผ่สาน หากมีการฝังตัวให้ความร้อน (heater) ที่ตัวโลหะแม่พิมพ์จะให้ความร้อนในการอัดได้ดีกว่าและเร็วกว่าการอาศัยความร้อนจากแท่นอัดแผ่น ซึ่งมีลักษณะเรียบจากเครื่องอัด เพราะต้องใช้เวลาานกว่าความร้อนจะเดินทางผ่านอลูมิเนียมที่มีความหนาแน่นมากสู่วัสดุที่ใช้อัด

3. การผลิตหลังคาลอนไม้ไผ่สาน ในระหว่างการเพิ่มแรงดันของเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ต้องค่อยๆ ปรับเพิ่มแรงดันทีละน้อย จนถึงแรงดันสูงสุดที่ 35 – 40 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หากปรับแรงดันให้เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว อาจทำให้ไม้ไผ่สานเกิดการฉีกขาด เนื่องจากไม้ไผ่สานเกิดแรงดึงระหว่างลอนของแม่พิมพ์ ดังนั้นจึงควรเพิ่มแรงดันทีละน้อย เพื่อให้ไม้ไผ่สานได้ปรับสภาพคลายตัว ไม่ทำให้เกิดแรงดึงที่ทำให้ไม้ไผ่สานเกิดการฉีกขาด

4. การเก็บรักษาไม้ไผ่สานก่อนที่จะนำไปผลิตต้องเก็บไว้ในที่ที่แห้ง อากาศถ่ายเทสะดวก และในบริเวณที่เก็บไม้ไผ่สาน ควรเทน้ำยากันปลวก มอด และแมลง

5. เมื่อนำไม้ไผ่สานมาจากแหล่งผลิต ก่อนที่จะมีการเก็บรักษา ควรนำเข้าสู่อบ เนื่องจากความร้อนจากตู้อบสามารถทำลายไขอ่อนของมอดและแมลงที่มากับไม้ไผ่สานที่ยังไม่ได้มีการปรับปรุงคุณภาพ โดยวิธีนี้ไม่ใช่วิธีป้องกันการทำลายของแมลงได้ตลอดในระหว่างการเก็บรักษา หากเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของมอดและแมลง โดยหากเก็บไว้ในระยะเวลานาน มอดและแมลง สามารถกลับมาวางไข่อ่อน และทำลายไม้ไผ่สานได้

6. การฝังไม้ไผ่สานหลังจากการแช่ท่อน ไม่ควรฝังไม้ไผ่สานบริเวณที่มีแสงแดด หรือบริเวณกลางแจ้งจัด เพราะแสงแดดมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาของท่อน ควรฝังในที่ร่ม และอากาศสามารถถ่ายเทได้สะดวก



7. ไม้ไผ่สานที่นำมาใช้ในการผลิตวัสดุ ไม่ควรนำตอกไผ่บริเวณผิวนอกของไม้ไผ่ที่มีลักษณะผิวมันมาผลิตไม้ไผ่สาน เนื่องจากบริเวณผิวของตอกไผ่ที่มีความมัน กาวไม่สามารถซึมผ่านเนื้อไม้ได้ เมื่อนำไปผลิตไม้ไผ่สานอัด หรือหลังคาลอนไม้ไผ่สาน บริเวณผิวของตอกไผ่ที่มีความมัน ไม่สามารถยึดติดกันได้

8. การอบไม้ไผ่สานเพื่อให้ได้ความชื้นที่ต้องการก่อนกระบวนการอัด ในการวางไม้ไผ่สานภายในตู้อบ ไม่ควรวางไม้ไผ่สานซ้อนทับกัน เนื่องจากจะทำให้ปริมาณความชื้นของไม้ไผ่สานแต่ละผืนมีความแตกต่างกัน ไม้ไผ่สานที่ถูกซ้อนทับด้านในไม่สามารถคายความชื้นได้ดีกว่าไม้ไผ่สานที่วางทับไว้ชั้นบน ดังนั้นในการอบเพื่อลดความชื้นของไม้ไผ่สานควรวางไม้ไผ่สานให้สามารถคายความชื้นได้โดยสะดวก

9. ในการตัดผนังแผ่นเรียบและหลังคาที่ผลิตจากไม้ไผ่สาน ควรใช้เลื่อยที่มีความเร็วสูง และมีใบเลื่อยที่มีความละเอียด เนื่องจากในการตัดขอบของวัสดุจะได้ไม่เกิดการแตก

10. ในการอัดผนังไม้ไผ่สานอัด เมื่อมีการเพิ่มจำนวนชั้นของแผ่นไม้ไผ่สานควรที่จะเพิ่มระยะเวลาในการอัดด้วย และควรศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของระยะเวลาในการอัดของผนังไม้ไผ่สานอัดที่มีจำนวนชั้นของไม้ไผ่สานแตกต่างกัน เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอัดผนังไม้ไผ่สานที่มีจำนวนชั้นแตกต่างกัน เนื่องจากไม้ไผ่มีคุณสมบัติความเป็นฉนวน (ณรงค์ และ สิริพงษ์, 2534) ดังนั้นผนังไม้ไผ่สานอัดที่มีความหนา หรือมีจำนวนชั้นของแผ่นไม้ไผ่สานที่มากจึงต้องมีระยะเวลาในการอัดมากกว่าผนังไม้ไผ่สานอัดที่มีความบางกว่า หรือมีจำนวนชั้นของแผ่นไม้ไผ่สานที่น้อยกว่า

11. วัสดุผนังแผ่นเรียบและหลังคาจากไม้ไผ่สานควรมีการทดสอบเพิ่มเติมในเรื่องของการกันไฟ และผลกระทบของรังสียูวีที่มีผลต่อวัสดุ เนื่องจากเป็นวัสดุใช้ภายนอกอาคาร

12. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของสารที่เคลือบผิววัสดุที่สามารถเพิ่มความแข็งแรง คงทนของวัสดุผนังแผ่นเรียบ และหลังคาจากไม้ไผ่สาน

13. ควรมีการศึกษาพืชชนิดอื่นที่มีคุณสมบัติคล้ายไม้ไผ่มาทำการพัฒนาและทดลองทำผนังและหลังคาในลักษณะการแปรรูป โดยการอัดและใช้กาวที่มีคุณสมบัติในการกันน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโสสังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ และของสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่ง



เอกสารอ้างอิง

- กานต์ คำแก้ว. 2546. ไม้ไผ่กับสถาปัตยกรรมที่เลื่อนหาย: การออกแบบศาลาประชาคม. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- กวี หวังนิเวศน์กุล. 2546. วัสดุวิศวกรรมก่อสร้าง. ซีเอ็ดยูเคชั่น กรุงเทพมหานคร.
- กองวิจัยผลิตผลป่าไม้. 2524. ความรู้เกี่ยวกับการฟืนและอบไม้. เอกสารประกอบคำบรรยาย กองวิจัยผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้. (อัดสำเนา)
- จารุณี วงศ์ข้าหลวง. 2532. ความทนทานตามธรรมชาติของไม้ไผ่บางชนิดในประเทศไทย. ใน เอกสารการสัมมนา เรื่องไม้ไผ่ครั้งที่ 2 คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 8 -10 พฤศจิกายน (อัดสำเนา)
- ณรงค์ เพ็งปรีชา และ สิริพงษ์ ตระการไทย. 2534. การผลิตแผ่นไม้อัด. เอกสารกองวิจัยผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (อัดสำเนา)
- ทีโอเอ – โคฟเคม อินดัสตรีส์, บจก. 2550. คุณสมบัติของกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์. ประกาศนียบัตรรับรองการทดสอบกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์. (อัดสำเนา)
- พงศ์พันธ์ วรสุทโรสถ และ วรพงศ์ วรสุทโรสถ. 2544. วัสดุก่อสร้าง. ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพมหานคร.
- มิลเลเนียม เว็บ, บจก. ราคาวัสดุก่อสร้าง. (ออนไลน์) <http://www.thaicontractor.com>, ค้นข้อมูล 5 เมษายน 2550.
- มนตรี พรหมโชติกุล และ ศักดิ์พิชิต จุลฤกษ์. 2532. ความแข็งแรงของไม้ไผ่. ใน เอกสารการสัมมนาเรื่องไม้ไผ่ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 6 – 7 มิถุนายน 2528.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2524. กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นลอน: ลอนลูกฟูก มอก. 18 - 2529. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2524. กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นลอน: ลอนคู่ มอก. 79 - 2529. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร.
- วรรณม อุณจิตติชัย. 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลและกรรมวิธีผลิต. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. (อัดสำเนา)
- _____. 2548. การปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์จากแผ่นบอร์ด. เอกสารประกอบการสอน วิชา 361354 กาวและทฤษฎีการยึดติด. วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. (อัดสำเนา)
- _____. 2550. นักวิชาการป่าไม้ 8 ว. สัมภาษณ์. 28 เมษายน
- วรัท พรหมโชติกุล. 2541. ไม้ประกับโครงสร้างจากไม้ขนาดเล็ก. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. (อัดสำเนา)



- วิรัช ชื่นวาริน. 2528. ลักษณะโครงสร้างองค์ประกอบและสมบัติทางฟิสิกส์ของไม้ไผ่. ใน เอกสาร
การสัมมนาเรื่องไม้ไผ่ คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 6 – 7 มิถุนายน 2528. (อัคราณา)
- วิวัฒน์ เตมียพันธ์. เรือนพักอาศัย: รูปแบบสำคัญของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น. อาษา (มกราคม 2541): 61-63.
- สมสิทธิ์ นิตยะ. 2541. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
กรุงเทพมหานคร.
- สอาด บุญเกิด. 2528. ไม้ไผ่บางชนิดในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- สุทัศน์ เดชวิสิทธิ์. 2537. ไม้ไผ่สำหรับคนรักไฟ. สำนักพิมพ์โอโรคอมมิวนิค้า. กรุงเทพมหานคร:
- อนันต์ อนันตโชติ. 2534. ไม้ไผ่ในประเทศไทยที่น่ารู้จัก. อักษรสยามการพิมพ์. กรุงเทพมหานคร.
- Center for Development Technology. 1971. Development of a Tropical Roofing Material. Washington
University Saint Louis Missouri. (Mimeographed.)
- Department of Building and Architecture at Eindhoven University of Technology. “The Advantages of the
Use of Bamboo as a Structural Material.” (online) [http://www.bwk.tue.nl/bko/research/Bamboo/
bamboo.htm](http://www.bwk.tue.nl/bko/research/Bamboo/bamboo.htm). 5 April 2007.
- India Plywood Industries Research and Training Institute. Bamboo Mat Flat Board. (online) [http://
www.bamboocomposites.com/primary%20processing.htm](http://www.bamboocomposites.com/primary%20processing.htm). 5 April 2007.
- Mardjono, Fitri. Bamboo Knowledge Based Building Design Decision Support System. online [http://
www.bwk.tue.nl/bko/research/Bamboo/Fitri.htm](http://www.bwk.tue.nl/bko/research/Bamboo/Fitri.htm), 5 April 2007.
- Rottke, Evelin. Mechanical Properties of Bamboo. (online) <http://www.bambus.rwth.aachen.de/eng>,
2007.
- Sipongco, Joaquin O. and Muandar, Murdiati. 1987. Technology Manual on Bamboo as Building material.
United Nations Development Program (UNDP). (Mimeographed.)
- State Standard of the People’s Republic of China. 1991. Bamboo-mat Plywood GB 13123-91. Chinese
Industrial Standard. (Mimeographed.)
- _____. 1991. Methods of Testing Bamboo-mat Plywood GB 13124-91. Chinese Industrial
Standard. (Mimeographed.)



วัสดุทดแทนไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นปานกลางและเยื่อความร้อนแข็งกลจากไม้ยางพารา¹

WOOD POLYMER COMPOSITE (WPC) FROM MEDIUM DENSITY POLYETHYLENE AND THERMO-MECHANICAL PULP FROM RUBBER WOOD

ยุทธพงษ์ แซ่ตั้ง (Yutthapong Sae-tang)²

อิทธิพล แจ่มชัด (Ittipol Jangchud)²

วรรณธรรม อุ่นจิตติชัย (Woratham Oonjittichai)³

บทคัดย่อ

การศึกษาพอลิเมอร์คอมโพสิตเส้นใยธรรมชาติ เพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนไม้หรือไม้เทียม สามารถเตรียมได้จากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง (MDPE) และเส้นใยไม้ยางพารา (Rubber wood fiber) ที่เตรียมจากกระบวนการทางความร้อนแข็งกล (TMP) โดยผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว แล้วนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องฉีดขึ้นรูป จากนั้นนำไปศึกษาสมบัติต่างๆ เช่น สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อนและสัณฐานวิทยา ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาคัดของ MDPE (EL-Lene M3204 และ EL-Lene[®] M3804) ปริมาณเส้นใยไม้ยางพาราชนิด TMP (0-70 phr) ปริมาณสารช่วยผสม (0-5 % ของเส้นใย) ชนิดของสารช่วยผสม (Polyethylene graft maleic anhydride (MAPE) และ Silquest[®] A-174 silane) กรดของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) (ขนาดอนุภาค 1 และ 4 ไมครอน) ปริมาณของ CaCO_3 (0-60 phr) และเปรียบเทียบสมบัติของไม้เทียมในงานวิจัยนี้กับไม้เทียมทางการค้าและไม้ธรรมชาติ

จากการศึกษาคัดของ MDPE โดยเติมเส้นใยไม้ยางพารา 40 phr พบว่า MDPE กรด EL-Lene[®] M3804 ให้สมบัติเชิงกลโดยรวมดีกว่ากรด EL-Lene[®] M3204 เช่น ความแข็งแรงดึง มอดูลัส ความแข็งแรงโค้งงอและมอดูลัสโค้งงอ เมื่อทำการศึกษาผลของปริมาณเส้นใยไม้ยางพาราพบว่า สมบัติเชิงกลของวัสดุคอมโพสิตดีขึ้น แต่เมื่อปริมาณเส้นใยมากเกินไปการขึ้นรูปจะทำได้ยากขึ้น และเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น ปริมาณเส้นใยไม้ยางพาราที่เหมาะสมที่สุดคือ 40 phr จากการศึกษาคัดของสารช่วยผสมพบว่า สมบัติเชิงกลดีขึ้นและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำลดลง ปริมาณสารช่วยผสมที่เหมาะสมคือ 3% สมบัติ

¹ โครงการบูรณาการร่วมระหว่าง งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และสาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

² บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

³ งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้



เชิงกลของวัสดุคอมโพสิตที่ใส่ CaCO_3 ขนาดอนุภาค 4 μm มีแนวโน้มที่ดีกว่าวัสดุคอมโพสิตที่ใส่ CaCO_3 ขนาดอนุภาค 1 μm และปริมาณ CaCO_3 ที่เหมาะสมคือ 60 phr จากการศึกษาสมบัติทางความร้อนพบว่า อุณหภูมิหลอมเหลวผลึก (T_m) และองค์ความเป็นผลึกใกล้เคียงกัน จากการศึกษาสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (SEM) พบว่า เส้นใยไม้ยางพาราและ CaCO_3 มีการกระจายตัวที่ดี การยึดเกาะระหว่างเส้นใยและพอลิเมอร์ดีขึ้นเมื่อใช้สารช่วยผสม และจากการทดสอบสมบัติเชิงกลของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตขึ้นรูปจริงในงานวิจัยนี้พบว่า สมบัติเชิงกลที่ได้มีค่าน้อยกว่าไม้จริง แต่มีค่าใกล้เคียงกับไม้เทียมเชิงพาณิชย์ที่มีจำหน่ายในประเทศ

คำหลัก : พอลิเมอร์คอมโพสิต พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง ไม้ยางพารา

ABSTRACT

In this research work, natural fiber-polymer composites used as an artificial wood were prepared from medium density polyethylene (MDPE) and thermo-mechanical pulp from rubber wood. The composites formula were mixed and compounded by a single screw extruder and then shaped by an injection molding machine. The samples were characterized for physical, mechanical, thermal and morphological properties. Parameters effecting to composite properties were studied, such as grades of MDPE (EL-Lene[®] M3204 and EL-Lene[®] M3804), amount of fiber loading (0-70 phr), type of compatibilizers (polyethylene graft maleic anhydride (MAPE) and Silquest[®] A-174 silane), amount of compatibilizers (0-5% fiber loading), size of calcium carbonate (CaCO_3) (1 and 4 μm) and amount of CaCO_3 loading (0-60 phr). Comparative studies between properties of the MDPE/rubber wood fiber composites and those of commercial artificial woods and natural woods were carried out.

By studying the effects of MDPE grades by added 40 phr fiber, it was found that mechanical properties such as tensile strength, modulus, flexural strength, and flexural modulus of EL-Lene[®] M3804 were higher than those of EL-Lene[®] M3204. Mechanical properties of the MDPE/TMP composites were improved by increasing percentage to fiber. The percentage to water absorption of the composites was also increased as the fiber loading was increased. It was found that an optimum fiber loading in this work was 40 phr. By studying the effects of compatibilizers, it was found that the composites with MAPE 3% of fiber loading yielded better mechanical properties. The percentage to water absorption was also declined when the compatibilizers were incorporated. As the CaCO_3 filler was added, mechanical properties of the composites were not significantly altered. Properties of the composites with 4 μm CaCO_3 seemed to be better than those of the composites with 1 μm CaCO_3 . The optimum loading of the CaCO_3 was 60 phr. For thermal properties of the composites, it was found that T_m and percentage to crystallinity were nearly same



in all samples. Morphology of the fractured composites was studied by SEM. It was revealed that good dispersion of the fibers and CaCO_3 , and good interfacial bonding between the fibers and the MDPE matrix were observed. In comparative studies between properties of composites and those of commercial artificial woods and natural woods, it was found that the composite properties were less than natural wood however; they were comparable with those of commercial artificial woods in Thailand.

Keywords : Polymer Composite, Medium density polyethylene, Rubber wood

คำนำ

เส้นใยธรรมชาติจากไม้ยางพารา (*Hevea brasiliensis*) เป็นไม้ชนิดหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับไม้พอลิเมอร์คอมโพสิต เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยมีการปลูกต้นยางพารามาก มีการผลิตยางธรรมชาติส่งออกมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก ไม้ยางพาราที่มีอายุ 20-25 ปี จะถูกตัดและนำเข้าสู่อุตสาหกรรมไม้เพื่อแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน เครื่องใช้ แต่ในขณะเดียวกันปริมาณของเศษวัสดุไม้ลักษณะต่างๆ ที่เหลือจากการเลื่อยแปรรูปท่อนไม้ยางพาราจะมีปริมาณที่มากถึง 48.57% ของปริมาณไม้ท่อนทั้งหมด (สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้, 2546) ดังนั้นการนำเศษไม้และจี้เลื่อยที่เหลือจากการแปรรูปมาแปรสภาพใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไม้พอลิเมอร์คอมโพสิต จะทำให้สามารถเพิ่มมูลค่าของเศษวัสดุไม้เหล่านี้ได้

ไม้พอลิเมอร์คอมโพสิต (Wood Polymer Composites: WPC) เป็นวัสดุที่มีองค์ประกอบหลักคือพอลิเมอร์และไม้ จัดเป็นวัสดุชนิดใหม่ที่ปัจจุบันได้รับความสนใจใช้เป็นวัสดุทดแทนไม้ เนื่องจากไม้พอลิเมอร์คอมโพสิต มีสมบัติเด่นหลายประการ เช่น มีสมบัติเชิงกลที่ดีและหลากหลาย สามารถเลือกชนิดพอลิเมอร์และไม้เตรียมเป็นคอมโพสิตที่มีสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งาน สามารถดัด เลื่อย หรือตอกตะปูได้ มีน้ำหนักเบา ดูดซึมน้ำน้อย อายุการใช้งานนาน ไม่ถูกทำลายโดยมอด ปลวก หรือแมลงอื่นๆ และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้



Figure 1. Products from rubber wood



Figure 2. Wood Polymer Composites

จากตัวอย่างของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่มีรูปแบบแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกระบวนการขึ้นรูปขึ้นงาน Figure 1 (Composites technology, 2005) เป็นการขึ้นรูปให้ชิ้นงานสามารถประกบเข้ากันได้ ทำให้ง่ายต่อการประกอบเข้ารูปเพื่อใช้งาน Figure 2 (NFM welding engineers, 2005) แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการขึ้นสกรูได้เหมือนการใช้งานในไม้จริง และ Figure 3 (Moistureshield professional grade decking, 2005) แสดงการใช้งานจริงของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิต โดยนำมาประกอบเป็นระเบียงและที่กั้นภายนอกบ้าน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้งานได้ในพื้นที่สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงได้

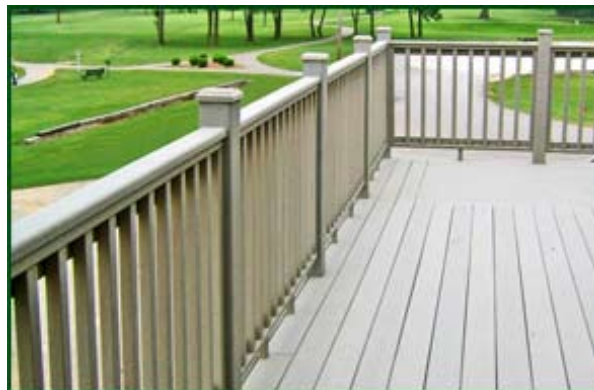


Figure 3. Sample of Wood Polymer Composites in the construction

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตเพื่อใช้เป็นวัสดุแผ่นไม้เทียม โดยพอลิเมอร์ที่ใช้ในการทดลองคือ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง (Medium density polyethylene ; MDPE) และเส้นใยไม้ยางพารา เนื่องจาก MDPE เป็นพอลิเมอร์ที่มีความเหนียว นิยมนำมาใช้อย่างกว้างขวางโดยเฉพาะงานหล่อแบบหมุน (Rotational molding) เช่น แท็งก์น้ำ ซึ่งต้องการความแข็งแรง ความเหนียวและทนต่อสภาพภูมิอากาศได้ MDPE มีลักษณะเป็นผงทำให้สามารถที่จะกระจายตัวอยู่ระหว่างเส้นใยได้ดี และเมื่อได้รับความร้อนก็สามารถหลอมเหลวได้ง่ายทำให้ครอบคลุมเส้นใยได้อย่างทั่วถึง ลดโอกาสเกาะกันเป็นกลุ่มก้อนของเส้นใยให้น้อยลง ดังนั้นจึงคาดว่าการศึกษาสูตรที่ใช้ในการผสมเพื่อผลิตแผ่นไม้เทียมให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานต่างๆ สามารถที่จะทำได้

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่เตรียมจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง (MDPE) และเส้นใยไม้ยางพารา ศึกษาสมบัติต่างๆ ของพอลิเมอร์คอมโพสิตที่เตรียมได้ เช่น สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อนและสัณฐานวิทยาและศึกษาสมบัติเชิงกลของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่ขึ้นรูปได้ เช่น ความต้านทานการถอนตะปู ความแข็งแรงโค้งงอ และมอดูลัสโค้งงอ



วิธีการศึกษา

การศึกษาพอลิเมอร์คอมโพสิตเส้นใยธรรมชาติ เพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนไม้หรือไม้เทียม สามารถเตรียมได้จากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง (MDPE) และเส้นใยไม้ยางพารา (Rubber wood fiber) ที่เตรียมจากกระบวนการทางความร้อนเชิงกล (TMP) โดยมีขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

1. อุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Steam Boiler)
2. เครื่องบดเยื่อ (Defibrator)
3. เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง (Screening Machine)
4. เครื่องผสม (Kneader)
5. เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression molding machine)
6. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ (Universal testing machine)

2. การเตรียมเยื่อไม้

การศึกษาเยื่อไม้ยางพาราที่เตรียมได้จากกระบวนการทางความร้อนเชิงกล (Thermo-mechanical pulp: TMP) ซึ่งสามารถเตรียมได้ดังนี้

เยื่อไม้ที่เตรียมได้จากกระบวนการความร้อนเชิงกล (Thermo-mechanical pulp) เป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีการผลิตเยื่อทางกลโดยการบด (Refined mechanical pulping) เริ่มจากการนำชิ้นไม้หรือชิ้นวัตถุดิบเข้าในไอน้ำภายใต้ความดันไอน้ำ จนอุณหภูมิไอน้ำสูงกว่า 140 °C ซึ่งเป็นจุดที่ทำให้ลิกนินอ่อนตัว เรียกว่า จุดเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition point) หรือ จุดนิ่มตัว (Softening point) แล้วจึงทำการบดขึ้นไม้ให้แยกออกจากกันภายใต้อุณหภูมิและความดันสูงเป็นเส้นใยหรือกลุ่มของเส้นใย การบดใช้วิธีการเสียดสี (Attrition action) ของเครื่อง Defibrators หรือ Attrition mills ซึ่งประกอบด้วยจานบดที่มีผิวหยาบเป็นร่อง 2 จาน โดยจานหนึ่งหรือ 2 จานหมุนสวนทางเสียดสีกันให้ชิ้นไม้ที่อยู่ระหว่างจานทั้งสองแตกแยกออกเป็นกลุ่มเยื่อ ผลผลิตของเยื่อที่ได้ประมาณ 90 – 95 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับสถานะในการแยกเยื่อ ได้แก่ อุณหภูมิหรือความดันไอน้ำ เวลาในการนึ่งขึ้นไม้ และเวลาในการบดเยื่อจะมีความผันแปรไปขึ้นอยู่กับชนิดไม้หรือวัตถุดิบ ความหนาแน่นของไม้หรือวัตถุดิบ ความชื้นและรูปทรงทางเรขาคณิตของขึ้นไม้

หลังจากเตรียมเส้นใยเสร็จแล้ว นำเส้นใยไม้ที่บดเสร็จแล้วไปล้างด้วยน้ำ อบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยก่อนการทดลอง ต้องทำการคัดแยกขนาดอนุภาคเส้นใยไม้ โดยใช้เครื่องร่อนแยกขนาด ร่อนให้ได้เส้นใยที่มีขนาด 50-80 Mesh แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อเป็นการทำให้ความชื้นในเส้นใยหมดไป นำไปเก็บไว้ในเคซิเคเตอร์ โดยลักษณะของเส้นใยที่เตรียมได้มีลักษณะดัง Figure 4



Figure 4. Rubber wood fiber character from Thermo-mechanical pulp

3. ขั้นตอนการผสม

3.1 ชั่งส่วนผสมตามสูตรต่างๆ

3.2 ทำการผสม MDPE เส้นใยยางพารา และ Antioxidant โดยใช้เครื่องผสมความเร็วสูง ปั่นกวนเป็นเวลา 5 นาที

3.3 นำของผสมที่ได้มาผสมกันในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว โดยใช้อุณหภูมิที่ 180 °C

3.4 นำของผสมที่ได้มาบดเป็นเม็ด

3.5 นำเม็ดที่ได้ไปทำการขึ้นรูปโดยใช้เครื่องฉีดขึ้นรูป

3.6 นำชิ้นงานคอมโพสิตที่ได้ไปทดสอบสมบัติต่างๆ ได้แก่

3.6.1 ศึกษาสมบัติเชิงกล

- ทดสอบสมบัติแรงดึงด้วยเครื่อง Universal testing machine ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 638 ได้ค่า ความแข็งแรงดึง ค่ามอดูลัสและเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด
- ความแข็งแรงกระแทก ASTM D256
- ความแข็งกด ASTM D785
- ทดสอบสมบัติความแข็งแรงโค้งงอด้วยเครื่อง Universal testing machine ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 790 ได้ค่า Flexural strength และ Flexural modulus

3.6.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ

- การดูดซึมน้ำ ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 570

3.6.3 ศึกษาสมบัติทางความร้อน

- Differential scanning calorimeter (DSC)

3.6.4 ศึกษาสัณฐานวิทยา

- Scanning electron microscope (SEM)



- Optical microscope (OM)

3.6.5 ศึกษาความทนทานต่อปลวก

4. ขั้นตอนการขึ้นรูปวัสดุไม้พอลิเมอร์คอมโพสิต

4.1 ชั่งส่วนผสมตามสูตรผสมสุดท้ายที่เลือก

4.2 ใส่ส่วนผสมต่างๆ ยกเว้นเส้นใยไม้ยางพารา ลงในเครื่องผสม (Kneader) ทำการผสมให้เข้ากัน ที่อุณหภูมิ 80-100 °C เป็นเวลา 30 นาที

4.3 ใส่เส้นใยไม้ยางพารา ผสมต่อจนเข้ากัน

4.4 นำของผสมที่ได้ผ่านเข้าเครื่องผสม 2 ลูกกลิ้ง เพื่อรีดให้เป็นแผ่นที่มีความหนาตามต้องการ ตัดและจัดเรียงลงแม่แบบตามขนาดที่ต้องการ

4.5 นำแม่แบบที่ได้เข้าเครื่องอัดรีด (Compression) ที่อุณหภูมิ 220 °C เป็นเวลา 40 นาที จากนั้นนำเข้าเครื่องหล่อเย็น นาน 30 นาที

4.6 ได้ชิ้นงานไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตพร้อมที่จะนำไปทดสอบและแปรรูป

4.7 การทดสอบไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตจะทำการศึกษาสมบัติดังต่อไปนี้

4.7.1 ความแข็งแรงกดอัด (ASTM D 6108-97)

4.7.2 ความต้านทานการถลอกและสึก (ASTM D 6117-97)

4.7.3 ความแข็งแรงโค้งงอและมอดูลัสโค้งงอ (ASTM D 6109-97)



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)

Figure 5. Production Wood Polymer Composites by a single screw extruder and then shaped by an injection molding machine. : A-->B-->C-->D-->E (A) Kneader (B) 2-roll mill (C,D) Compression molding machine (E) Wood Polymer Composites



Table 1. The composites formula were mixed and compounded by a single screw extruder and then shaped by an injection molding machine.

Component	Quantity (kg)
MDPE	50
Rubber wood fiber	20
Antioxidant	0.125
Compatibilizers	0.6
CaCO ₃	30

5. การทดสอบ (อิทธิพล, 2543)

การทดสอบสมบัติต่างๆ ของพอลิเมอร์คอมโพสิต ได้ทำการทดสอบมาตรฐานดังนี้

5.1 สมบัติเชิงกล

5.1.1 ความแข็งแรงดึง มอดูลัสและเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด

การหาค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) มอดูลัส (Modulus) และเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด (% Elongation at break) ตามมาตรฐาน ASTM D 638

5.2.2 ความแข็งแรงกระแทก

การหาค่าความแข็งแรงกระแทก (Impact strength) ตามมาตรฐาน ASTM D 256

5.1.3 ความแข็งกด

การหาค่าความแข็งกด (Hardness tester, shore D) ตามมาตรฐาน ASTM D 785

5.1.4 ความแข็งแรงโค้งงอและมอดูลัสโค้งงอ

การหาค่าความแข็งแรงโค้งงอ (Flexural strength) และมอดูลัสโค้งงอ (Flexural modulus) ตามมาตรฐาน ASTM D 790

5.2 สมบัติทางกายภาพ

การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) การทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำตามมาตรฐาน ASTM D 570

5.3 สมบัติทางความร้อน

Differential Scanning Calorimeter (DSC) เป็นเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการวัดอัตราการไหลของความร้อน (Heat flow) ที่ให้แก่วัตถุอย่างเทียบกับสารอ้างอิง เป็นฟังก์ชันกับเวลาหรืออุณหภูมิ ในทางปฏิบัติเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์และเคมีจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปี (Enthalpy; H) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของเอนทัลปีนี้เราสามารถวัดได้ DSC ตรวจวัดได้ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นหลายชนิด เช่น การ



เปลี่ยนแปลงมวล รูปร่าง หรือคุณสมบัติทางแสงของสารจะส่งผลต่อการเพิ่มหรือลดของอุณหภูมิ นอกจากนี้ เครื่อง DSC ยังใช้ในการวัดความจุความร้อน (Heat capacity: C_p) ซึ่งเป็นสมบัติที่มีความสำคัญของพอลิเมอร์ เนื่องจากประวัติของกระบวนการผลิต สมบัติเชิงกล และการให้ความร้อนในรูปแบบต่างๆ จะแสดงให้เห็นทราบถึงลักษณะเฉพาะของพอลิเมอร์ซึ่งใช้บ่งบอกความเป็นสารนั้นๆ ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย บางครั้งเรียกว่า “เอกลักษณ์ของพอลิเมอร์ (Fingerprint)” นั้นแสดงว่าค่าพลังงานของระบบจะมีค่าเฉพาะเพียงค่าเดียวเท่านั้น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของ C_p เมื่อเทียบกับสารอ้างอิงสามารถใช้ในการบ่งบอกประวัติที่ผ่านมาของพอลิเมอร์ตัวอย่างนั้นได้

5.4 ความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวก (วรรณม, 2545)

ในการทดสอบความทนทานต่อปลวกจะใช้การทดสอบในห้องปฏิบัติ โดยวิธีการทดสอบแบบ บังคับใช้ชิ้นงานมีขนาด $2.5 \times 2.5 \times 0.2 \text{ cm}^3$ จำนวน 5 ชิ้น และบันทึกน้ำหนักของชิ้นงาน แล้วจึงนำชิ้นงานใส่ลงในบ่อซีเมนต์ที่ได้เพาะเลี้ยงปลวกชนิด *Coptotermes gestroi* ซึ่งในการทดสอบในห้องปฏิบัติการจะไม่สัมผัสดิน ใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 4 สัปดาห์ ทำการประเมินผลการทดสอบโดยการประเมินความเสียหาย บนแผ่นวัสดุทดลองด้วยสายตา (Visual rating) บันทึกน้ำหนักของชิ้นงานหลังการทดสอบและคำนวณหาค่าอัตราการเข้าทำลาย

5.5 สัณฐานวิทยา

การศึกษาสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (SEM) เป็นการส่องดูพื้นผิวของวัสดุอย่างละเอียด เพื่อศึกษาการยึดติดระหว่างเส้นใยไม้กับพอลิเมอร์ การเตรียมตัวอย่างทำได้โดยนำตัวอย่างมาแช่ที่อุณหภูมิต่ำ โดยใช้ไนโตรเจนเหลว (Liquid nitrogen) และทำการหักทันทีที่อุณหภูมิต่ำ จากนั้นนำตัวอย่างมาเคลือบทองและนำเข้าเครื่อง SEM เพื่อศึกษาพื้นผิวของชิ้นงาน

6. การทดสอบสมบัติไม้พลาสติก

6.1 สมบัติการกดอัด (Compressive properties)

การหาค่า Compressive strength และ ค่า Modulus of Elasticity ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 6108-97

6.2 สมบัติการต้านทานการถอนตะปูและสกรู (Mechanical fasteners)

การหาค่าแรงที่ใช้ในการถอนตะปูและแรงที่ใช้ในการถอนตะปูเกลียว ทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ ตามมาตรฐาน ASTM D 6117-97

6.3 สมบัติการโค้งงอ (Flexural properties)

การหาค่า Flexural strength และ Flexural modulus ทดสอบมาตรฐาน ASTM D 6109-97

6.4 ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่นสามารถทดสอบโดยใช้วิธี Density gradient column ตามมาตรฐาน ASTM D 1505-85



ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. การศึกษาผลของเกรด MDPE

โดยการนำเส้นใยไม้ยางพาราชนิด TMP ปริมาณ 40 phr (part per hundred of polymer) ผสมกับ MDPE ทั้ง 2 เกรดคือ EL-Lene[®] M3204 RWP และ EL-Lene[®] M3804 RWP และนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล ซึ่งผลการทดลองที่ได้แสดงดัง Table 2

Table 2. The mechanical properties of MDPE grade EL-Lene[®] M3204 RWP and EL-Lene[®] M3804 RWP

Properties	Unit	EL-Lene [®] M3204 RWP	EL-Lene [®] M3804 RWP
Tensile strength	MPa	16.80	22.09
Elongation @ break	%	21.73	25.08
Modulus	MPa	255.87	288.76
Impact	kJ/m ²	5.61	5.27
Hardness	shore D	51.7	55.9
Flexural stress	MPa	24.74	30.69
Flexural modulus	MPa	886.34	1030.58

จากการทดลองพบว่า เมื่อผสมเส้นใยไม้ยางพาราชนิด TMP กับ MDPE ทั้ง 2 เกรดแล้วจะทำให้สมบัติต่างๆ ลดลงจากเดิมทั้งหมด โดยเฉพาะความแข็งแรงที่จุดเสียสภาพ เช่น เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด และความแข็งแรงกระแทก

เมื่อพิจารณาสมบัติต่างๆ ระหว่าง MDPE ทั้ง 2 เกรด เมื่อผสมเส้นใยไม้ยางพาราชนิด TMP ปริมาณ 40 phr พบว่า EL-Lene[®] M3804 RWP ให้สมบัติต่างๆ สูงกว่า EL-Lene[®] M3204 RWP เช่น ความแข็งแรงดึง มอดูลัส ความแข็งแรงโค้งงอและมอดูลัสโค้งงอ ส่วนค่าความแข็งแรงกระแทก ความแข็งกดและเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด ไม่แตกต่างกัน จากการทดลองนี้ MDPE เกรด EL-Lene[®] M3804 RWP เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไปในการทำการวิจัยวัสดุไม้พอลิเมอร์คอมโพสิต เนื่องจากการใช้งานไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตต้องการความแข็งแรงของวัสดุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความแข็งแรงโค้งงอและมอดูลัสโค้งงอ ซึ่ง EL-Lene[®] M3804 RWP มีค่าสูงกว่า แม้ว่าค่าความแข็งแรงกระแทกจะต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ก็มีค่าที่สูงสำหรับงานวิจัยนี้คาดว่าจะใช้งานวัสดุไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตในรูปแบบไม้พื้น (Decking) ไม้กระดาน ไม้กรอบหน้าต่างหรือเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ซึ่งต้องการสมบัติเชิงกลด้านการโค้งงอมากกว่าความแข็งแรงกระแทก

2. การศึกษาผลของปริมาณเส้นใยไม้ยางพารา

การศึกษาผลของปริมาณเส้นใยไม้ยางพาราชนิด TMP ที่เหมาะสมที่สามารถเติมเข้าไปใน MDPE เกรด EL-Lene[®] M3804 RWP โดยศึกษาปริมาณเส้นใยไม้ยางพาราที่ 30 40 50 60 และ 70 phr ที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุไม้พอลิเมอร์คอมโพสิต ได้แก่ ความแข็งแรงดึง เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด มอดูลัสความแข็งแรงกระแทก ความแข็งกด ความแข็งแรงโค้งงอ และ มอดูลัสโค้งงอ โดยผลการทดลองมีดังนี้

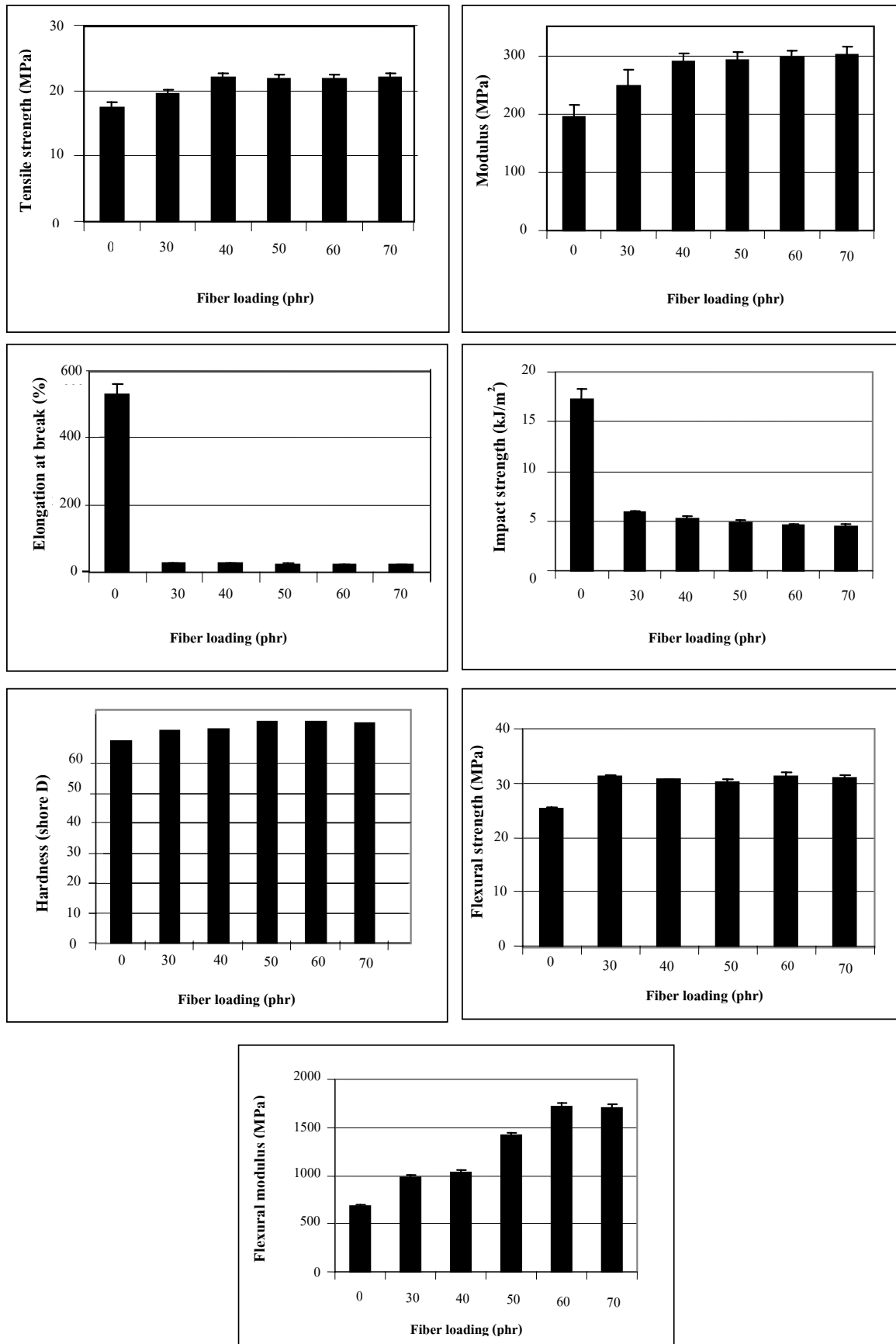


Figure 6. The mechanical properties of MDPE grade EL-Lene® M3804 RWP at various fiber loading.



เมื่อพิจารณาสมบัติความแข็งแรงดึงและมอดูลัสกับปริมาณเส้นใยไม้ยางพาราชนิด TMP พบว่า ปริมาณเส้นใยไม้ยางพาราส่งผลให้ความแข็งแรงดึงและมอดูลัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากหลักฐานวิทยภาพพบว่า เส้นใยมีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างสูง (Aspect ratio: L/d) จึงคาดว่าเส้นใยชนิดนี้จะเป็น เส้นใยที่สามารถช่วยในการเสริมแรง พบว่า เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น ความแข็งแรงดึงและมอดูลัสมีค่าเพิ่ม ขึ้นด้วย โดยเฉพาะที่ 0 – 40 phr อย่างไรก็ตามเมื่อเส้นใยมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นค่าความแข็งแรงดึงและมอดูลัส มีแนวโน้มคงที่ คาดว่าเนื่องจากเส้นใยมีความหนาแน่นรวมต่ำ ดังนั้นการใส่เส้นใยไม้ในปริมาณมากจะทำให้ เกิดความยากในการผสม เนื่องจากในงานวิจัยใช้เครื่องผสมในห้องปฏิบัติการซึ่งมีแรงเคลื่อนที่ต่ำทำให้เกิดการ กระจายตัวที่ไม่ดี เกิดการรวมเป็นกลุ่มก้อนของเส้นใย ซึ่งจะเป็นจุดริเริ่มของการเสียหาย ส่งผลให้เมื่อ ปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นค่าความแข็งแรงดึงและมอดูลัสจึงไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

MDPE เป็นพอลิเมอร์ที่เหนียวเมื่อทำการดึงยืดจะทำให้เกิดคอคอด (Neck) ขึ้น โดยความยาวของพอลิเมอร์ จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดการขาดออกจากกัน (Fracture) ซึ่งปรากฏการณ์นี้มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การ ยืด ณ จุดขาด ของ MDPE ที่ไม่ใส่เส้นใยไม้ยางพารามีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับ MDPE ที่ใส่เส้นใยไม้ยางพารา และพบว่าเมื่อปริมาณเส้นใยไม้ยางพารามากขึ้น พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด มีค่าลดลง เนื่องจาก เส้นใยเป็นส่วนที่มีความแข็งและเปลี่ยนรูปร่างยากกว่าพอลิเมอร์ เส้นใยจะแทรกตัวในเนื้อพอลิเมอร์ทำให้ ความต่อเนื่องของพอลิเมอร์ลดลง นอกจากนี้ความสามารถในการเข้ากันได้ระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์ทำให้เกิดจุดบกพร่องบริเวณรอยต่อระหว่างพื้นผิว (Interface) ของเส้นใยและพอลิเมอร์ ซึ่งจุดบกพร่องนี้จะเป็นจุด ริเริ่มการขาด หรือแยกออกจากกันเมื่อได้รับแรงดึงยืด ทำให้เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาดลดลง

ค่าความแข็งแรงกระแทกมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณเส้นใยไม้ยางพาราเพิ่มมากขึ้น พบว่า เนื่องจาก เส้นใยและพอลิเมอร์มีความสามารถเข้ากันได้ไม่ดี เมื่อผสมกันแล้วจะเกิดรอยต่อระหว่างผิวของเส้นใยและ พอลิเมอร์ ซึ่งเป็นจุดบกพร่องของชิ้นงาน และเมื่อปริมาณเส้นใยมากขึ้นจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นจะมากขึ้นด้วย จึงส่งผลให้ค่าความแข็งแรงกระแทกลดลง ส่วนค่าความแข็งแรงกดเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยไม้ยางพาราพบว่า มีค่า ไกล่เคียงกัน เนื่องจากการวัดค่าความแข็งแรงกดเป็นการให้แรงกดบนผิวของวัสดุให้ยุบตัว (Indentation) แต่ไม่ ทะลุ ดังนั้นปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้นจึงไม่ส่งผลต่อค่าความแข็งแรงกดมากนัก

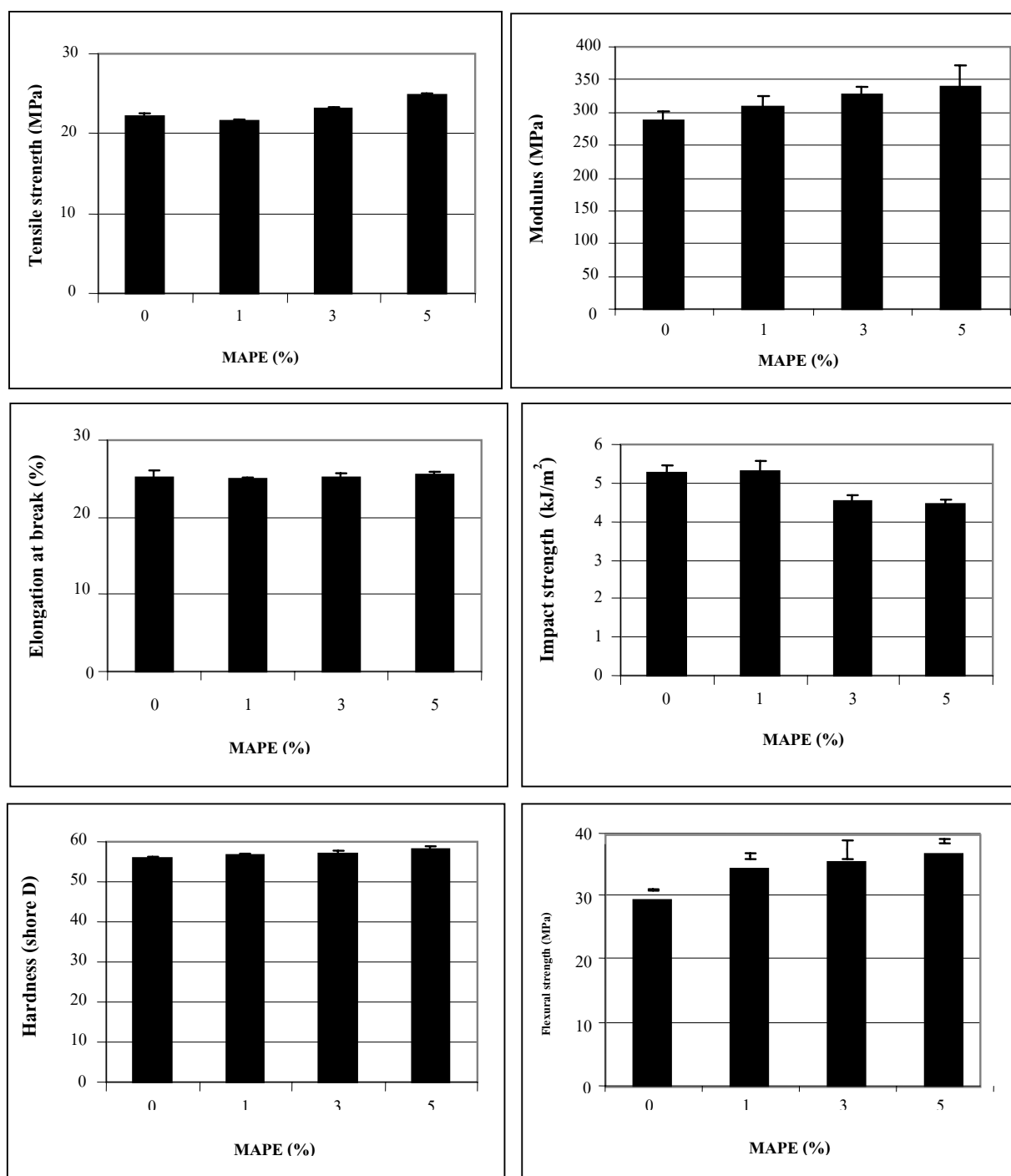
ค่าความแข็งแรงโค้งงอและค่ามอดูลัสโค้งงอเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยยางพาราพบว่า ค่าความแข็งแรง โค้งงอมีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเส้นใยไม้ยางพาราที่เติมลงไปทำหน้าที่เสริมแรงให้กับ วัสดุคอมโพสิต และแรงกดที่ให้อยู่ตั้งฉากกับการจัดเรียงตัวของเส้นใยทำให้เส้นใยสามารถรับและกระจาย แรงที่มากระทำได้ ทำให้วัสดุคอมโพสิตรับแรงกดได้มาก และมอดูลัสโค้งงอมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากเส้นใย สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้กับวัสดุคอมโพสิต

จากการทดสอบสมบัติเชิงกลของวัสดุไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตเมื่อทำการเติมเส้นใยไม้ยางพาราชนิด TMP ในปริมาณ 30 40 50 60 และ 70 phr พบว่า เส้นใยไม้ยางพาราสามารถเสริมแรงให้กับวัสดุคอมโพสิตได้ โดยส่งผลต่อสมบัติบางอย่างให้มีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับ MDPE ที่ไม่ได้ใส่เส้นใย เช่น ค่าความแข็งแรงดึง ค่ามอดูลัส ค่าความแข็งแรงโค้งงอ และค่ามอดูลัสโค้งงอ แต่ส่งผลให้สมบัติบางอย่างลดลง เช่น ค่าเปอร์เซ็นต์ การยืด ณ จุดขาด ค่าความแข็งแรงกระแทก เมื่อพิจารณาปริมาณเส้นใยไม้ยางพาราเพื่อใช้ในการทำการวิจัยใน ขั้นต่อไปพบว่า ปริมาณเส้นใยไม้ยางพารา 40 phr เหมาะสมที่จะนำไปใช้ เนื่องจากให้สมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น

และการใส่เส้นใยไม้อย่างพาราในปริมาณมากจะมีช่องว่างระหว่างเส้นใยน้อย ยากต่อการผสมให้เกิดความเข้ากันระหว่าง MDPE กับเส้นใย อาจทำให้เส้นใยเกิดการเปียกได้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งจะส่งผลต่อสมบัติเชิงกลให้ลดลง

3. การศึกษาปริมาณของสารช่วยผสม มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟท์พอลิเอทิลีน

พอลิเมอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นพอลิเมอร์ที่ไม่มีขั้ว เมื่อนำมาผสมกับเส้นใยซึ่งเป็นวัสดุที่มีขั้วทำให้เกิดการผสมเข้ากันได้ไม่ดีระหว่างวัสดุทั้งสอง แต่สามารถแก้ปัญหานี้ได้โดยการเติมสารที่เพิ่มสมบัติการเข้ากันได้ คือ สารช่วยผสม (Compatibilizer) ลงไป ซึ่งสารช่วยผสมจะช่วยให้เกิดการยึดติดระหว่างกันดีขึ้น



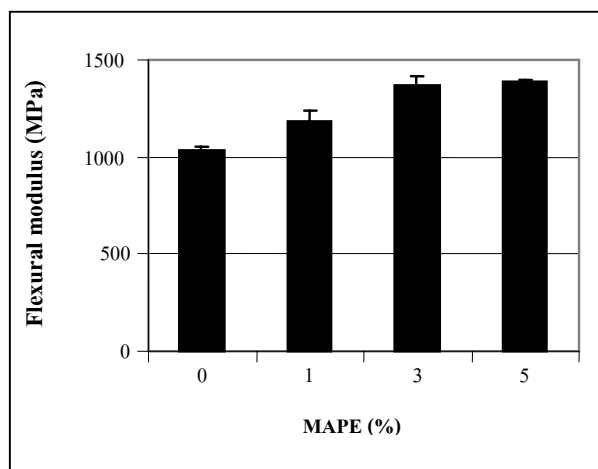


Figure 7. The mechanical properties of MDPE with MAPE by weight of rubber wood fiber (TMP 40 phr).

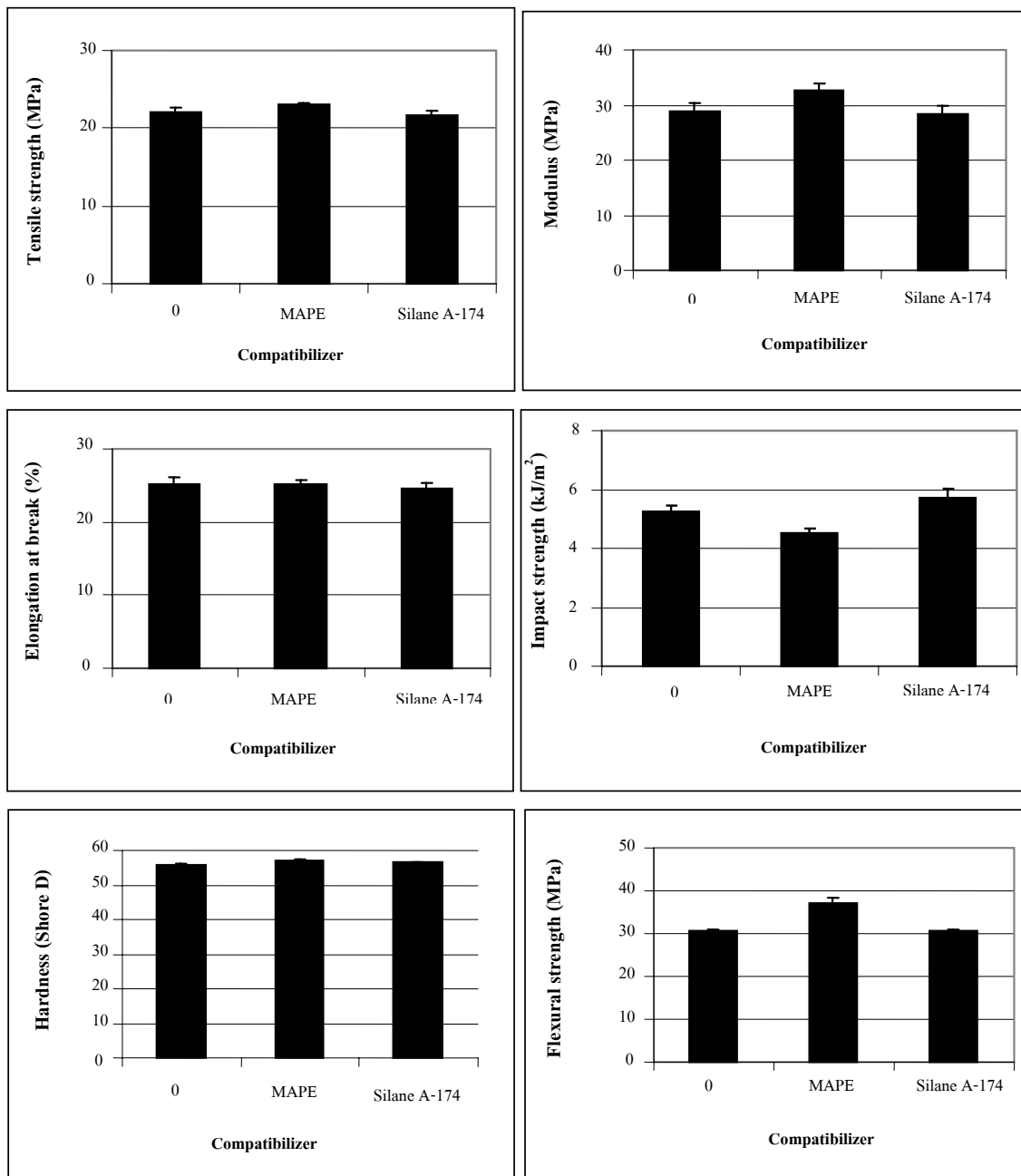
ในการทดลองนี้จะใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟท์พอลิเอทิลีน (Maleic anhydride graft polyethylene: MAPE) เกรด Fusabond® MB 226D เป็นสารช่วยผสม โดยศึกษาที่ปริมาณ 1 3 และ 5% โดยน้ำหนักของเส้นใยไมยางพาราชนิด TMP 40 phr และทำการเปรียบเทียบกับวัสดุคอมโพสิตที่ไม่ได้ผสมสารช่วยผสม โดยศึกษาเปรียบเทียบสมบัติเชิงกล ซึ่งผลการทดลองพบว่า เมื่อใส่สารช่วยผสม MAPE สมบัติเชิงกล เช่น ความแข็งแรงดึง มอดูลัส ความแข็งแรงโค้งงอ และมอดูลัสโค้งงอ มีค่าเพิ่มขึ้น และพบว่า ค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดูลัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ MAPE เพิ่มขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด และค่าความแข็งแรงกระแทกของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารช่วยผสม MAPE พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสาร MAPE ค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด และค่าความแข็งแรงกระแทกมีแนวโน้มลดลง ค่าความแข็งแรงกดของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตพบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มปริมาณสารช่วยผสม ค่าความแข็งแรงโค้งงอและค่ามอดูลัสโค้งงอ เมื่อทำการเพิ่มปริมาณสารช่วยผสมพบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารช่วยผสมเพิ่มขึ้น ในงานวิจัยนี้ความแข็งแรงโค้งงอและมอดูลัสโค้งงอจะมีความสำคัญต่อการนำไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตไปใช้งาน เป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตสามารถรับแรงได้ในระดับหนึ่งโดยไม่เกิดการแตกหัก

จากการศึกษาปริมาณสารช่วยผสม MAPE ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิจัยขั้นต่อไปพบว่า MAPE ที่ปริมาณ 3% โดยน้ำหนักของเส้นใยพารา เหมาะสมที่จะเลือกใช้ในช่วงต่อไป เนื่องจากสารช่วยผสมเป็นสารที่ช่วยให้เส้นใยพาราและ MDPE สามารถเข้ากันได้ดีขึ้น ทำให้สมบัติของวัสดุไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตดีขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณทั้ง 3 แล้วพบว่า สมบัติเชิงกลที่เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณ MAPE จาก 1% เป็น 3% มากกว่า เมื่อเพิ่มปริมาณ MAPE จากปริมาณ 3% เป็น 5% หรือกล่าวได้ว่า สารช่วยผสมควรใส่ในปริมาณที่เหมาะสมถ้าใส่ในปริมาณที่มากเกินไปก็ไม่ได้ช่วยเพิ่มสมบัติให้ดีขึ้นมากนักและจะเป็นการเพิ่มต้นทุนวัตถุดิบอีกด้วย



4. การศึกษาชนิดของสารช่วยผสม

ในการทดลองนี้จึงเป็นการศึกษาชนิดของสารช่วยผสม 2 ชนิด คือ มาเลอิกแอนไฮไดรด์ กราฟท์ พอลิเอทิลีน (MAPE) เกรด Fusabond MB226D และ Silane coupling agent เกรด Silquest® A-174 silane โดยการทดลองนี้จะใช้ปริมาณสารช่วยผสมที่ 3% ของน้ำหนักเส้นใยไม้ยางพารา ชนิด TMP 40 phr และศึกษาเปรียบเทียบสมบัติต่างๆ เพื่อเลือกสารช่วยผสมที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไปมีผลการทดลอง ดังนี้



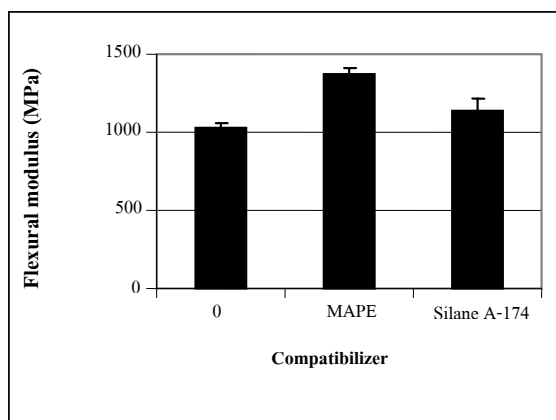
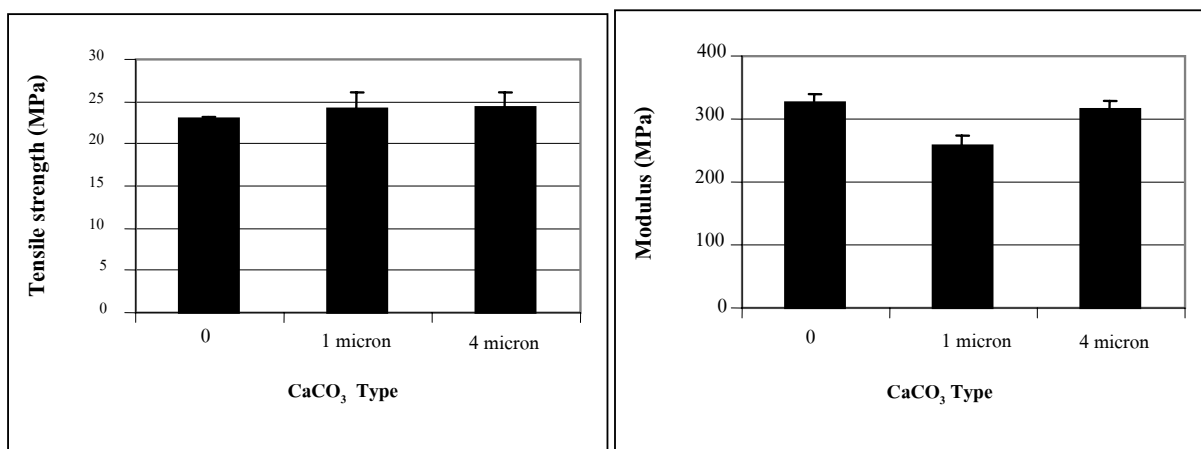


Figure 8. The mechanical properties of MDPE with MDPE and Silane A-174 by weight of rubber wood fiber (TMP 40 phr).

จากการทดลองพบว่า สมบัติเชิงกลโดยรวมของ MAPE ให้ค่าสูงกว่า silane เช่น ค่าความแข็งแรงดึง ค่ามอดูลัส ค่าความแข็งแรงโค้งงอ และมอดูลัสโค้งงอ นอกจากนั้นกระบวนการเตรียมสารช่วยผสมเพื่อใช้ในงานวิจัยของ MAPE ยังสะดวกและประหยัดเวลาในการเตรียมมากกว่า silane เนื่องจาก MAPE มีลักษณะเป็นเม็ดสามารถผสมรวมในขั้นตอนการผสมได้เลย แต่ silane มีลักษณะเป็นของเหลว ซึ่งทำได้ยากและใช้เวลานาน ดังนั้นในการศึกษาชนิดของสารช่วยผสมที่เหมาะสมเพื่อใช้ในงานวิจัยในขั้นตอนต่อไปคือ MAPE

5. การศึกษาชนิดของสารตัวเติม แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3)

CaCO_3 จัดเป็นสารเพิ่มเนื้อ (Fillers) นิยมนำมาใช้เพื่อลดต้นทุนการผลิต จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า CaCO_3 ที่ได้รับการปรับปรุงพื้นผิวด้วยการเคลือบสารช่วยกระจายตัวคือ กรดสเตียริก ปริมาณ 1 % จะทำให้เกิดการกระจายตัวในพอลิเมอร์เมทริกซ์ได้ดี และลดการจับกันเป็นกลุ่มก้อน ในงานวิจัยนี้ใช้ CaCO_3 โดยมี 2 เกรดคือ เกรดขนาดอนุภาค 1 ไมครอนและขนาดอนุภาค 4 ไมครอน ซึ่งทั้ง 2 เกรดนี้ได้ทำการปรับปรุงพื้นผิวด้วยกรดสเตียริก 1 % ดังนั้นงานวิจัยส่วนนี้จะทำการศึกษาถึงผลของขนาดอนุภาคที่เหมาะสมโดยศึกษาที่ปริมาณ 20 phr ซึ่งมีผลการทดลอง ดังนี้



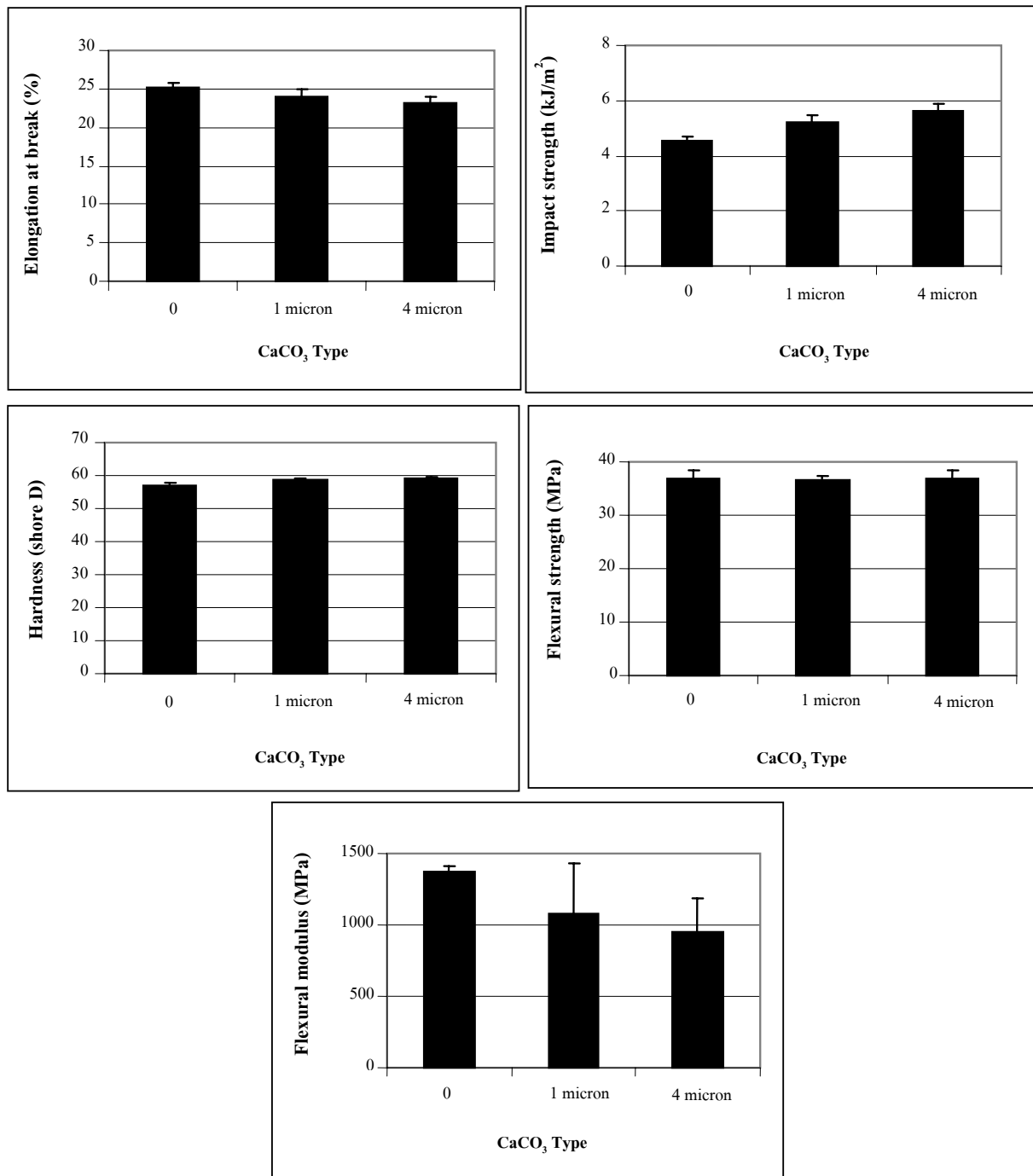


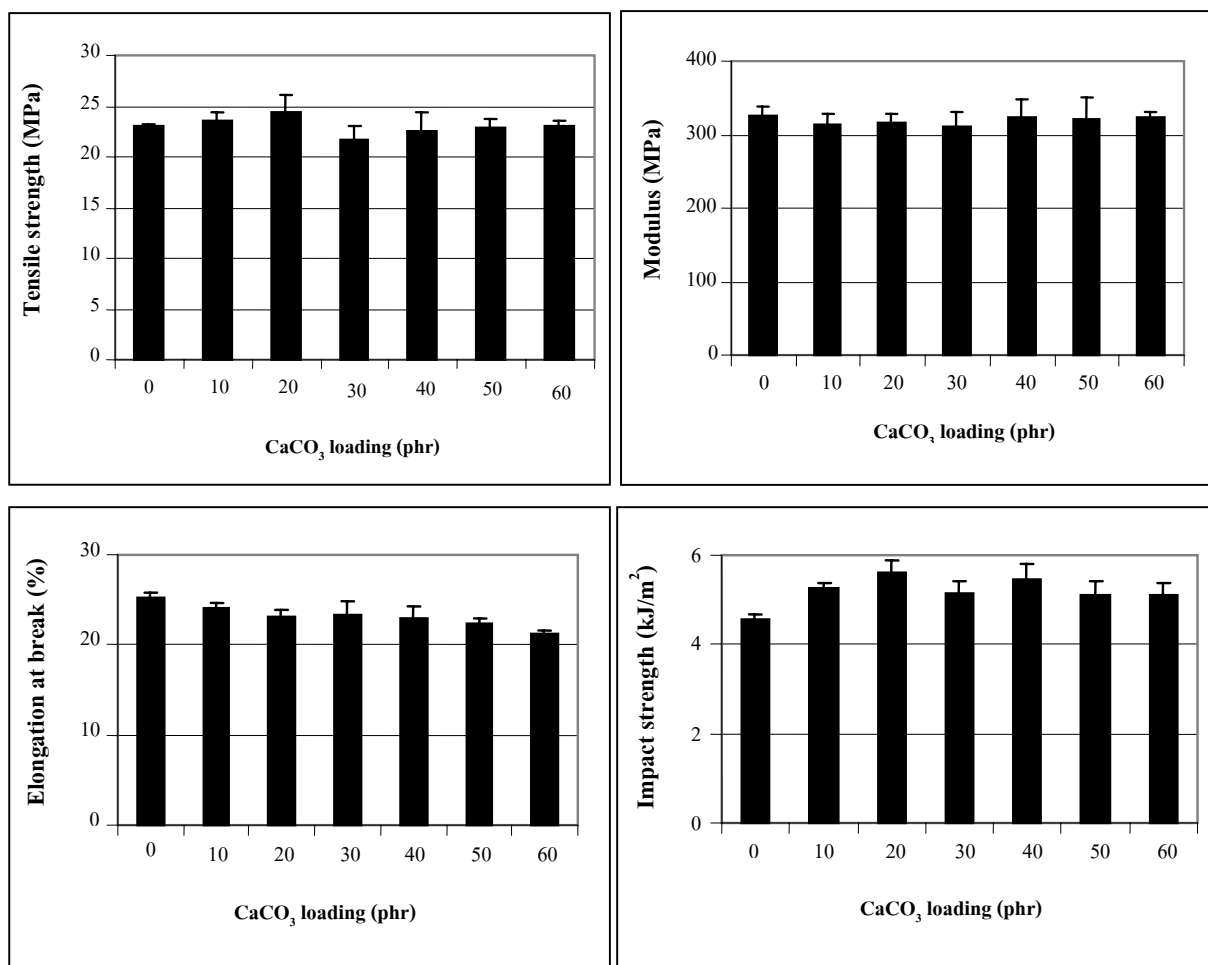
Figure 9. The mechanical properties of MDPE with MAPE 3% by weight of rubber wood fiber (TMP 40 phr) and CaCO_3 Type.

ผลการทดลองพบว่า CaCO_3 เพิ่มความแข็ง ความต้านทานการเสียดสีและน้ำหนักให้แก่ชิ้นงาน จากการศึกษสมบัติเชิงกลพบว่า สมบัติส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกัน และพบว่า CaCO_3 เกรดขนาดอนุภาค 4 ไมครอน มีแนวโน้มให้ค่าสมบัติต่างๆ สูงกว่าเกรดขนาด 1 ไมครอน ดังนั้น CaCO_3 ขนาดอนุภาค 4 ไมครอน จึงเหมาะสมที่จะใช้ในงานวิจัยต่อไป



6. ศึกษาปริมาณสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3)

CaCO_3 นำมาใช้กับพลาสติกเพื่อลดต้นทุนในการผลิตและยังช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลบางอย่างให้ดีขึ้น เช่น มอดูลัสและความทนทานต่อแรงกระแทก นอกจากนั้น CaCO_3 ก็ช่วยปรับปรุงผิวของพลาสติก โดยทำให้พลาสติกมีความเงาหรือความมันเพิ่มขึ้น ความต้านทานไฟฟ้าดีขึ้น ทนทานต่อแรงบีบอัด ทนต่อการหดตัวของพลาสติก ทำให้ผลิตภัณฑ์จากพลาสติกทนทานต่อสภาพภูมิอากาศมากขึ้น ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงเป็นการศึกษาถึงปริมาณ CaCO_3 ที่เหมาะสมที่สามารถเติมลงในวัสดุคอมโพสิตได้โดยไม่ทำให้สมบัติเชิงกลเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยศึกษาปริมาณ CaCO_3 ที่ 10 20 30 40 50 และ 60 phr ใช้ CaCO_3 เกรดขนาดอนุภาค 4 ไมครอน มีผลการทดลองดังนี้



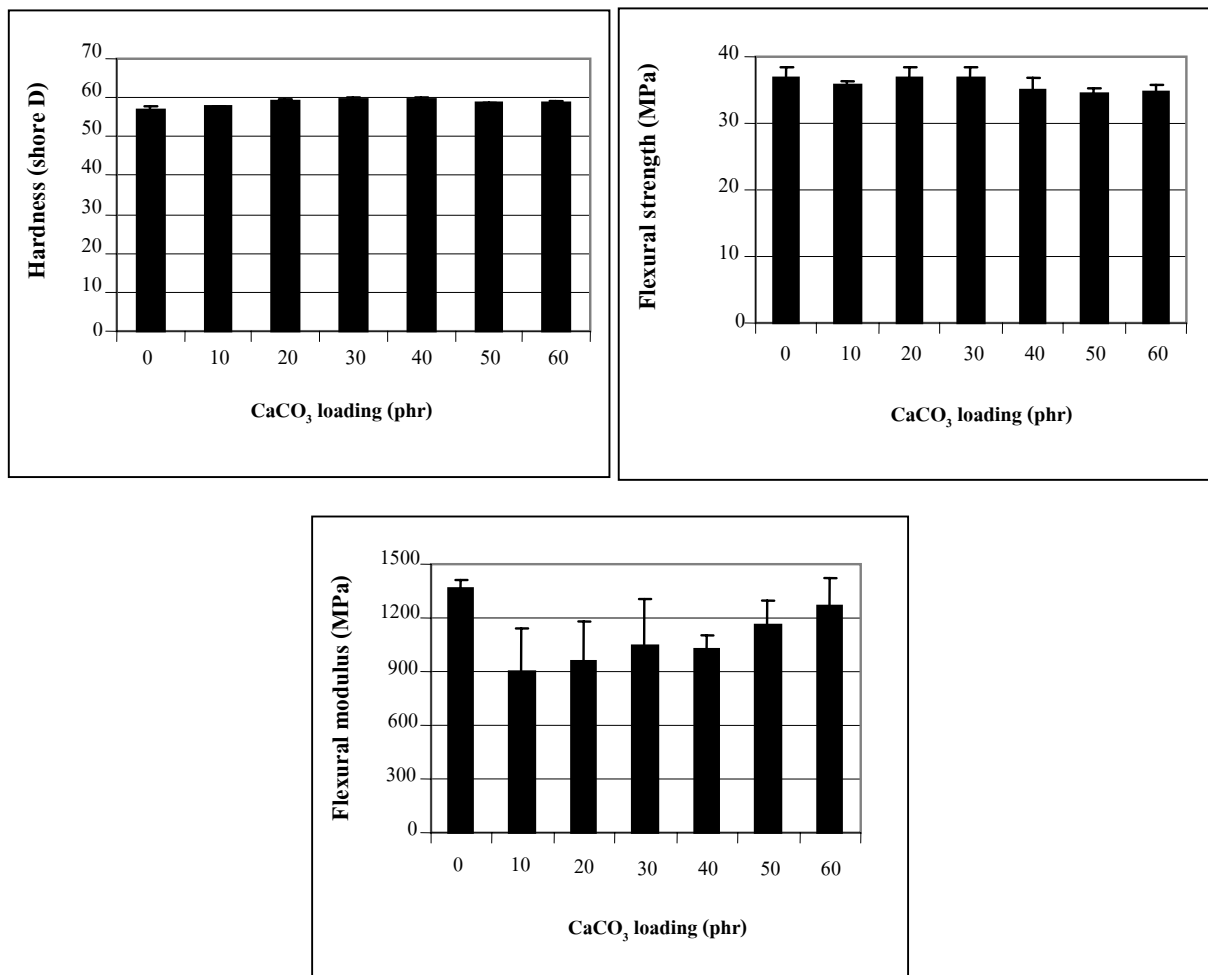


Figure 10. The mechanical properties of MDPE with MAPE 3% by weight of rubber wood fiber (TMP 40 phr) and added Calcium carbonate (CaCO₃) 4 μm.

ผลการทดลองพบว่า ปริมาณ CaCO₃ ที่เติมลงไปวัสดุคอมโพสิตส่งผลต่อสมบัติเชิงกลโดยรวมไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเทียบกับสูตรที่ไม่ได้ใส่ CaCO₃ แต่ถ้าใส่ในปริมาณที่มากเกินไปจะส่งผลต่อสมบัติเชิงกลได้ เนื่องจาก CaCO₃ ที่มากเกินไปจะทำให้พอลิเมอร์เมตริกซ์ไม่สามารถห่อหุ้มสารตัวเติมได้หมด เกิดเป็นจุดบกพร่องของชิ้นงานทำให้สมบัติเชิงกลลดลง แต่จากการทดลองนี้พบว่า CaCO₃ ที่ปริมาณ 60 phr ยังให้สมบัติเชิงกลที่ไม่ต่ำไปกว่าสูตรที่ยังไม่ได้ใส่ CaCO₃ หมายความว่า วัสดุคอมโพสิตนี้สามารถใส่ CaCO₃ ได้มากถึง 60 phr โดยไม่ส่งผลต่อสมบัติเชิงกลมากนัก และยังสามารถลดต้นทุนได้อีกด้วย

7. เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของ MDPE ศึกษาสถานะต่างๆ ได้แก่ สถานะเส้นใยยางพาราในปริมาณต่างๆ สถานะเส้นใยไม้อย่างพาราในปริมาณ 40 phr และ MAPE ในปริมาณต่างๆ และสถานะเส้นใยไม้อย่างพาราในปริมาณ 40 phr MAPE 3% โดยน้ำหนักของเส้นใยไม้อย่างพารา และแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณต่างๆ ซึ่งมีผลการทดลอง ดังนี้

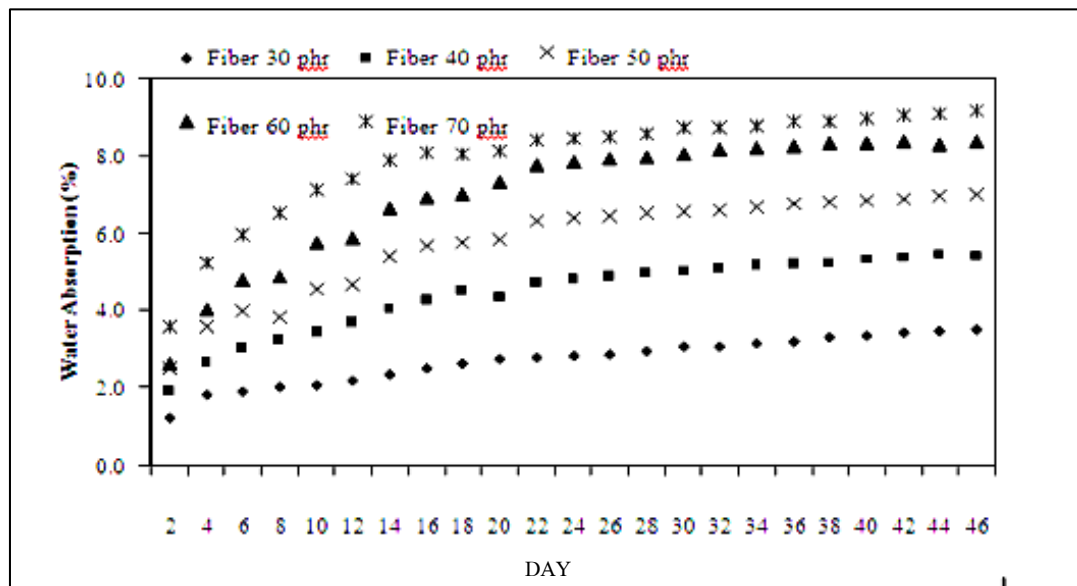


Figure 11. Water absorption percentage of MDPE with rubber wood fiber.

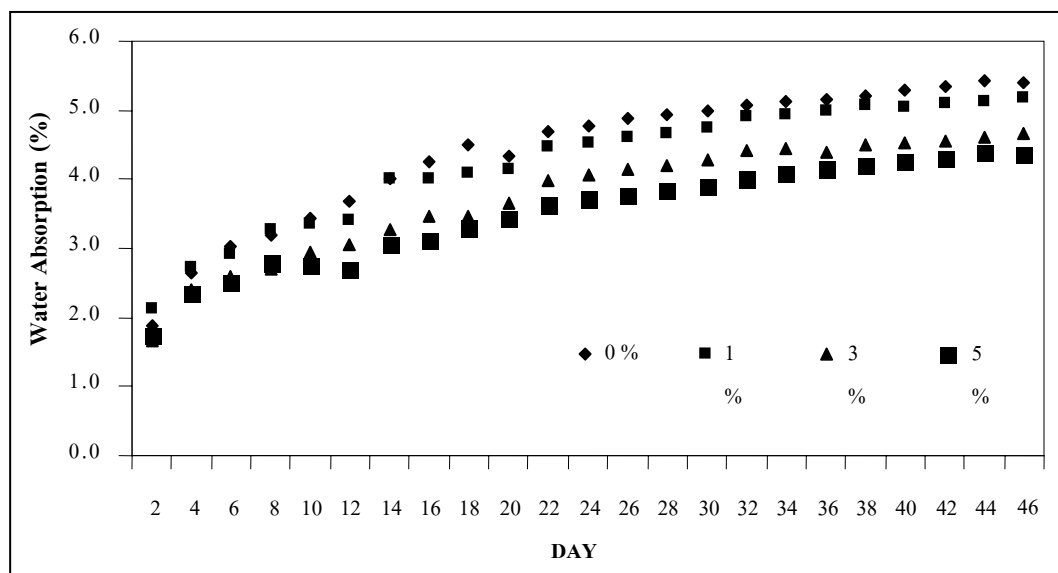


Figure 12. Water absorption percentage of MDPE with rubber wood fiber 40 phr and MAPE in quantity different.

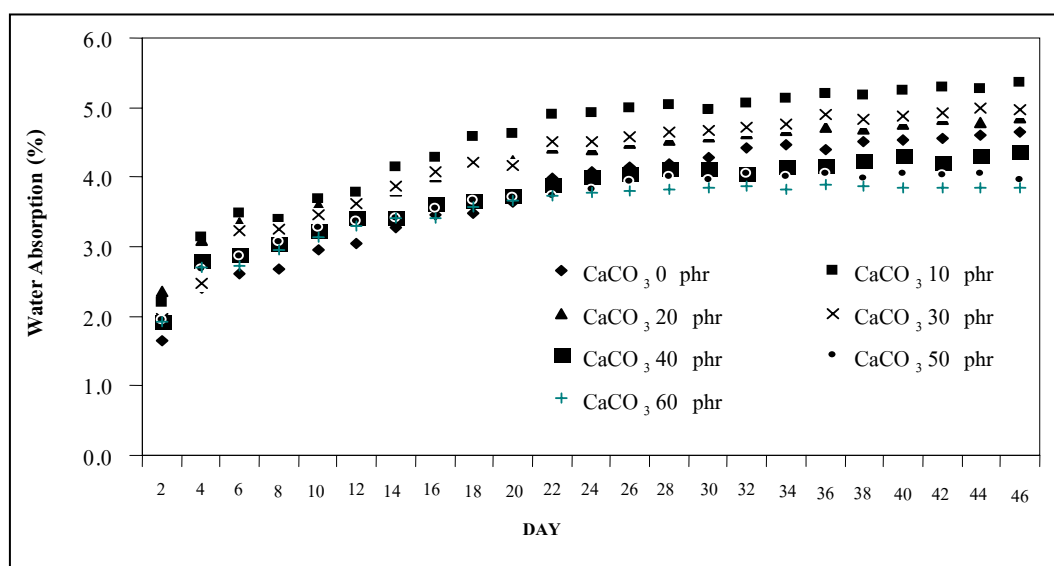


Figure 13. Water absorption percentage of MDPE with rubber wood fiber 40 phr, MAPE 3 % by weight of rubber wood fiber and Calcium carbonate (CaCO_3) in different amount.

เปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำของ MDPE ที่ใส่เส้นใยไม้อย่างพาราในปริมาณต่างๆ พบว่า เปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อเส้นใยเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มคงที่ ดังนั้นเมื่อปริมาณเส้นใยไม้วัดคอมโพสิตเพิ่มขึ้นจึงมีผลทำให้เกิดการดูดซับน้ำได้มากขึ้นด้วย แต่เมื่อเวลาผ่านไปการดูดซับน้ำจะมีแนวโน้มคงที่ เนื่องจากมีการดูดซับน้ำจนถึงจุดอิ่มตัวทำให้ไม่สามารถดูดซับน้ำได้อีก

เปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำของ MDPE ที่ใส่เส้นใยไม้อย่างพาราในปริมาณ 40 phr และสารช่วยผสม MAPE ในปริมาณต่างๆ พบว่า MAPE สามารถช่วยให้การดูดซับน้ำของวัสดุคอมโพสิตลดลง

เปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำของ MDPE ที่ใส่เส้นใยไม้อย่างพาราในปริมาณ 40 phr สารช่วยผสม MAPE ในปริมาณ 3% โดยน้ำหนักของเส้นใยไม้อย่างพารา และแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณต่างๆ พบว่าการดูดซับน้ำของวัสดุคอมโพสิตมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในระดับ 40-60

8. ผลจากเครื่องทดสอบทางความร้อน DSC

การทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC จะทำการศึกษาถึง อุณหภูมิหลอมผลึก (T_m) และ องศาความเป็นผลึก (Degree of crystallinity)

Table 3. Temperature melt and crystallinity of Wood Polymer Composite.

Formula	T_m ($^{\circ}\text{C}$)	%Crystallinity
MDPE	126.8	39.7
MDPE + Fiber 40 phr	129.5	40.7
MDPE + Fiber 40 phr + MAPE 3%	131.1	42.8
MDPE + Fiber 40 phr + MAPE 3% + CaCO_3 60 phr	131.3	38.8



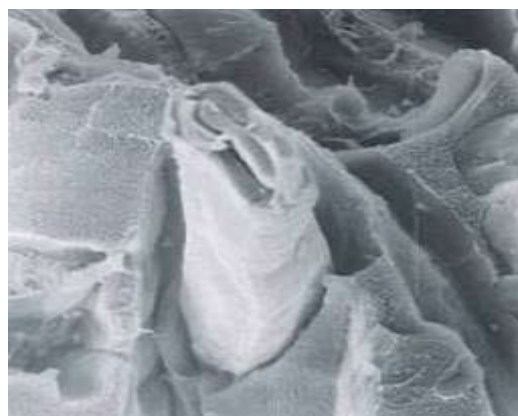
อุณหภูมิหลอมเหลวผลึก (T_m) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงอุณหภูมิที่ทำให้ผลึกเกิดการหลอมเหลว โดยจะสัมพันธ์กับขนาดของผลึกที่เกิดขึ้น เช่น ผลึกที่มีขนาดเล็กจะมีค่า T_m ต่ำ เป็นต้น จากการทดลองสมบัติทางความร้อนพบว่า อุณหภูมิหลอมเหลวผลึก (T_m) มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก นั่นคือ เมื่อเติมเส้นใยไม้ยางพารา สารช่วยผสม MAPE และสารตัวเติม CaCO_3 ไม่ส่งผลต่อขนาดของผลึกที่เกิดขึ้น เมื่อพิจารณาจาก T_m อาจกล่าวได้ว่า ขนาดของผลึกที่เกิดขึ้นมีขนาดใกล้เคียงกัน ค่าองค์ความเป็นผลึกซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณของผลึกที่เกิดขึ้น จาก Table 3 พบว่า เมื่อทำการเติมเส้นใยไม้ยางพารา สารช่วยผสม และ CaCO_3 ในไม้พอลิเมอร์คอมโพสิต ไม่ส่งผลต่อองค์ความเป็นผลึกให้มีค่าเปลี่ยนแปลงมากนัก หรือกล่าวได้ว่าปริมาณผลึกที่เกิดขึ้นทั้งก่อนและหลังใส่เส้นใยไม้ยางพารา สารช่วยผสม และ CaCO_3 มีปริมาณใกล้เคียงกัน

9. การศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (SEM)

SEM เป็นการศึกษาสัณฐานวิทยาของพื้นผิวของวัสดุ ที่เตรียมได้จากการหักที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งทำได้โดยนำชิ้นงานตัวอย่างแช่ในไนโตรเจนเหลว จากนั้นจึงทำการหักชิ้นงาน ในการทดลองนี้จะทำการศึกษา SEM ของชิ้นงานตัวอย่างที่ได้จากการศึกษาปริมาณเส้นใยที่เหมาะสม ปริมาณสารช่วยผสมที่เหมาะสม และปริมาณสารตัวเติมที่เหมาะสม เนื่องจากเป็นสูตรผสมที่เลือกเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป ซึ่งสามารถศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่พื้นผิวเมื่อมีการเติมสารช่วยผสม MAPE และสารตัวเติม CaCO_3 โดยผลการศึกษา SEM



(A) X 100



(B) X 1200

Figure 14. SEM showed broken surface of Wood Polymer Composite from MDPE and rubber wood fiber (TMP 40 phr)

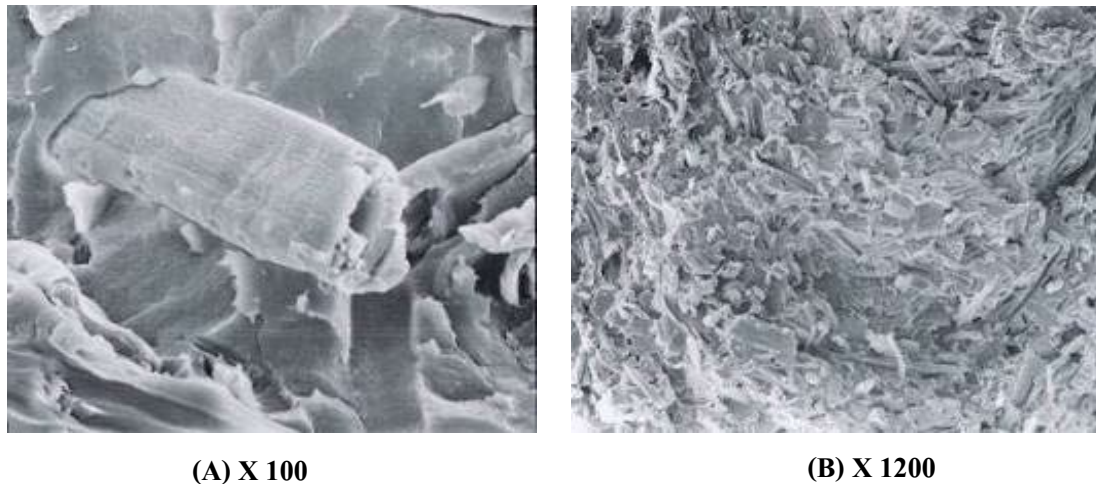


Figure 15. SEM showed broken surface of Wood Polymer Composite from MDPE and rubber wood fiber (TMP 40 phr) and MAPE 3 % by weight of rubber wood fiber.

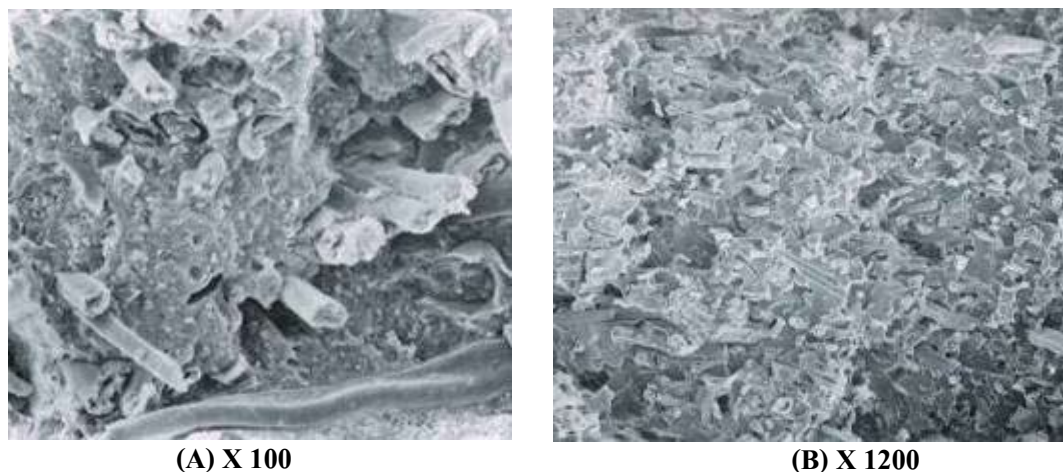


Figure 16. SEM showed broken surface of Wood Polymer Composite from MDPE and rubber wood fiber (TMP 40 phr) , MAPE 3 % by weight of rubber wood fiber and CaCO_3 (4 μm 60 phr) .

จาก Figure 14 SEM ของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่เตรียมได้จาก MDPE และเส้นใยไม้ยางพาราชนิด TMP 40 phr ที่กำลังขยาย 100 เท่า (ภาพ (A)) และ 1200 เท่า (ภาพ (B)) ซึ่งจาก (A) การกระจายตัวของเส้นใยได้ดีในพอลิเมอร์ นอกจากนี้ยังพบช่องว่างที่เกิดขึ้นจากการหลุดออกของเส้นใยจากพอลิเมอร์ ในขณะที่เตรียมตัวอย่างโดยการหักที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งช่องว่างนี้แสดงให้เห็นว่าเส้นใยกับพอลิเมอร์มีการยึดเกาะกันไม่ดี และจากภาพ (B) เมื่อทำการขยายที่ 1200 เท่า เพื่อศึกษาการยึดเกาะกันระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์พบว่า เกิดช่องว่างบริเวณรอยต่อระหว่างวัฏภาค (Interface) ของพอลิเมอร์กับเส้นใย ซึ่งช่องว่างนี้จะเป็นจุดบกพร่องในชิ้นงานโดยจะส่งผลต่อสมบัติเชิงกลให้ลดลงและเกิดการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น

จาก Figure 15 SEM ของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่เตรียมได้จาก MDPE เส้นใยไม้ยางพาราชนิด TMP 40 phr และสารช่วยผสม MAPE 3% โดยน้ำหนักของเส้นใยไม้ยางพารา ที่กำลังขยาย 100 เท่า และ 1200 เท่า



(แสดงดังภาพ (A) และภาพ (B) ตามลำดับ) จากภาพ (A) แสดงการกระจายตัวของเส้นใยที่ดีเมื่อเติมสารช่วยผสม MAPE แต่ยังไม่พบช่องว่างกระจายอยู่ทั่วไป แต่เมื่อเพิ่มกำลังขยายดังภาพ (B) พบว่าช่องว่างบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุของพอลิเมอร์และเส้นใยมีขนาดเล็กลง ซึ่งส่งผลต่อสมบัติเชิงกลให้ดีขึ้นและการดูดซับน้ำลดลง

จาก Figure 16 SEM ของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่เตรียมได้จาก MDPE เส้นใยไม้อย่างพาราชนิด TMP 40 phr สารช่วยผสม MAPE 3% โดยน้ำหนักของเส้นใยไม้อย่างพาราและสารตัวเติม CaCO_3 60 phr ที่กำลังขยาย 100 เท่า และ 600 เท่า (แสดงดังภาพ (A) และภาพ (B) ตามลำดับ) พบว่า CaCO_3 มีการกระจายตัวดีมีอยู่ทั่วไปในพอลิเมอร์ การยึดเกาะกันระหว่างพอลิเมอร์กับ CaCO_3 ไม่ดีเท่าที่ควร และ CaCO_3 บางส่วนเกาะกันเป็นกลุ่มก้อน แต่จากการศึกษาสมบัติเชิงกล การเติม CaCO_3 ในปริมาณ 60 phr ไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากนักและไม่เพิ่มเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำ

10. การศึกษาความต้านทานต่อการเข้าทำลายของปลวก

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความต้านทานต่อการเข้าทำลายของปลวกในสูตร MDPE เกรด EL-Lene® M3804 RWP ปริมาณ 100 phr เส้นใยไม้อย่างพาราปริมาณ 40 phr แคลเซียมคาร์บอเนตเกรดขนาดอนุภาค 4 ไมครอน ปริมาณ 60 phr และ สารช่วยผสม MAPE ปริมาณ 3% ของเส้นใยไม้อย่างพารา ซึ่งเป็นสูตรที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไม้พอลิเมอร์คอมโพสิต ซึ่งมีผลการทดสอบ ดังนี้

จากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่า แผ่นวัสดุไม้พอลิเมอร์คอมโพสิต มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความเสียหายจากการทำลายของปลวก 0.5% ความเสียหายอยู่ในระดับ 1 (Table 5) คือ เสียหายน้อยกว่า 10% แสดงว่า สามารถทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกได้ดีในเกณฑ์ดี ในขณะที่ทรีทเมนต์ควบคุม (ไม้อย่างพารา) มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของปลวกสูงกว่า 10% มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง แต่ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบ

Table 4. Average percentage fracture of Wood Polymer Composite and rubber wood (treatment control)

Type	Average percentage fracture	Level fracture
Wood Polymer Composite	0.5	1
rubber wood (treatment control)	12.5	2



Figure 17. Fracture of Wood Polymer Composite and rubber wood (treatment control) by termite.

11. ศึกษาสมบัติเชิงกลของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่ได้จากการขึ้นรูป

ในงานวิจัยนี้การขึ้นรูปตัวอย่างไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตในการทดสอบสมบัติเชิงกล ในตอนแรกจะขึ้นรูปด้วยเทคนิคการฉีดยาขึ้นรูป เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ของผลงานวิจัยนี้ในการใช้งานเป็นผลิตภัณฑ์ไม้ พอลิเมอร์คอมโพสิตที่สามารถผลิตได้ในเชิงพาณิชย์และสามารถใช้งานได้จริง จึงได้ขอความอนุเคราะห์ไปยัง บริษัท เบสท์ โพลีเมอร์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด เพื่อทำการขึ้นรูปเป็นแผ่นขนาดใหญ่ด้วยเทคนิคการอัดขึ้นรูป ซึ่งรายละเอียดของกระบวนการขึ้นรูปไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่ทำการขึ้นรูป มีขนาด 380 x 3000 x 25 mm และ 380 x 3000 x 10 mm โดยสูตรผสมที่เหมาะสมที่จะนำมาขึ้นรูปเป็นไม้พอลิเมอร์คอมโพสิต ได้เลือกจากผลการทดลอง สูตรที่ได้คือ MDPE เกรด EL-Lene[®] M3804RWP ปริมาณ 100 phr เส้นใยไม้ยางพารา ปริมาณ 40 phr สารช่วยผสม MAPE 3% ของน้ำหนักเส้นใย และแคลเซียมคาร์บอเนต ขนาด 4 ไมครอน ปริมาณ 60 phr



Figure 18. Wood Polymer Composite.



หลังจากขึ้นรูปเป็นแผ่นไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตแล้ว ได้นำมาเลื่อยตัดเป็นชิ้นๆ ส่วนหนึ่งนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล ตามมาตรฐาน ASTM และอีกส่วนหนึ่งนำไปประกอบเป็นเฟอร์นิเจอร์ตัวอย่าง เพื่อแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้งานได้จริง



Figure 19. Sample products from Wood Polymer Composite.

ไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตส่วนที่นำมาทดสอบสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน ASTM จากนั้นนำสมบัติที่ทดสอบได้เปรียบเทียบกับไม้จริงและวัสดุทดแทนไม้อื่นๆ ที่มีจำหน่ายในประเทศ

Table 5. Properties of Wood Polymer Composite compared with rubber wood.

Properties	Unit	Wood Polymer Composite	Rubber wood
Hardness	MPa	23.9	51.5
Nail and Screw Holding Power			
- nail	N	483.4	-
- screw	N	2254.6	-
Flexural strength	MPa	67.7	187.1
Flexural modulus	MPa	5224	19663
Density	g/cm ³	1.85	0.6-0.7



Table 6. Properties of Wood Polymer Composite and commercial artificial wood.

Properties	Unit	Wood Polymer Composite	VP wood Co.,Ltd.	Bestpolymer international Co.,Ltd.
Hardness	MPa	23.9	9	41
Nail and Screw Holding Power				
- nail	N	483.4	1440	225
- screw	N	2254.6	1070	2894
Flexural strength	MPa	67.7	1	93
Flexural modulus	MPa	5223.8	-	5486
Density	g/cm ³	1.85	1.17	1.08

จากตารางการเปรียบเทียบสมบัติของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตกับไม้จริงที่มีขายและใช้งานในท้องตลาด (Table 6) พบว่า สมบัติของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตต่ำกว่าไม้จริง ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงลักษณะการนำไปใช้งานแล้วอาจกล่าวได้ว่า ไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตสามารถที่จะผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ได้ หรืออาจผลิตเป็นกรอบหน้าต่าง กรอบประตู ไม้ระแนง เป็นต้น แต่ไม่สามารถใช้ในส่วนองไม้โครงสร้างซึ่งต้องรับแรงสูง เช่น คาน เสา เป็นต้น และจาก Table 7 เป็นการเปรียบเทียบกับวัสดุทดแทนไม้ที่มีจำหน่ายในประเทศ ซึ่งโดยมากจะผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ กรอบประตู หน้าต่าง เป็นต้น สมบัติต่างๆ ของวัสดุทดแทนไม้ของแต่ละบริษัทมีความแตกต่างกัน เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้มีความแตกต่างกัน เช่น พอลิเมอร์ที่ใช้ ชนิดของเส้นใยและสารเติมแต่งอื่นๆ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลต่อสมบัติเชิงกลที่วัดได้ ทำให้วัสดุทดแทนไม้ของแต่ละบริษัทมีจุดเด่นในผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน

12. การวิเคราะห์ต้นทุน (Cost Analysis)

การวิเคราะห์ต้นทุนเป็นการแจกแจงถึงค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการผลิตวัสดุหนึ่งๆ เพื่อใช้ในการประมาณราคาสินค้าเพื่อขาย และใช้เปรียบเทียบราคากับวัสดุที่ต้องการแข่งขัน ซึ่งการวิเคราะห์ต้นทุนในงานวิจัยนี้จะแยกเป็น 2 ส่วน คือ (1.) การวิเคราะห์ต้นทุนวัตถุดิบ โดยวิเคราะห์เทียบที่น้ำหนักของวัตถุดิบ 1 กิโลกรัม และ (2.) การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต โดยวิเคราะห์เทียบกับการผลิตวัสดุไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตใน 1 รอบการผลิต

Table 7. Cost analysis raw material of Wood Polymer Composite 1 kg.

Raw material	Quantity (g)	Price /Unit ^a	Cost (Bath)
MDPE	505	50 Bath/ kg.	20.20
Rubber wood fiber	200	5 Bath/ kg. ^b	2.00
CaCO ₃	300	4 Bath/ kg.	3.00
MAPE	6	270 Bath/ kg.	1.62
Antioxidant	1.2	300 Bath/ kg.	0.60
Sum total cost price raw material of Wood Polymer Composite 1 kg.			27.42



Table 8. Cost analysis raw material of Wood Polymer Composite.

Expenses	Quantity	Price /Unit ^a	Cost (Bath)
1. raw material	100 kg	27.50 Bath/ kg..	2750.00
2. wages	2.5 hrs.	180 Bath/ day ^c	56.25
3. electricity bill	10 unit	2.5 Bath/ unit	25.00
4. miscellaneous	-	-	10.00
Sum total cost price raw material of Wood Polymer Composite /1 cycle of production. (100 kg) ^d			2841.25
Cost price raw material of Wood Polymer Composite 1 kg.			28.41

note : ^a price at March 2006

^b wages and electricity bill in rubber wood fiber production.

^c minimum wage in Bangkok and perimeter.

^d price include not machinery and devalue.

จากตารางพบว่า ต้นทุนการผลิตไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตมีราคาประมาณ 28 บาทต่อกิโลกรัม โดยราคาที่ได้เป็นราคาที่คิดได้จากการทำการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งถ้ามีการผลิตจริงจะทำให้ราคาค้นทุนการผลิตลดลง เนื่องจากปริมาณที่ผลิตได้จะมีปริมาณมากกว่าที่ได้จากการทดลอง

สรุปผล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง (MDPE) และเส้นใยไม้ยางพารา โดยแยกการทดลองเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นการศึกษาเพื่อหาสูตรผสมไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่เหมาะสมและมีโอกาสที่จะสามารถนำไปขึ้นรูปเป็นไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตได้ นำไปทดสอบสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน การดูดซับน้ำ และสัณฐานวิทยา จากนั้นจะสรุปผลการทดลองที่ได้เป็นสูตรเพื่อใช้ในการขึ้นรูปเป็นไม้พอลิเมอร์คอมโพสิต ตอนที่ 2 เป็นการศึกษาสมบัติของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิต การขึ้นรูปสามารถทำได้โดยการนำสารตั้งต้นต่างๆ ผสมในเครื่องผสมแบบปิด จากนั้นรีดเป็นแผ่นด้วยเครื่องผสมแบบ 2 ลูกกลิ้ง และขึ้นรูปด้วยเทคนิคการอัดขึ้นรูป จากนั้นศึกษาสมบัติเชิงกลของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่ได้โดยทำการทดสอบ สมบัติการรับแรงกดอัด ความแข็งแรงโค้งงอ โมดูลัสโค้งงอและการด้านการถอนตะปูและสกรู นอกจากนี้จะทำการแปรรูปไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่ขึ้นรูปได้เป็นเฟอร์นิเจอร์เพื่อเป็นตัวอย่างการใช้งานได้จริง

จากงานวิจัยนี้พบว่าสูตรผสมของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่ได้จากตอนที่ 1 สามารถนำไปขึ้นรูปได้จริงและมีสมบัติโดยรวมที่ดี แต่ยังไม่สามารถเทียบเท่ากับไม้จริงได้ ตัวอย่างไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่แปรรูปได้ คือ เก้าอี้ ซึ่งจากการทดลองใช้งานพบว่าสามารถใช้งานได้ดี ไม่เกิดการงอหรือแตกหัก นอกจากนี้ยัง



สามารถผลิตเป็นไม้ฝา กรอบหน้าต่าง และอื่นๆ ได้

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาดังต่อไปนี้ที่มีผลต่อสมบัติของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิต โดยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลของชนิดพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง เกรด EL-Lene®M3204 และ EL-Lene®M3804 (เส้นใยไม้ยางพารา 40 phr)

1.1 สมบัติโดยรวมของวัสดุคอมโพสิตจะขึ้นกับสมบัติของเมทริกซ์เป็นหลัก เนื่องจากใส่เส้นใยในปริมาณที่เท่ากัน

1.2 EL-Lene®M3804 ให้สมบัติเชิงกล เช่น ความแข็งแรงดึง มอดูลัส ความแข็งแรงโค้งงอและมอดูลัสโค้งงอ มีค่าสูงกว่า ส่วนค่าความแข็งแรงกระแทก ความแข็งกดและเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาดไม่แตกต่างกัน

1.3 พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลางที่เหมาะสมคือ เกรด EL-Lene®M3804

2. ผลของปริมาณเส้นใยไม้ยางพารา

2.1 เส้นใยไม้ยางพาราส่งผลให้พอลิเมอร์คอมโพสิตมีความแข็งแรงดึงมอดูลัสเพิ่มขึ้น แต่ค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาดและความทนทานต่อแรงกระแทกลดลง

2.2 ปริมาณเส้นใยไม้ยางพาราที่เพิ่มขึ้น ไม่ส่งผลกระทบต่อสมบัติเชิงกลมากนักโดยมีแนวโน้มคงที่

2.3 ปริมาณเส้นใยไม้ยางพาราที่เพิ่มขึ้น ทำให้ไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตดูดซับน้ำได้มากขึ้น

2.4 เส้นใยไม้ยางพาราไม่ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางความร้อน โดยค่าอุณหภูมิหลอมผลึกและองค์ประกอบผลึกไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

2.5 เส้นใยไม้ยางพารามีการยึดติดกับเมทริกซ์ไม่ดีเท่าที่ควร

2.6 ปริมาณเส้นใยไม้ยางพาราที่เหมาะสมคือ 40 phr

3. ผลของปริมาณสารช่วยผสม (MAPE)

3.1 สารช่วยผสมช่วยให้สมบัติเชิงกลของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารช่วยผสมทำให้การยึดเกาะระหว่างเส้นใยไม้และเมทริกซ์ดีขึ้น

3.2 เมื่อสารช่วยผสมเพิ่มขึ้นสมบัติเชิงกลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เช่น ความแข็งแรงดึง มอดูลัส ความแข็งแรงโค้งงอ และมอดูลัสโค้งงอ

3.3 สารช่วยผสมช่วยให้เปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมีแนวโน้มลดลง

3.4 สารช่วยผสมไม่ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางความร้อน โดยค่าอุณหภูมิหลอมผลึกและองค์ประกอบผลึกไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

3.5 ปริมาณสารช่วยผสมที่เหมาะสมคือ 3% โดยน้ำหนักของเส้นใยไม้ยางพารา

4. ผลของชนิดของสารช่วยผสม (MAPE และ Silane ที่ปริมาณ 3%)

4.1 MAPE ช่วยทำให้ไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตมีสมบัติเชิงกล เช่น ความแข็งแรงดึง มอดูลัสความแข็งแรง โค้งงอและมอดูลัสโค้งงอ สูงกว่า Silane

4.2 MAPE สะดวกต่อการนำมาใช้งานมากกว่า Silane



5. ผลของชนิดของสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต (เกรดขนาดอนุภาค 1 และ 4 ไมครอน ที่ปริมาณ 20 phr)

5.1 แคลเซียมคาร์บอเนตช่วยเพิ่มความแข็งแรง ความต้านทานการเสียรูปและน้ำหนักให้แก่ไม้พอลิเมอร์คอมโพสิต

5.2 แคลเซียมคาร์บอเนตขนาดอนุภาค 4 ไมครอน มีแนวโน้มการกระจายตัวที่ดีกว่าและเกิดการจับรวมเป็นกลุ่มก้อนน้อยกว่า เป็นผลให้ค่าสมบัติเชิงกล เช่น ความแข็งแรงดึง โมดูลัส สูงกว่า ขนาดอนุภาค 1 ไมครอน

5.3 แคลเซียมคาร์บอเนตเกรดที่เหมาะสมคือ เกรดขนาดอนุภาค 4 ไมครอน

6. ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต

6.1 แคลเซียมคาร์บอเนตส่งผลต่อสมบัติเชิงกลโดยรวมไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ถ้าปริมาณมากเกินไปจะส่งผลให้สมบัติเชิงกลลดลงได้

6.2 ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำ

6.3 สมบัติทางความร้อนไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อใส่แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติม

6.4 ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมและไม่ส่งผลต่อสมบัติเชิงกลมากนักคือ 60 phr

7. ผลของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่ขึ้นรูปได้

7.1 สูตรผสมของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่ได้จากการทดลอง คือ MDPE เส้นใยไม้อย่างพารา MDPE และแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ 100 phr 40 phr 3% ของเส้นใยและ 60 phr ตามลำดับ

7.2 ไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่ขึ้นรูปได้สามารถ เลื่อย ตอกตะปูและสกรูได้

7.3 ไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่ขึ้นรูปได้ มีสมบัติเชิงกลดีกว่าไม้จริง แต่มีค่าใกล้เคียงกับไม้เทียมที่มีจำหน่ายภายในประเทศ

7.4 ไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่ขึ้นรูปได้ สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้งานได้

ข้อเสนอแนะ

1. ปรับปรุงสมบัติของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตให้มีสมบัติใกล้เคียงกับไม้จริง เช่น ศึกษาวิธีการเพิ่มสมบัติความแข็งแรงโค้งงอ เป็นต้น

2. ปรับปรุงน้ำหนักของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตให้มีน้ำหนักลดลง หรือให้เหมาะสมต่อการใช้งาน เช่น ทำการเพิ่มปริมาณเส้นใยไม้อย่างพาราและลดปริมาณ CaCO_3 เป็นต้น

3. ปรับปรุงสีของไม้พอลิเมอร์คอมโพสิตให้มีสีสวยงามขึ้น

4. ทดลองขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ และทดสอบการใช้งานจริง

5. ศึกษาความเป็นไปได้ของตลาดเพื่อต่อยอดให้เกิดการขยายสู่ภาคธุรกิจ



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโส สังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยและพัฒนากาแฟไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- วรรณกรรม อุ่นจิตติชัย. 2545. รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยเรื่องวัสดุประกอบพอลิเมอร์คอมโพสิตจากเส้นใยหญ้าแฝกและเทอร์โมพลาสติก. ชุดโครงการวิจัยเรื่องการวิจัยและพัฒนาปฏิสัมพันธ์ของหญ้าแฝกกับปลวกเพื่อสนองพระราชดำริพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ เพื่อเสนอสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม: โครงการที่ 1.
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้ 2546. เอกสารประกอบการฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี. กรมป่าไม้.
- อิทธิพล แจ่มชัด. 2543. ฟิสิกส์พอลิเมอร์. เอกสารประกอบการศึกษา. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.
- ASTM D 256. 1993. Standard Test Methods for Impact Resistance of Plastics and Electrical Insulating Materials. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D 570. 1993. Standard Test Methods for Water Absorption of Plastics. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D 638. 1993. Standard Test Methods for Tensile Properties of Plastic (Metric). Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D 785. 1993. Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Plastic and Electrical Insulation Materials. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D 790. 1993. Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D 1505-85. 1993. Standard Test Methods for Density of Plastic by the Density-Gradient Technique. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D 6108-97. 2000. Standard Test Methods for Compressive Properties of Plastic Lumber and Shapes. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.



- ASTM D 6108-97. 2000. Standard Test Methods for Mechanical Fasteners in Plastic Lumber and Shapes. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D 6109-97. 2000 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastic Lumber. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- Composites Technology. 2005. Lumber wood.[Online]. Available: http://www.compositesworld.com/sections/ct/issues/2003/June/composite_lumber-136.jpg.
- Moistureshield professional grade decking. 2005. Wood composite. [Online]. Available: <http://www.moistureshield.com/images/productInfo/deckPhoto2.jpg>.
- NFM welding engineers. 2005. Wood composite. [Online]. Available: <http://www.nfm.net/technologies/woodcomposit>.



แผ่นจีนไม้อัดเรียงเลียนจากเศษไม้บาง

ORIENTED STRAND BOARD FROM WASTED VENEER

ปิยะวดี บัวจงกล (Piyawade Bauchongkol)¹

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเศษไม้บางที่เหลือทิ้งจากโรงงานผลิตไม้อัดมาทดลองทำแผ่นจีนไม้อัดเรียงเลียน โดยมีรูปแบบการจัดเรียงเศษไม้บาง 4 รูปแบบ คือ (1) จัดเรียงแบบ 1 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ (2) จัดเรียงแบบ 1 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงเลียนไม้ไปในทิศทางเดียวกัน (3) จัดเรียงแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงเลียนไม้ตั้งฉากกัน (4) จัดเรียงแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางชั้นที่ 1 และ 3 เรียงเลียนไม้ไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนชั้นที่ 2 ให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ในปริมาณ 3 ระดับ คือ 5 7 และ 9% ของน้ำหนักเศษไม้บางแห้ง

ผลจากการนำแผ่นจีนไม้อัดเรียงเลียนที่ผลิตได้ไปทดสอบสมบัติเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 876-2547 มาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 และมาตรฐาน BS EN 300-1997 พบว่า รูปแบบการจัดเรียงเศษไม้บางและปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้มีผลต่อสมบัติของแผ่นจีนไม้อัดเรียงเลียน โดยที่ระดับปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 5% การจัดเรียงเศษไม้บางที่เหมาะสม คือ รูปแบบ 1 จัดเรียงแบบ 1 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ และรูปแบบ 4 จัดเรียงแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางชั้นที่ 1 และ 3 เรียงเลียนไม้ไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนชั้นที่ 2 ให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ แผ่นจีนไม้อัดเรียงเลียนที่ได้มีสมบัติทางกายภาพ และกลสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876-2547 มาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 และมาตรฐาน BS EN 300-1997 กำหนด ยกเว้นค่าการพองตัวตามความหนาที่ผ่านเฉพาะเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 และมาตรฐาน BS EN 300-1997 กำหนด

คำหลัก : ปริมาณความชื้น ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ การพองตัวตามความหนา ความต้านแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า แผ่นจีนไม้อัดเรียงเลียน ไม้บาง

¹ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้



ABSTRACT

Research studied on Oriented Strand Board (OSB) made by wasted veneer which collected from plywood plant produced 4 different oriented strand by: (1) single layer board with mixed grain direction (2) single layer board with same grain direction, (3) three-layer board with cross grain direction (4) three-layer board which top and bottom layer are same grain direction but middle layer mixed grain direction. Adhesive used of phenol formaldehyde (PF) by 3 different components of 5, 7 and 9 percents based on dry weight of wasted veneer.

Finding that variously wasted veneer orientation and PF content are major effected to OSB properties which 5% PF content revealed that OSB form (1) single layer board with mixed grain direction and form (4) three-layer board which top and bottom layer are same grain direction but middle layer mixed grain direction processed is suitable for manufacturing OSB. Mean mechanical and physical properties of board are above minimum requirements which specified in TISI 876-2547, JIS A 5908-1994 and BS EN 300-1997, except the average of thickness swelling (TS) not passes TISI 876-2547.

Keywords : Moisture content, Density, Water absorption, Thickness swelling, Modulus of rupture, Modulus of Elasticity, Internal bonding, Oriented Strand Board, Veneer

คำนำ

อุตสาหกรรมแผ่นไม้อัดไม้ประกอบ (wood-based panel industry) ที่ผลิตภายในประเทศมีอยู่หลายชนิด เช่น แผ่นชิ้นไม้อัด (particleboard) แผ่นใยไม้อัด (fiberboard) แผ่นไม้อัดสารแร่ (wood mineral-bonded panel) และแผ่นไม้อัด (plywood) เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ไม้เหล่านี้ เริ่มเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ทั้งในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ตลอดถึงการใช้ตกแต่งภายใน ฝาผนังกันห้อง นอกจากนี้แล้วยังสามารถที่จะนำเอาวัสดุเหล่านี้มาใช้ประกอบกันเพื่อใช้ในการก่อสร้าง เป็นโครงสร้างอาคาร และบ้านเรือนได้ดีอีกด้วย

แผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเสี้ยน เป็นผลิตภัณฑ์ทางวิศวกรรมไม้ ได้จากการจัดเรียงตัวเป็นชั้น ๆ ของชิ้นไม้ (เกล็ดไม้) โดยการกำหนดทิศทางที่แน่นอน รูปร่างของแผ่นที่ได้มีลักษณะผิวหน้าที่ยาบ และมีลวดลายแตกต่างกันไปซึ่งลวดลายดังกล่าวเกิดจากการเรียงตัวของชิ้นไม้ (ขนาดประมาณ 2.5 x 15 เซนติเมตรในแต่ละชั้น) โดยเรียงซ้อนกันไปมาตามลักษณะเดิมของเสี้ยนไม้

ผลิตภัณฑ์แผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเสี้ยนพัฒนามาจาก Waferboard ในปลายปี 1970 จุดเด่นของแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเสี้ยน คือ ความสมดุลของชิ้นไม้ที่ยาวมาจัดเรียงตัวกันโดยไม่สุมตำแหน่งที่วางซ้อน หลังจากผลิตภัณฑ์นี้เข้ามาใช้ในปี 1978 ก็ได้รับการตอบสนองความนิยมมากขึ้น จะเห็นได้ว่าในทวีปอเมริกาเหนือ แผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเสี้ยนถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างบ้านเรือน ปัจจุบันนี้ในประเทศอเมริกาและแคนาดามีการ



แนะนำให้ใช้แผ่นชิ้นไม้อัดเรียงสลับแทนไม้อัดที่ความหนาเท่ากัน ทำให้มีการใช้งานแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงสลับมากขึ้น

การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงสลับในประเทศปัจจุบันยังไม่พบเห็น แต่ในต่างประเทศมีการผลิตและใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งในการผลิตสามารถใช้ไม้โตเร็วที่ปลูกขึ้นภายในประเทศเป็นวัตถุดิบในการผลิตได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตแผ่นไม้ประกอบภายในประเทศมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตได้เช่นกัน ซึ่งภายใต้โครงการนี้จะใช้เศษไม้บางจากโรงงานไม้อัดเป็นวัตถุดิบในการผลิต อันเป็นผลให้โรงงานเกิดทางเลือกใหม่ที่จะนำเศษไม้บางเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมไปใช้ให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งยังเป็นการลดปริมาณการใช้ไม้จริงในการก่อสร้างลงได้ และยังสามารถนำเศษไม้มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเพื่อลดการสูญเสียไม้ได้อีกทางหนึ่งด้วย

การวิจัยการทำแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงสลับจากเศษไม้บางในโรงงานอุตสาหกรรมไม้บางและไม้อัดในประเทศไทย ซึ่งในปัจจุบันมีอยู่ประมาณ 14 โรง โดยส่วนมากแล้วเศษไม้บางที่เหลือและไม่สามารถใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ได้จะนำไปเข้าเตาเผาของเครื่องกำเนิดไอน้ำ ดังนั้นการวิจัยศึกษานี้จะนำเอาเศษไม้บางดังกล่าวมาก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม โดยนำมาทดลองผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงสลับที่มีรูปแบบการจัดเรียงเศษไม้บาง และระดับปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์แตกต่างกัน เพื่อพิจารณาว่าปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงสลับอย่างไร โดยปกติแล้วถ้าใช้กาวในปริมาณเพิ่มขึ้นความแข็งแรงของแผ่นจะดีขึ้นตามไปด้วย แต่เนื่องจากกาวเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตแผ่นมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นจึงต้องนำเศษไม้บางที่เหลือทิ้งจากการผลิตไม้อัดมาศึกษากรรมวิธีตลอดจนรูปแบบของการจัดเรียงชิ้นไม้บางและปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่เหมาะสมต่อการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงสลับ โดยศึกษาจากสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงสลับที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีการศึกษา

อุปกรณ์

1. เศษไม้บางจากไม้กระยาเลย ที่เหลือทิ้งของโรงงานผลิตไม้อัด (โรงเลื่อยไม้รังสิต)
2. เครื่องผสมกาว
3. เครื่องอัดรีด
4. เตาอบ
5. เครื่องทดสอบสากล
6. กล้องทำแผ่น พร้อมแผ่นรองอัด
7. แท่งเหล็กกำหนดความหนา



วิธีการ

1. การเตรียมวัตถุดิบ (raw material preparation)

นำเศษไม้บาง มาตัดเป็นแถบยาวประมาณ 8-12 เซนติเมตร กว้างประมาณ 1-3 เซนติเมตร นำไปอบในเตาอบจนเหลือความชื้นประมาณ 3-5% แล้วใส่ถุงพลาสติกเก็บไว้

2. การทำแผ่น (mat formation)

นำเศษไม้บางที่เตรียมไว้มาทำเป็นแผ่นขึ้นไม้อัดเรียงเส้นโดยมีสถานะในการวิจัย ดังนี้

ความหนาแน่นของแผ่น	700	กก./ลบ.ม.
ความหนาของแผ่น	10	มม.
ขนาดของแผ่น	37 X 37	ตร.ซม.
ความชื้นของเศษไม้บางก่อนผสมกาว	3-5	%
ปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้		
ต่อน้ำหนักของเศษไม้บางแห้ง	5 7 และ 9	%

นำเศษไม้บางที่อบเตรียมไว้แล้วไปผสมกับกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ในเครื่องผสมตามสถานะที่กำหนดไว้ จากนั้นนำไปจัดเรียงในกล่องทำแผ่น 4 รูปแบบ ดังนี้

1. จัดเรียงแบบ 1 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ
2. จัดเรียงแบบ 1 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน
3. จัดเรียงแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงเส้นไม้ตั้งฉากกัน
4. จัดเรียงแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางชั้นที่ 1 และ 3 เรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน

ส่วนชั้นที่ 2 ให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ

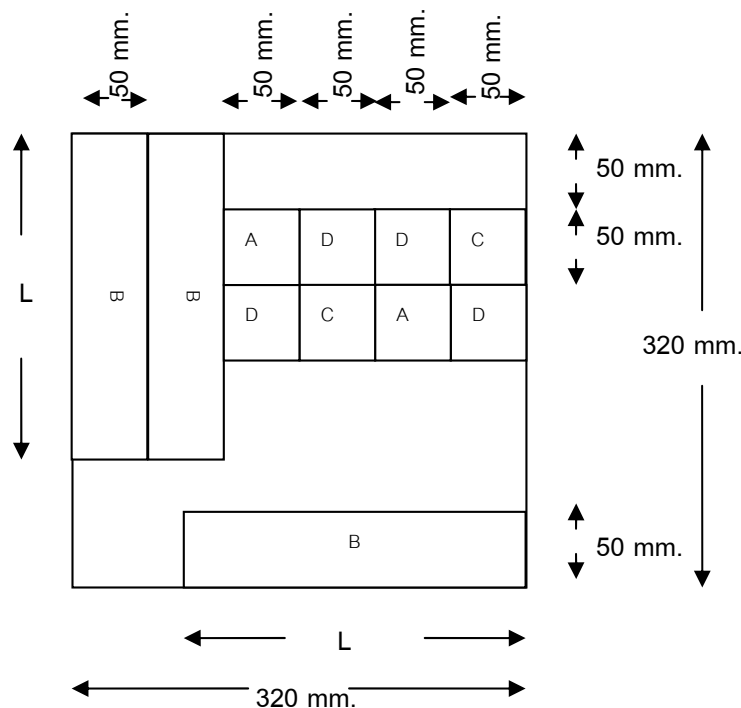
เสร็จแล้วนำไปอัดเย็นโดยใช้น้ำหนักกดทับเป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้เศษไม้ที่จัดเรียงไว้มีความคงสภาพมากขึ้น

3. การอัดร้อน (hot pressing)

นำแผ่นที่ได้ไปวางระหว่างแผ่นรองอัดที่เตรียมผิวหน้าดีแล้ว และใช้แท่งเหล็กหนา 10 มม. (stopper) 1 คู่วางขนานด้านข้างแผ่น นำเข้าเครื่องอัดร้อน ทำการอัดตามสถานะ ดังนี้

อุณหภูมิ	150	องศาเซลเซียส
แรงอัดจำเพาะ	30	กก./ตร.ซม.
ระยะเวลา	8	นาที

เสร็จแล้วจึงนำแผ่นขึ้นไม้อัดเรียงเส้นที่ได้ออกมาวางผึ่งในกระแสดอากาศเพื่อปรับสภาพความชื้นและอุณหภูมิประมาณ 1 สัปดาห์ ก่อนนำไปทำการตัดเป็นชิ้นทดสอบสำหรับทดสอบสมบัติของแผ่นตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 มาตรฐาน JIS A 5908-1994 และมาตรฐาน BS EN 300-1997 กำหนดโดยมีผังการตัดชิ้นทดสอบดังนี้



- L 15 times of thickness plus 50 mm.
- A Test specimen for density and moisture content test
- B Test specimen for modulus of rupture and modulus of elasticity test
- C Test specimen for water absorption and thickness swelling test
- D Test specimen for internal bonding test

Figure 1. Measurement of dimensions and squareness diagram

4. การทดสอบสมบัติทางกายภาพและกลสมบัติ (physical and mechanical properties tests)

นำแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นมาตัดเป็นชิ้นทดสอบขนาดต่าง ๆ ตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 876-2547 มาตรฐาน JIS A 5908-1994 และมาตรฐาน BS EN 300-1997 กำหนด แล้วนำมาทดสอบสมบัติตามวิธีการที่มาตรฐานกำหนด ดังนี้

1. ความหนา (thickness)
2. ความหนาแน่น (density)
3. ปริมาณความชื้น (moisture content)
4. การพองตัวตามความหนา และการดูดซึมน้ำ (thickness swelling and water absorption)
5. ความต้านแรงดัด และมอดูลัสยืดหยุ่น (modulus of rupture and modulus of elasticity)
6. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (internal bonding)



5. การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ผล

การทดสอบสมบัติแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นโดยการจัดเรียงเศษไม้บาง 4 รูปแบบ คือ (1) จัดเรียงแบบ 1 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ (2) จัดเรียงแบบ 1 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน (3) จัดเรียงแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงเส้นไม้ตั้งฉากกัน (4) จัดเรียงแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางชั้นที่ 1 และ 3 เรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนชั้นที่ 2 ให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ ที่ระดับปริมาณกาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ จำนวน 3 ระดับ คือ 5 7 และ 9% ของน้ำหนักเศษไม้บางแห้ง โดยวางแผนการทดลองแบบ 4x3 แฟกตอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (4x3 Factorial experiment in completely randomized design) การทดลองมี 12 ทรีทเมนต์ แต่ละระดับมีจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้น นำค่าที่ได้จากการทดสอบ คือ ค่าการพองตัวตามความหนา การดูดซึมน้ำ ความต้านแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า มาวิเคราะห์ความแปรปรวนว่า ผลการทดสอบนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ ถ้าปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ก็จะนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

เมื่อทำการเปรียบเทียบสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเศษไม้บาง 4 รูปแบบ คือ (1) จัดเรียงแบบ 1 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ (2) จัดเรียงแบบ 1 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน (3) จัดเรียงแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงเส้นไม้ตั้งฉากกัน (4) จัดเรียงแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางชั้นที่ 1 และ 3 เรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนชั้นที่ 2 ให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ ที่ระดับปริมาณกาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ จำนวน 3 ระดับ คือ 5 7 และ 9% ของน้ำหนักเศษไม้บางแห้ง เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876-2547 มาตรฐาน JIS A 5908-1994 และมาตรฐาน BS EN 300-1997 แสดงให้เห็นว่า

1. ความหนา

ความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้น มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 9.24 - 9.57 มม. (Table 1) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908 - 1994 ที่กำหนดให้ความหนาคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 10 ± 0.8 และมาตรฐาน BS EN 300 - 1997 ที่กำหนดให้ความหนาคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 10 ± 1.0

2. ความหนาแน่น และปริมาณความชื้น

ความหนาแน่น และปริมาณความชื้นของแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้น มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 653.02 - 808.89 กก./ลบ.ม. และค่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 7.04 - 8.71% (Table 1) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 - 2532 และมาตรฐาน JIS A 5908 - 1994 กำหนด

3. การพองตัวตามความหนา

ค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยของแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้น มีค่าเฉลี่ยในช่วง 9.78-34.77% โดยมีเพียงแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเศษไม้บางแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงเส้นไม้ตั้งฉากกัน ที่ระดับปริมาณกาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ของน้ำหนักเศษไม้บางแห้ง มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 34.77% ซึ่งเป็นค่าที่ไม่ผ่านทั้งเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876-2547 มาตรฐาน JIS A 5908 - 1994 และมาตรฐาน BS EN 300 - 1997 นอกนั้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด (Table 1 และ Figure 2)



Table 1. Comparison of properties of oriented strand board from wasted veneer with industrial standard

Veneer orientation	Phenolformaldehyde (%)	Thickness (mm.)	Density (kg./m ³)	Moisture content (%)	Thickness swelling (%)	Water absorption (%)	Lengthwise modulus of rupture (MPa)	Lengthwise modulus of elasticity (MPa)	Internal bonding (MPa)
TISI 876-2547		10 ± 0.4	500 - 800	9 - 15	< 12	< 80	≥ 13.8	≥ 2000	≥ 0.34
JIS A 5908-1994 (24-10 type, E ₂ type)		10 ± 1.0	400 - 900	5 - 13	< 25	-	≥ 24	≥ 4000	≥ 0.3
BS EN 300-1997 (OSB/2)		10 ± 0.8	-	2 - 12	< 20	-	≥ 22	≥ 3500	≥ 0.34
1 layer with mixed grain direction	5	9.49	756.55	7.36	18.03	59.47	37.83	5332	0.440
	7	9.46	795.24	7.44	17.70	46.01	44.62	5462	0.907
	9	9.24	725.70	8.71	9.78	47.77	51.16	6174	0.907
1 layer with same grain direction	5	9.41	653.02	7.57	16.42	69.04	54.97	9982	0.320
	7	9.35	696.66	7.65	16.96	61.32	63.11	10683	0.357
	9	9.31	808.89	7.93	12.88	53.26	96.14	12775	0.707
3 layers with cross grain direction	5	9.57	663.36	7.65	34.77	66.93	29.38	7634	0.237
	7	9.36	719.85	7.56	13.31	59.61	55.69	10324	0.440
	9	9.33	698.04	8.17	13.62	51.00	67.10	10894	0.623
3 layers which top and bottom layer are same grain direction but middle layer mixed grain direction	5	9.5	754.76	7.04	20.77	58.89	59.29	10296	0.610
	7	9.44	745.55	7.36	14.82	60.80	70.74	11615	0.643
	9	9.27	745.90	8.16	11.25	41.77	94.32	12587	0.817

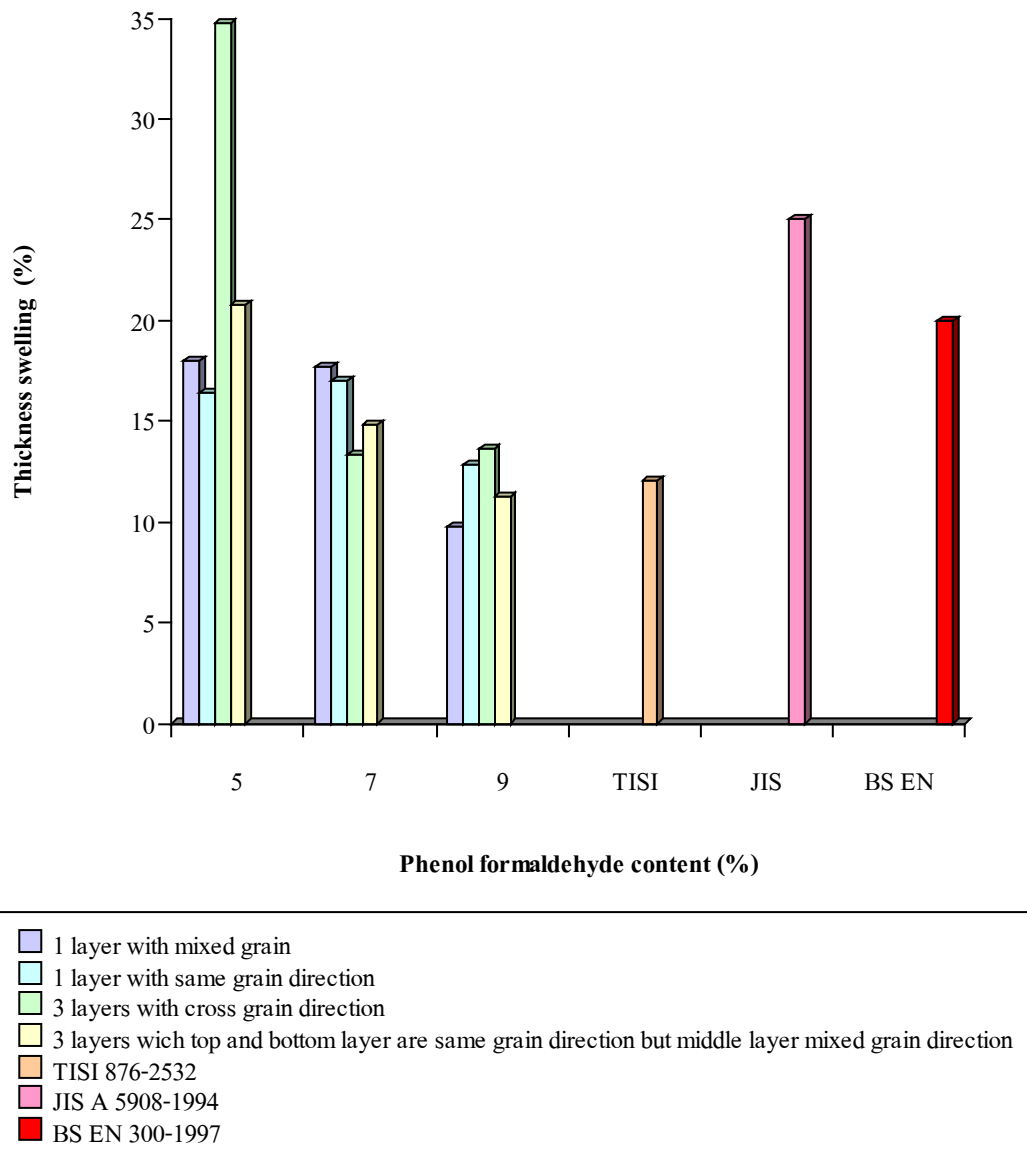


Figure 2. Percentage thickness swelling of the boards



เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลองพบว่า ทั้งปัจจัยร่วม และปัจจัยเดี่ยวของรูปแบบการจัดเรียงเศษไม้บาง และปริมาณการใช้มีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 2)

จากการที่ปัจจัยร่วมและปัจจัยเดี่ยวระหว่างรูปแบบการจัดเรียงไม้บาง และปริมาณการใช้มีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เมื่อนำค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Rang Test พบว่า

อิทธิพลจากปัจจัยร่วม

ที่ระดับปริมาณการใช้ฟอสฟอรัส 5% แผ่นชั้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเศษไม้บางแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงเส้นไม้ตั้งฉากกัน มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยแตกต่างกันกับแผ่นชั้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเศษไม้บางแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 3 และ Figure 3)

อิทธิพลจากปัจจัยเดี่ยว

แผ่นชั้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเศษไม้บางแบบ 1 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ และเรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน และแผ่นชั้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเศษไม้บางแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางชั้นที่ 1 และ 3 เรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนชั้นที่ 2 ให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ มีค่าการพองตัวตามความหนาเท่ากับ 15.17 15.42 และ 15.61% ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 4 Figure 4)

แผ่นชั้นไม้อัดเรียงเส้นที่ใช้ระดับปริมาณการใช้ฟอสฟอรัส 5 7 และ 9% ของน้ำหนักเศษไม้บางแห้ง มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 5 Figure 5) โดยที่ระดับปริมาณการใช้ฟอสฟอรัส 9% ให้ค่าการพองตัวตามความหนาค่ำสุด คือ 11.89%



Table 2. Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on thickness swelling

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Orientation	3	180.905	60.302	7.122**
Glue	2	693.449	346.724	40.953**
Orientation*Glue	6	513.134	85.522	10.101**
Error	24	203.194	8.466	
Total	35	1590.683		

** significant at 1% probability level

Table 3. Comparison of the effects of various wasted veneer orientation and phenol formaldehyde content on thickness swelling

Veneer orientation	Unit: percent		
	Phenol formaldehyde content (%) ^{1/}		
	5	7	9
1 layer with mixed grain direction	18.03 bc	17.70 bcd	9.78 d
1 layer with same grain direction	16.42 bcd	16.96 bcd	12.88 bcd
3 layers with cross grain direction	34.77a	13.31 bcd	13.62 bcd
3 layers which top and bottom layer are same grain direction but middle layer mixed grain direction	20.77 b	14.82 bcd	11.25 cd

^{1/} Means followed by the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range

Test procedure ($p < 0.05$)

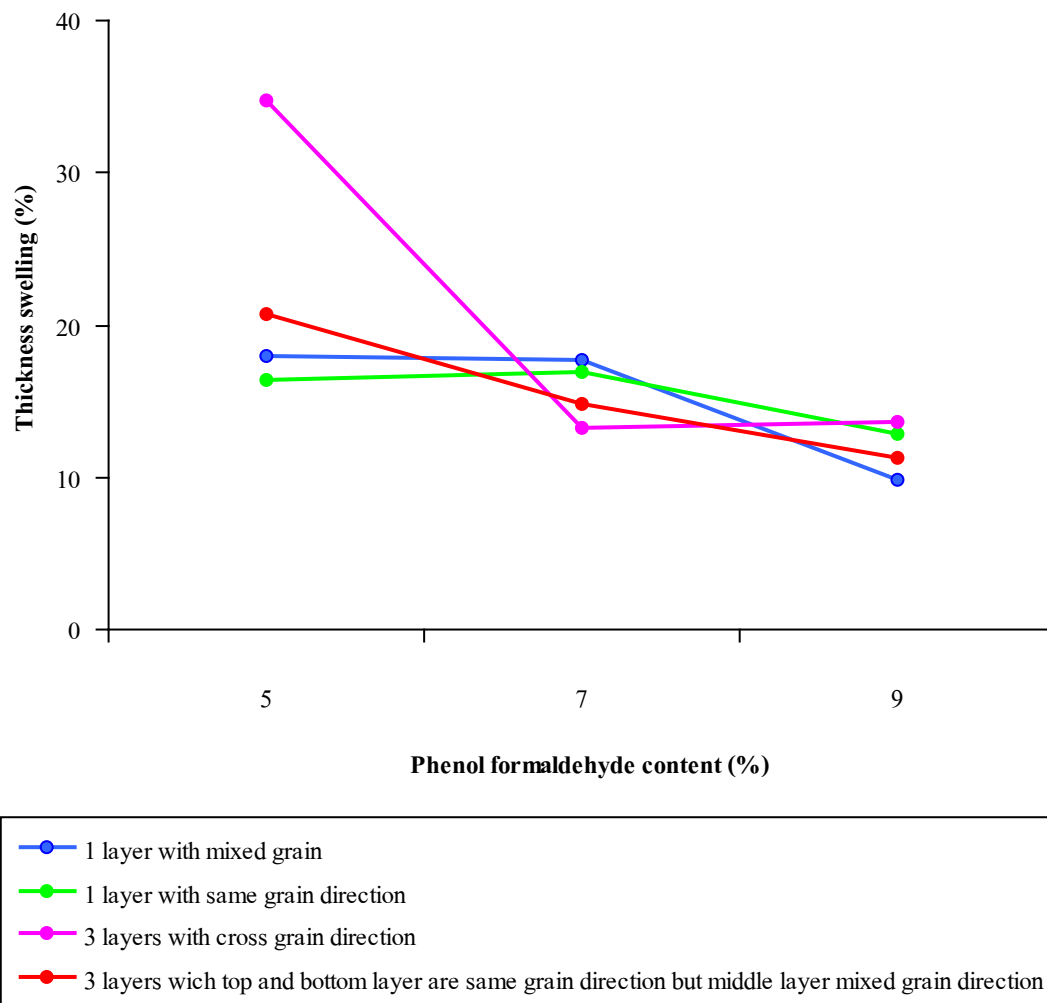


Figure 3. Percentage thickness swelling of the boards with various wasted veneer orientation and phenol formaldehyde content



Table 4. Comparison of the effects of various wasted veneer orientation on thickness swelling

Veneer orientation	Thickness swelling (%) ^{1/}
1 layer with mixed grain direction	15.17 a
1 layer with same grain direction	15.42 a
3 layers with cross grain direction	20.57 b
3 layers which top and bottom layer are same grain direction but middle layer mixed grain direction	15.61 a

^{1/} Means followed by the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

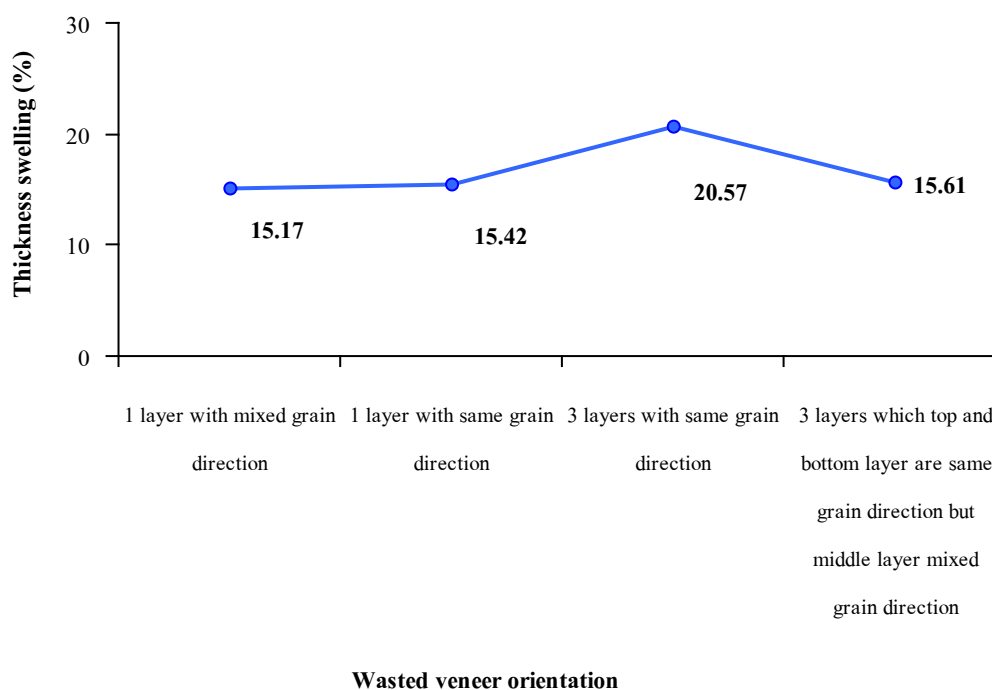


Figure 4. Percentage thickness swelling of the boards with various wasted veneer orientation



Table 5. Comparison of the effects of various phenol formaldehyde content on thickness swelling

Phenol formaldehyde content (%)	Thickness swelling (%) ^{1/}
5	20.50 c
7	15.70 b
9	11.89 a

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

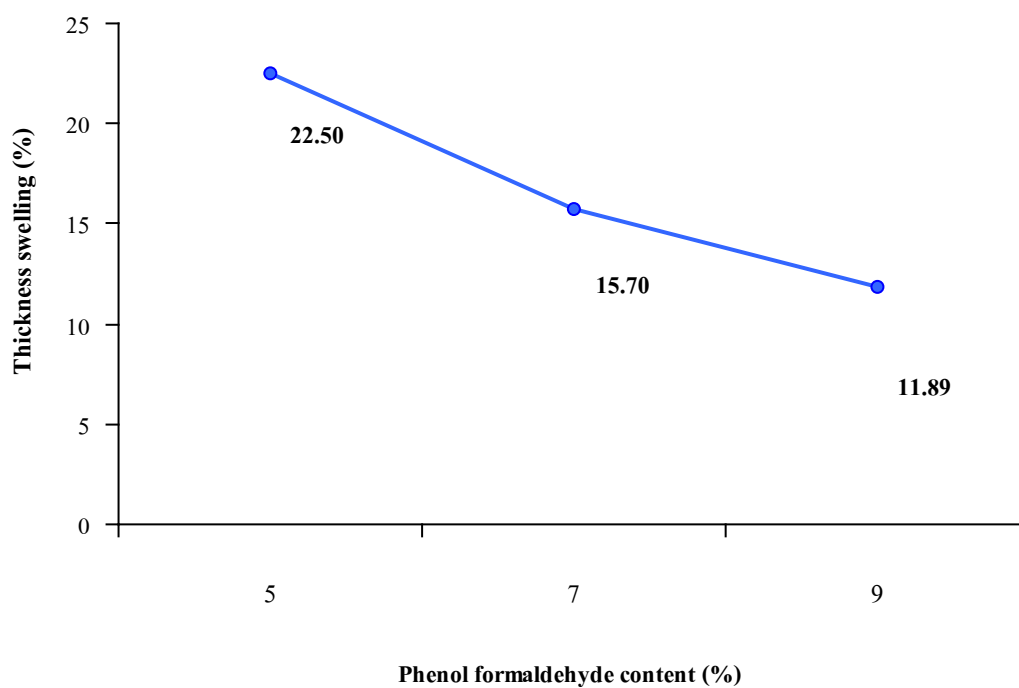


Figure 5. Percentage thickness swelling of the boards with various phenol formaldehyde content



4. การดูดซึมน้ำ

ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้น มีค่าเฉลี่ยในช่วง 41.77 - 69.04% ซึ่งผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876-2547 ที่กำหนดให้ค่าการดูดซึมน้ำไม่เกิน 80% (Table 1 และ Figure 6)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลองพบว่า ปัจจัยร่วมของรูปแบบการจัดเรียงเศษไม้บางและปริมาณกาวยาที่ใช้ที่มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีเพียงปัจจัยเดี่ยวของรูปแบบการจัดเรียงเศษไม้บาง และปริมาณกาวยาที่ใช้ ที่มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 6) เมื่อนำค่าการดูดซึมน้ำมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Rang Test พบว่า

4.1 แผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเศษไม้บางแบบ 1 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ และแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเศษไม้บางแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางชั้นที่ 1 และ 3 เรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนชั้นที่ 2 ให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ มีค่าการดูดซึมน้ำ 51.08 และ 53.82% ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 7 และ Figure 7)

4.2 แผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่ใช้ระดับปริมาณกาวยาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์แตกต่างกัน มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 8 และ Figure 8) โดยที่ระดับปริมาณกาวยาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 9% มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุด คือ 48.45%

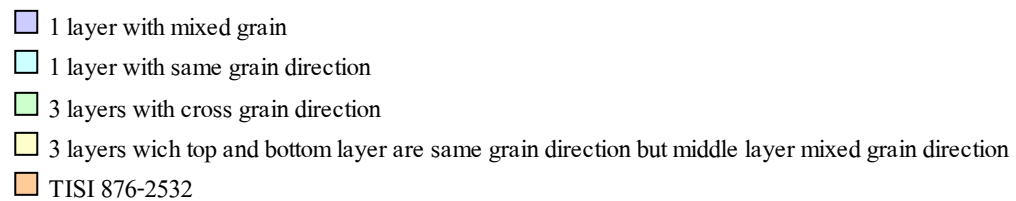
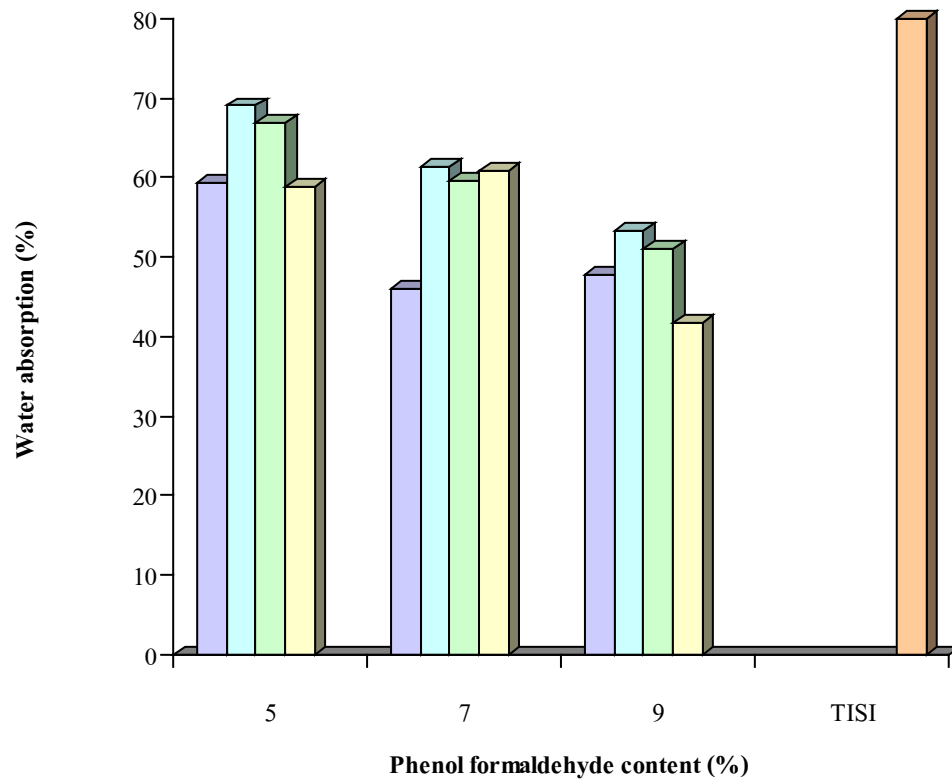


Figure 6. Percentage water absorption of the boards



Table 6. Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on water absorption

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Orientation	3	591.657	197.219	7.971**
Glue	2	1380.829	690.414	27.905**
Orientation*Glue	6	354.294	59.049	2.387 ^{ns}
Error	24	593.801	24.742	
Total	35	2920.582		

^{ns} not significant

** significant at 1% probability level

Table 7. Comparison of the effects of various wasted veneer orientation on water absorption

Veneer orientation	Water absorption (%) ^{1/}
1 layer with mixed grain direction	51.08 a
1 layer with same grain direction	59.18 b
3 layers with cross grain direction	61.20 b
3 layers which top and bottom layer are same grain direction but middle layer mixed grain direction	53.82 a

^{1/} Means followed by the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

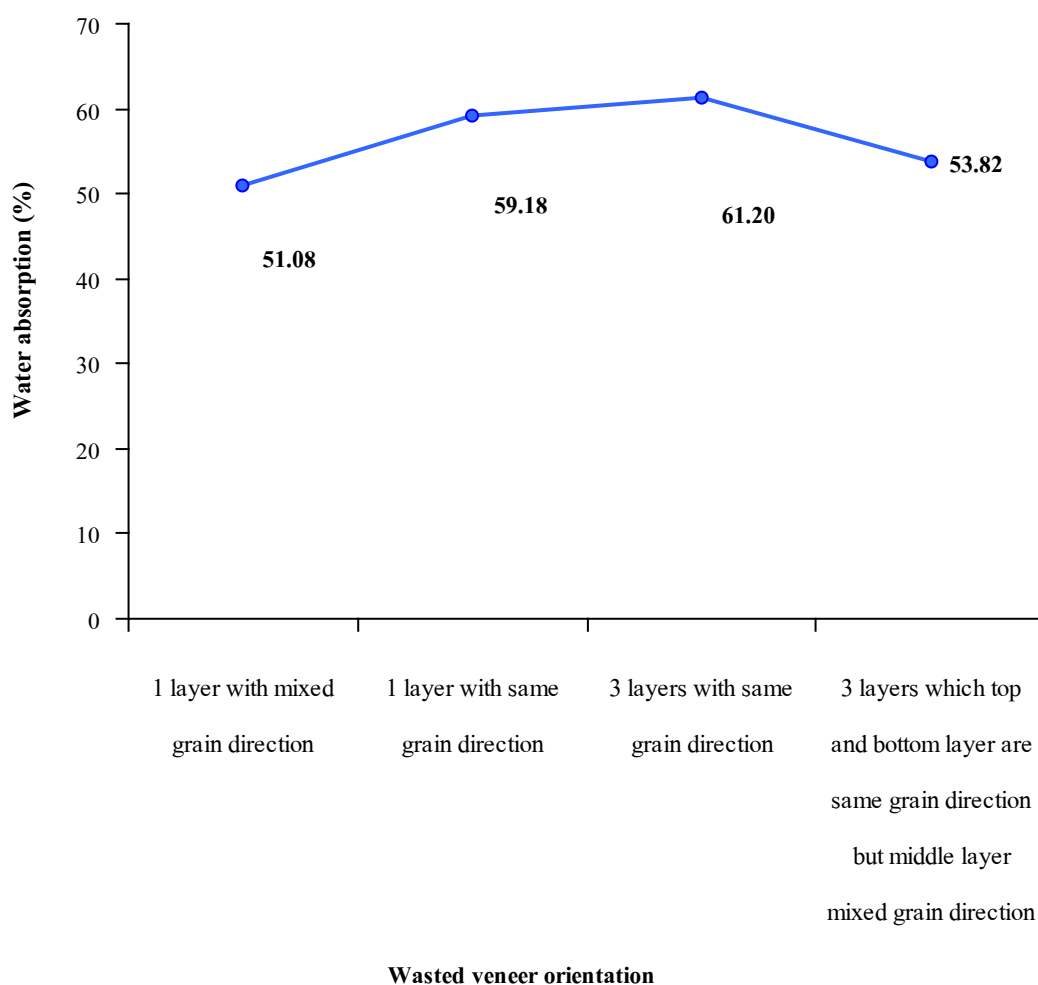


Figure 7. Percentage water absorption of the boards with various wasted veneer orientation

Table 8. Comparison of the effects of various phenol formaldehyde content on water absorption

Phenol formaldehyde content (%)	Thickness swelling (%) ^{1/}
5	63.58c
7	56.93 b
9	48.45 a

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

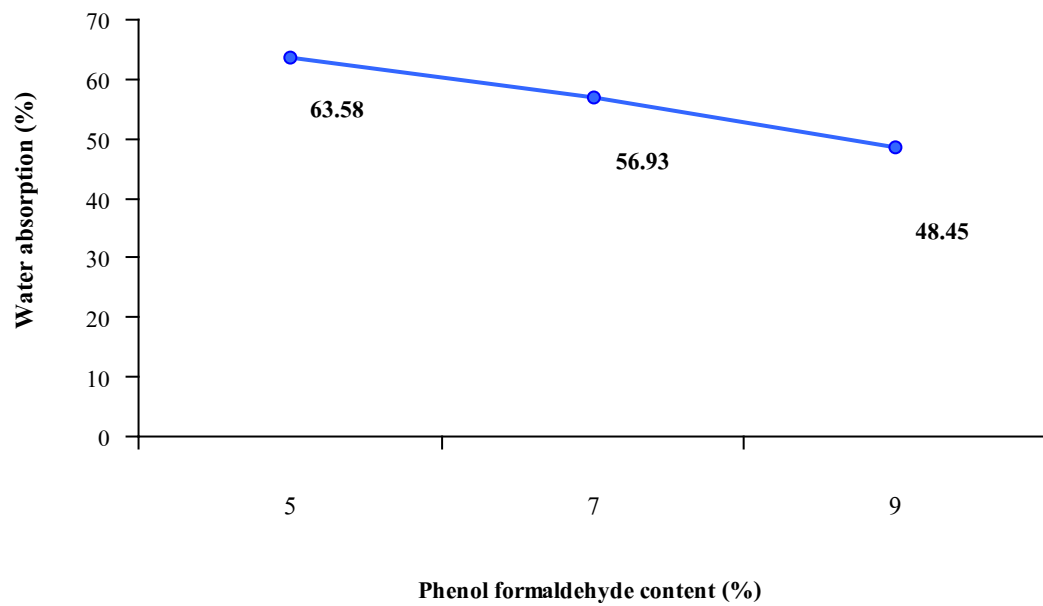


Figure 8. Percentage water absorption of the boards with various phenol formaldehyde content



5. ค่าความต้านแรงดัด

ค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยของแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้น มีค่าเฉลี่ยในช่วง 29.38-96.14 เมกะพาสคัล โดยทุกรูปแบบการจัดเรียงเส้นไม้บาง และทุกระดับปริมาณกาวให้ค่าความต้านแรงดัดที่ผ่านทั้งเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876-2547 มาตรฐาน JIS A 5908 - 1994 และมาตรฐาน BS EN 300 - 1997 (Table 1 และ Figure 9)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลองพบว่า ปัจจัยร่วมของรูปแบบการจัดเรียงเส้นไม้บาง และปริมาณกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนปัจจัยเดี่ยวของรูปแบบการจัดเรียงเส้นไม้บาง และปริมาณกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 9) เมื่อนำค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Rang Test พบว่า

5.1 อิทธิพลจากปัจจัยร่วม

แผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเส้นไม้บางแบบ 1 ชั้น โดยให้เส้นไม้บางเรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน และแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเส้นไม้บางแบบ 3 ชั้น โดยให้เส้นไม้บางชั้นที่ 1 และ 3 เรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนชั้นที่ 2 ให้เส้นไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ ที่ระดับปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 9% ของน้ำหนักเส้นไม้บางแห้ง มีค่าความต้านแรงดัดเท่ากับ 96.14 และ 94.32 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากปัจจัยอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 10 และ Figure 10)

5.2 อิทธิพลจากปัจจัยเดี่ยว

5.2.1 แผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเส้นไม้บางแบบ 1 ชั้น โดยให้เส้นไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ และแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเส้นไม้บางแบบ 3 ชั้น โดยให้เส้นไม้บางเรียงเส้นไม้ตั้งฉากกัน มีค่าความต้านแรงดัดแตกต่างจากแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเส้นไม้บางแบบ 1 ชั้น โดยให้เส้นไม้บางเรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน และแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเส้นไม้บางแบบ 3 ชั้น โดยให้เส้นไม้บางชั้นที่ 1 และ 3 เรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนชั้นที่ 2 ให้เส้นไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 11 และ Figure 11)

5.2.2 แผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่ใช้ระดับปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์แตกต่างกัน มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 12 และ Figure 12) โดยที่ระดับปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 9% มีค่าความต้านแรงดัดสูงสุด คือ 77.18 เมกะพาสคัล

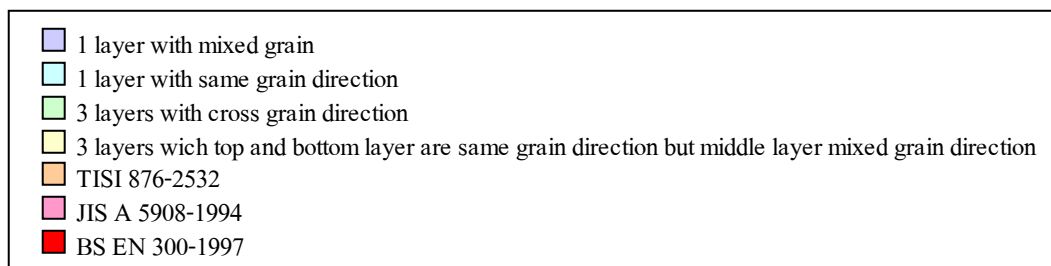
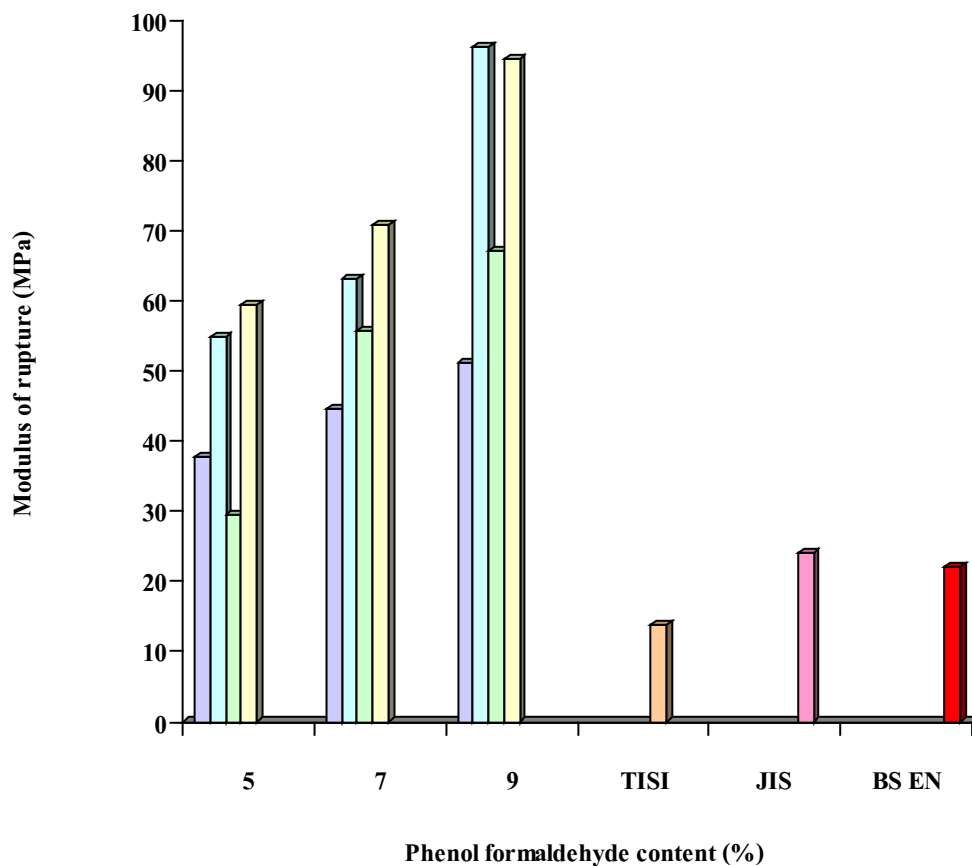


Figure 9. Modulus of rupture of the boards



Table 9. Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on modulus of rupture

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Orientation	3	6059.232	2019.744	28.054**
Glue	2	6132.671	3066.335	42.592**
Orientation*Glue	6	1146.175	191.029	2.653*
Error	24	1727.852	71.944	
Total	35	15065.930		

* significant at 5% probability level

** significant at 1% probability level

Table 10. Comparison of the effects of various wasted veneer orientation and phenol formaldehyde content on modulus of rupture

Wasted veneer orientation	Unit: MPa		
	Phenol formal content (%) ^{1/}		
	5	7	9
1 layer with mixed grain direction	37.83 de	44.62 cde	51.16 bcde
1 layer with same grain direction	54.97 bcd	63.11 bc	96.14 a
3 layers with cross grain direction	29.38 e	55.69 bcd	67.10 bc
3 layers which top and bottom layer are same grain direction but middle layer mixed grain direction	59.29 bcd	70.74 b	94.32 a

^{1/} Means followed by the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple

Range Test procedure ($p < 0.05$)

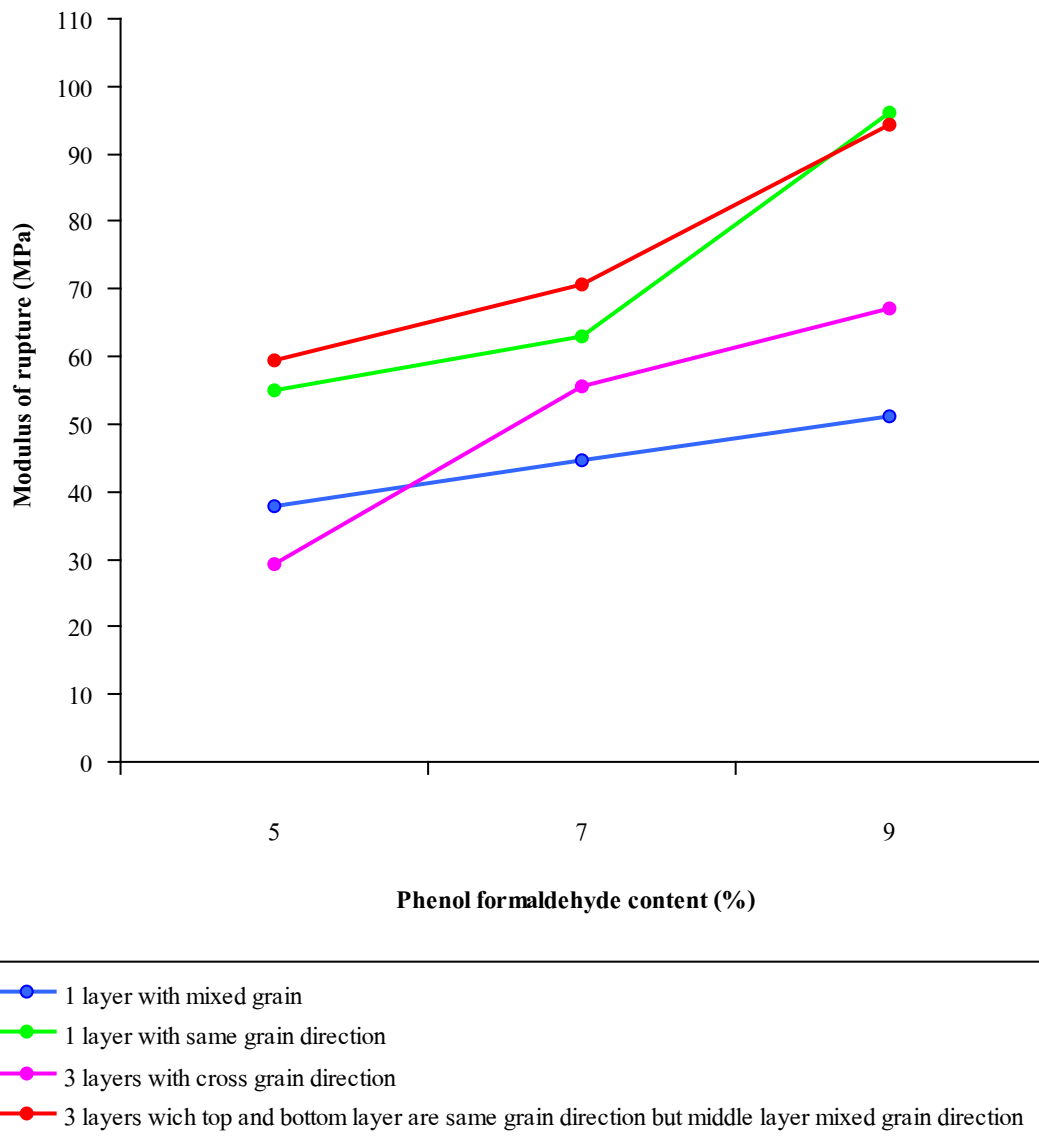


Figure 10. Modulus of rupture of the boards with various wasted veneer orientation and phenol formaldehyde content



Table 11. Comparison of the effects of various wasted veneer orientation on modulus of rupture

Wasted veneer orientation	Modulus of rupture (MPa) ^{1/}
1 layer with mixed grain direction	44.54 a
1 layer with same grain direction	71.41 b
3 layers with cross grain direction	50.72 a
3 layers which top and bottom layer are same grain direction but middle layer mixed grain direction	74.78 b

^{1/} Means followed by the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

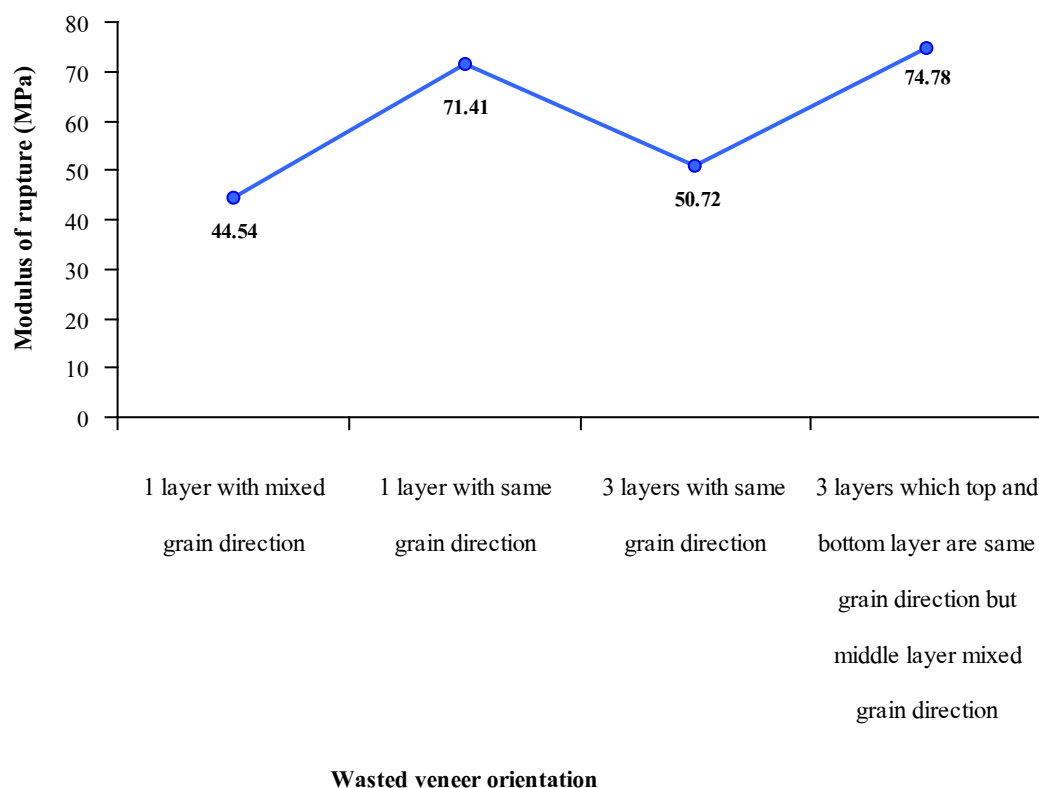


Figure 11. modulus of rupture of the boards with various wasted veneer orientation



Table 12. Comparison of the effects of various phenol formaldehyde content on modulus of rupture

Phenol formaldehyde content (%)	Modulus of rupture (MPa) ^{1/}
5	45.37 a
7	58.54 b
9	77.18 c

^{1/} Means followed by the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

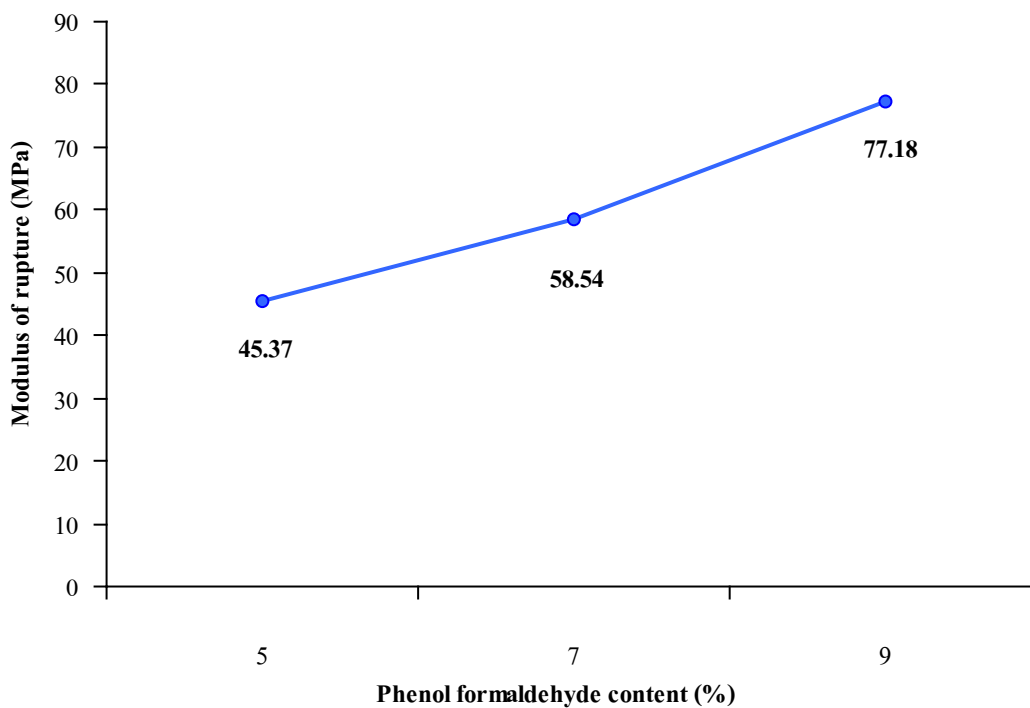


Figure 12. modulus of rupture of the boards with various phenol formaldehyde content



6. คำนวณค่าดัชนีชี้วัด

ค่าดัชนีชี้วัดของแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้น มีค่าเฉลี่ยในช่วง 5332 – 12775 เมกกะพาสคัล โดยทุกรูปแบบการจัดเรียงเส้นไม้บาง และทุกระดับปริมาณการทำให้ค่าดัชนีชี้วัดที่ผ่านทั้งเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876-2547 มาตรฐาน JIS A 5908 - 1994 และมาตรฐาน BS EN 300 - 1997 (Table 1 และ Figure 13)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลองพบว่า มีเพียงปัจจัยเดียวของรูปแบบการจัดเรียงเส้นไม้บาง และปริมาณการทำให้ที่มีอิทธิพลต่อค่าดัชนีชี้วัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 13) เมื่อนำค่าดัชนีชี้วัดมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Rang Test พบว่า

6.1 แผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเส้นไม้บางแบบ 1 ชั้น โดยให้เส้นไม้บางเรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน และแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเส้นไม้บางแบบ 3 ชั้น โดยให้เส้นไม้บางชั้นที่ 1 และ 3 เรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนชั้นที่ 2 ให้เส้นไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ มีค่าดัชนีชี้วัดเฉลี่ยสูงสุด คือ 11147 และ 11499 เมกกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 14 และ Figure 14)

6.2 แผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่ใช้ระดับปริมาณการฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์แตกต่างกันมีค่า ดัชนีชี้วัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 15 Figure 15) โดยที่ระดับปริมาณการฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 9% มีค่าดัชนีชี้วัดสูงสุด คือ 10,608 เมกกะพาสคัล

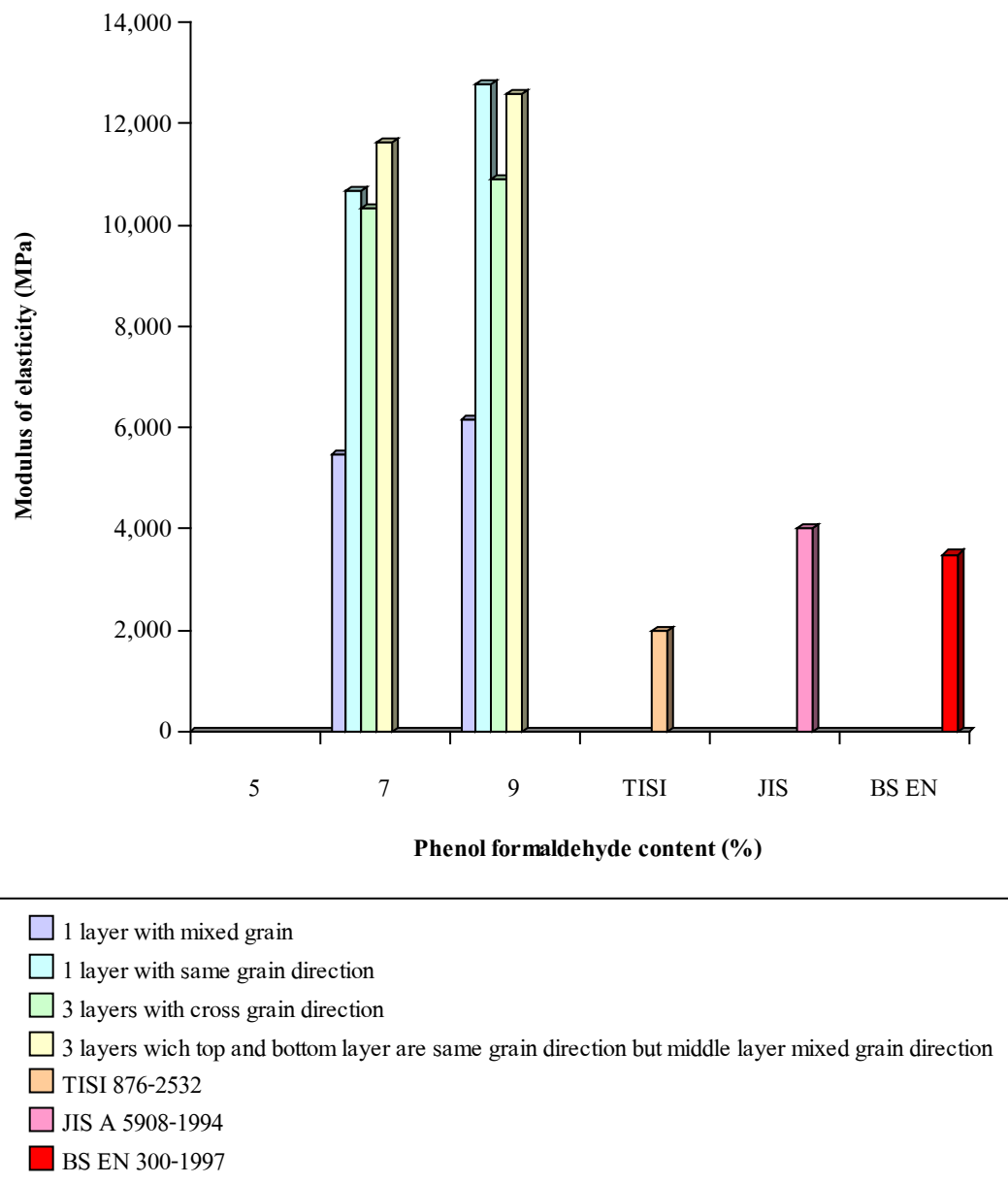


Figure 13. Modulus of elasticity of the boards



Table 13. Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on modulus of elasticity

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Orientation	3	193490912	64496971	59.075**
Glue	2	31676481	15835240	14.507**
Orientation*Glue	6	8348345	1391391	1.274 ^{ns}
Error	24	26202415	1091767	
Total	35	259718152		

^{ns} not significant

** significant at 1% probability level

Table 14. Comparison of the effects of various wasted veneer orientation on modulus of elasticity

Wasted veneer orientation	Modulus of elasticity (MPa) ^{1/}
1 layer with mixed grain direction	5556 a
1 layer with same grain direction	11147 c
3 layers with cross grain direction	9617 b
3 layers which top and bottom layer are same grain direction but middle layer mixed grain direction	11499 c

^{1/} Means followed by the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure (p<0.05)

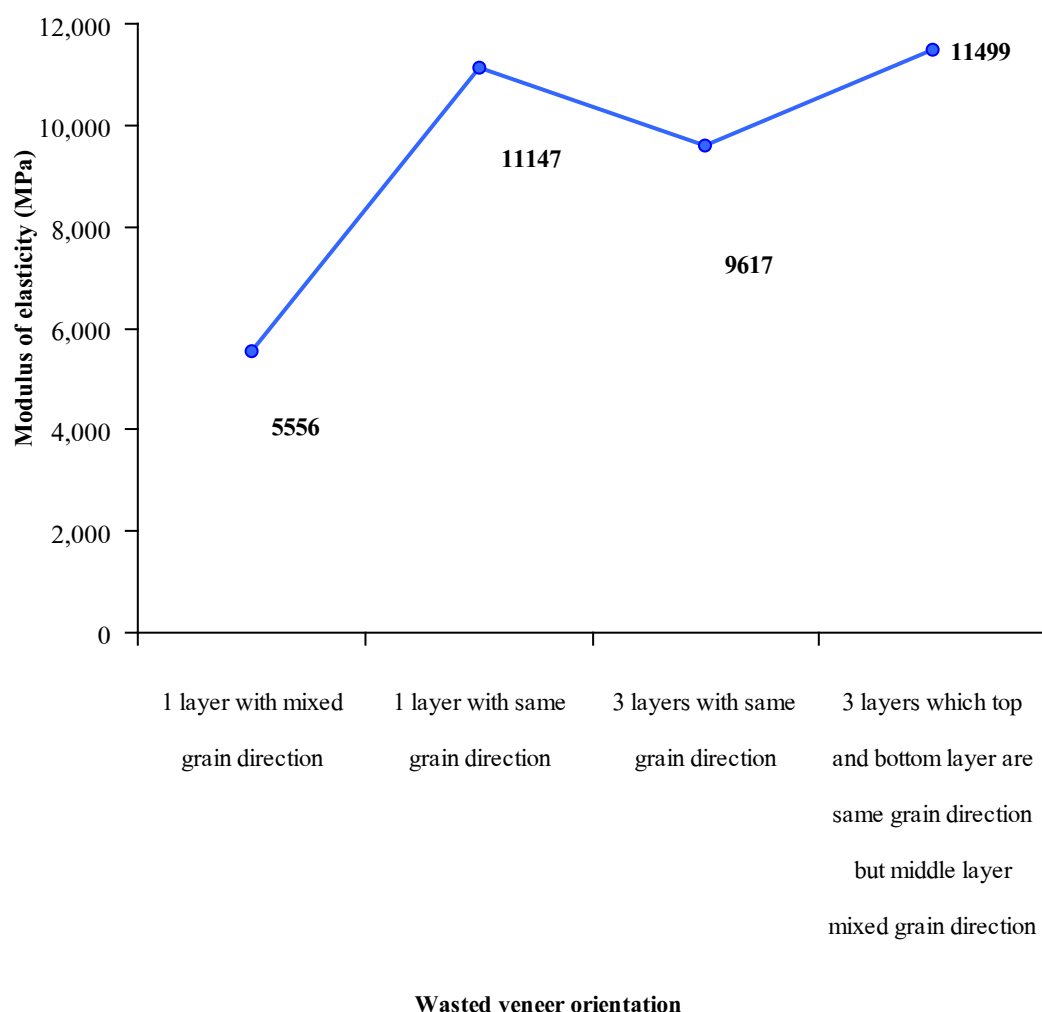


Figure 14. Modulus of elasticity of the boards with various wasted veneer orientation

Table 15. Comparison of the effects of various phenol formaldehyde content on modulus of elasticity

Phenol formaldehyde content (%)	Modulus of elasticity (MPa) ^{1/}
5	8311 a
7	9521 b
9	10608 c

^{1/} Means followed by the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

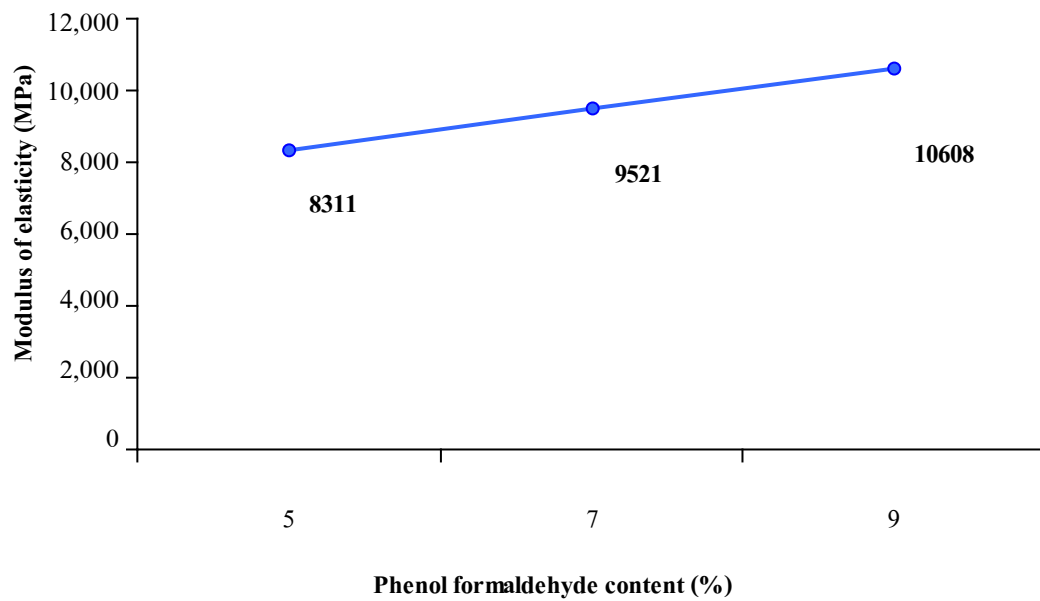


Figure 15. Modulus of elasticity of the boards with various phenol formaldehyde content



7. ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยของแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้น มีค่าในช่วง 0.237 – 0.907 เมกะพาสคัล มีเพียงแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเส้นไม้บางแบบ 3 ชั้น โดยให้เส้นไม้บางเรียงเส้นไม้ตั้งฉากกัน ที่ระดับปริมาณกาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ของน้ำหนักเส้นไม้บางแห้ง มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.237 เมกะพาสคัล ซึ่งเป็นค่าที่ไม่ผ่านทั้งเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876-2547 มาตรฐาน JIS A 5908 - 1994 และมาตรฐาน BS EN 300 - 1997 ส่วนแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเส้นไม้บางแบบ 1 ชั้น โดยให้เส้นไม้บางเรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.320 เมกะพาสคัล ซึ่งเป็นค่าที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908 - 1994 แต่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876-2547 และมาตรฐาน BS EN 300 - 1997 (Table 1 และ Figure 16)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลองพบว่า มีเพียงปัจจัยเดียวของรูปแบบการจัดเรียงเส้นไม้บาง และปริมาณกาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ ที่มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 16) เมื่อนำค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Rang Test พบว่า

แผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเส้นไม้บางแบบ 1 ชั้น โดยให้เส้นไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ และแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงเส้นไม้บางแบบ 3 ชั้น โดยให้เส้นไม้บางชั้นที่ 1 และ 3 เรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนชั้นที่ 2 ให้เส้นไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ย 0.751 และ 0.690 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 17 Figure 17)

แผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่ใช้ระดับปริมาณกาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์แตกต่างกัน มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 18 Figure 18) โดยที่ ระดับปริมาณกาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 9% มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงสุด คือ 0.763 เมกะพาสคัล

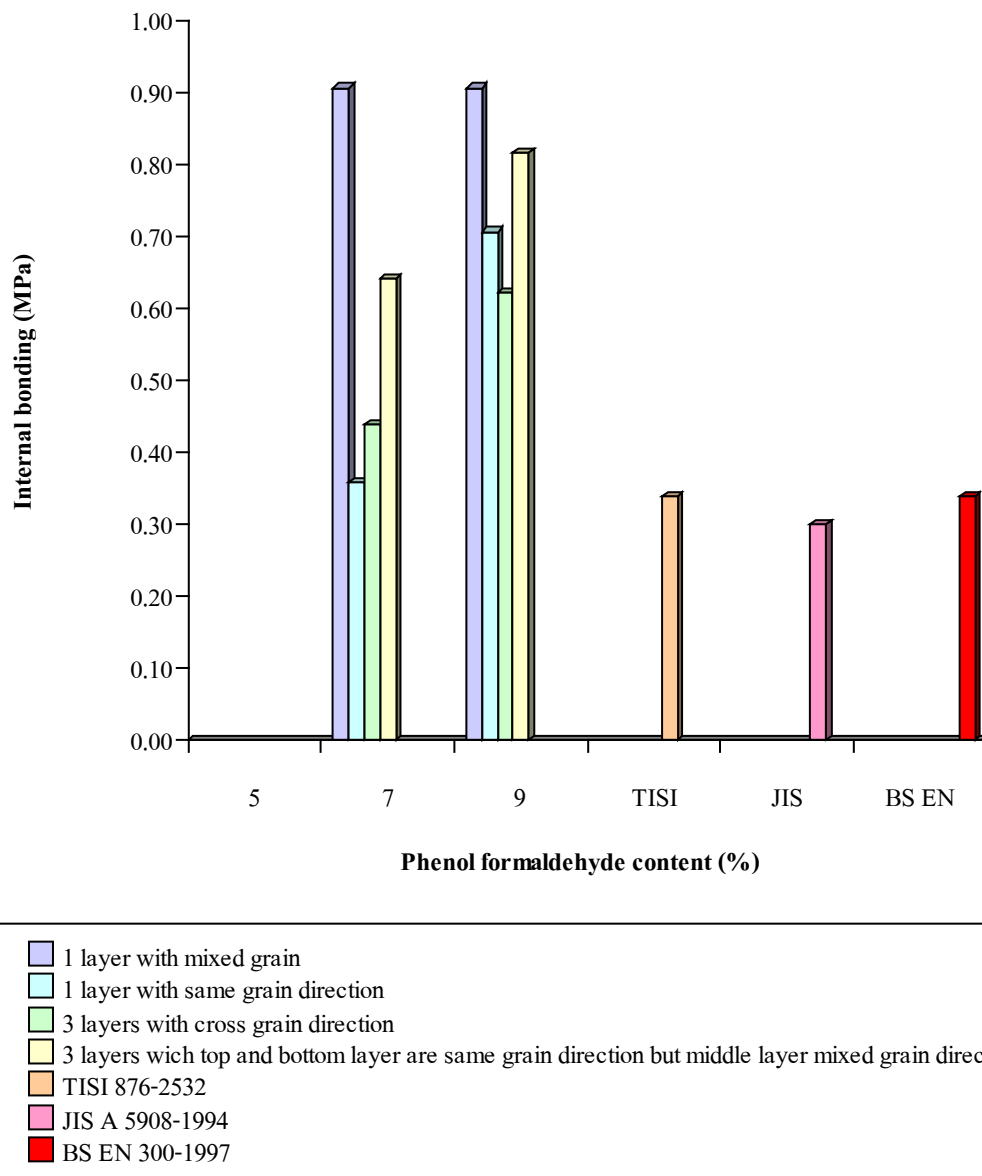


Figure 16. Internal bonding of the boards



Table 16. Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on internal bonding

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Orientation	3	0.693	0.231	10.102**
Glue	2	0.785	0.392	17.172**
Orientation*Glue	6	0.222	0.037	1.621 ^{ns}
Error	24	0.549	0.023	
Total	35	2.248		

^{ns} not significant

** significant at 1% probability level

Table 17. Comparison of the effects of various wasted veneer orientation on internal bonding

Wasted veneer orientation	Internal bonding (MPa) ^{1/}
1 layer with mixed grain direction	0.751 b
1 layer with same grain direction	0.461 a
3 layers with cross grain direction	0.433 a
3 layers which top and bottom layer are same grain direction but middle layer mixed grain direction	0.690 b

^{1/} Means followed by the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

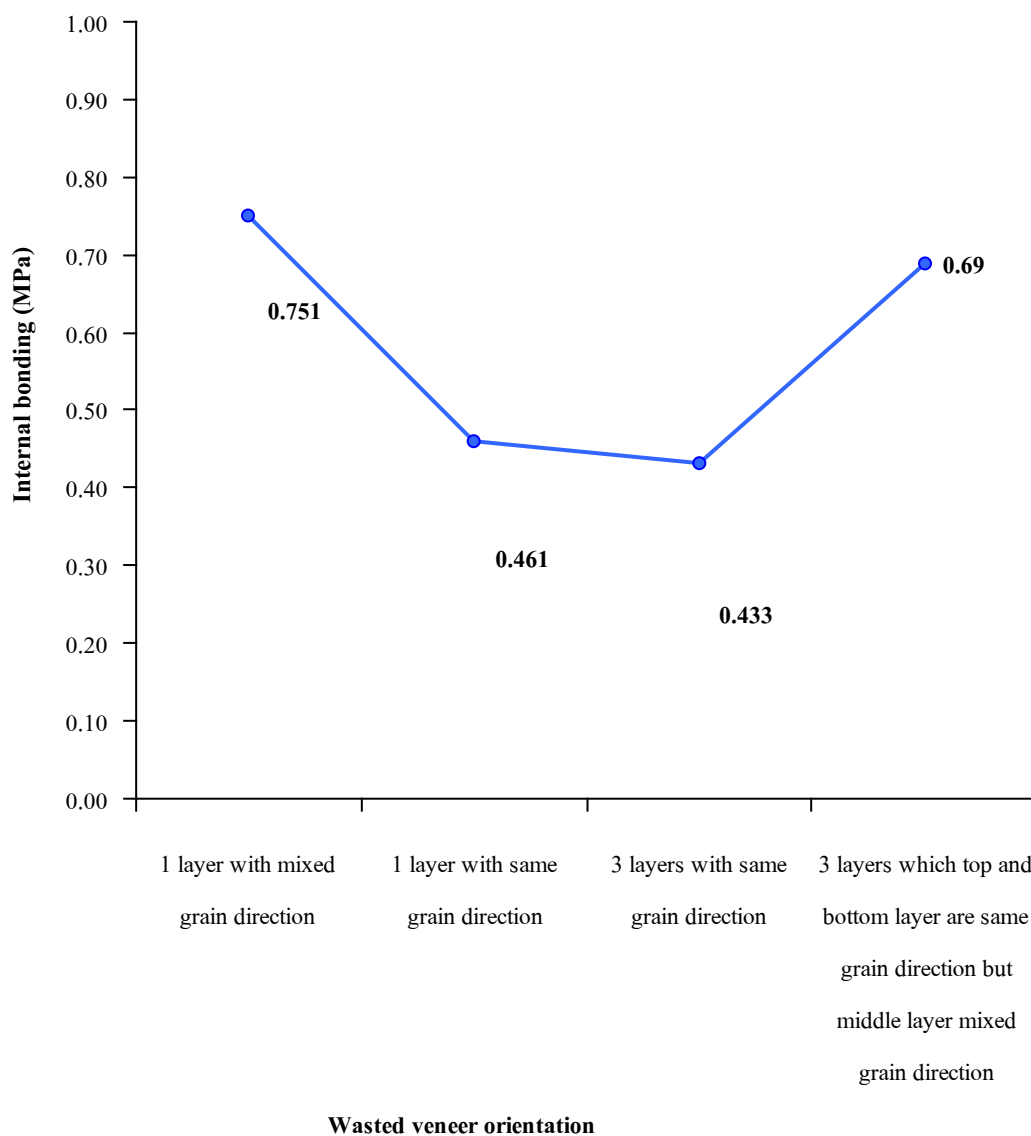


Figure 17. Internal bonding of the boards with various wasted veneer orientation

Table 18. Comparison of the effects of various phenol formaldehyde content on internal bonding

Phenol formaldehyde content (%)	Internal bonding (MPa) ^{1/}
5	0.402 a
7	0.587 b
9	0.763 c

^{1/} Means followed by the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

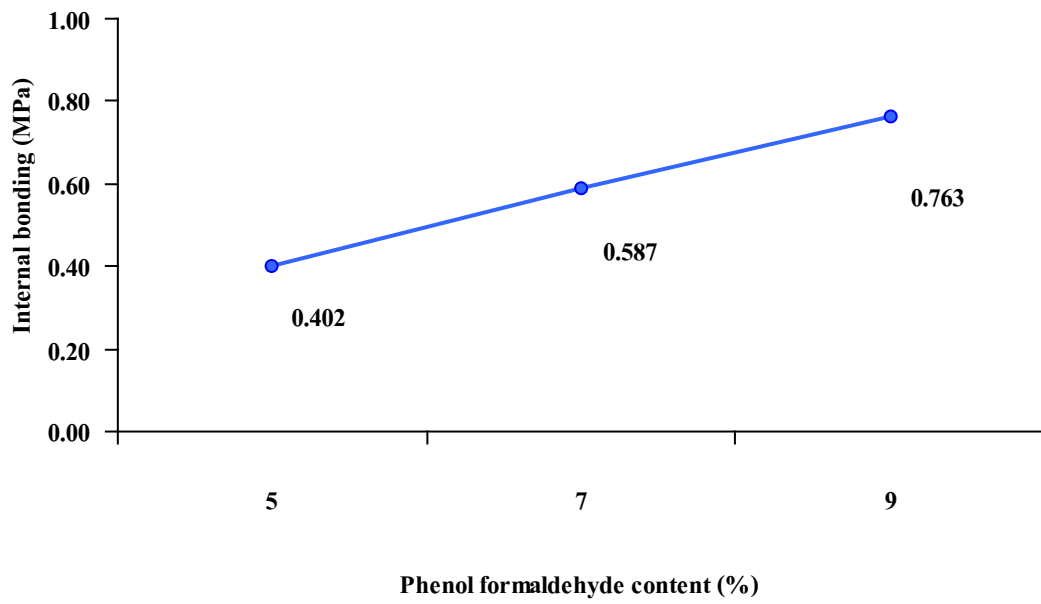


Figure 18. Internal bonding of the boards with various phenol formaldehyde content



สรุปผล

จากการศึกษาทดลองผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นจากเศษไม้บางที่เหลือทิ้งจากโรงงานผลิตไม้อัด โดยการจัดเรียงเศษไม้บาง 4 รูปแบบ คือ (1) จัดเรียงแบบ 1 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ (2) จัดเรียงแบบ 1 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน (3) จัดเรียงแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงเส้นไม้ตั้งฉากกัน (4) จัดเรียงแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางชั้นที่ 1 และ 3 เรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนชั้นที่ 2 ให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ และใช้ปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ จำนวน 3 ระดับ คือ 5 7 และ 9% ของน้ำหนักเศษไม้บางแห้ง แล้วทดสอบค่าตามมอก. 876-2547 มาตรฐาน JIS A 5908-1994 และมาตรฐาน BS EN 300-1997 ผลสรุปได้ดังนี้

สมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้น

1. ค่าความหนาแน่นและปริมาณความชื้น

ค่าความหนาแน่นของแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่ได้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด คือ มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 653.02 - 808.89 กก./ลบ.ม. และมีปริมาณความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.04 - 8.71 %

2. ค่าการพองตัวตามความหนา

อิทธิพลจากทั้งปัจจัยเดี่ยวและปัจจัยร่วมของรูปแบบการจัดเรียงเศษไม้บาง และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงเส้นไม้ตั้งฉากกัน มีค่าการพองตัวตามความหนาแตกต่างจากรูปแบบการจัดเรียงเศษไม้บางรูปแบบอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อใช้ปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่แตกต่างกันมีผลให้ค่าการพองตัวตามความหนาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ด้วยเช่นกัน โดยเมื่อใช้ปริมาณกาวมากขึ้นค่าการพองตัวตามความหนาจะลดลง

3. ค่าการดูดซึมน้ำ

อิทธิพลจากปัจจัยเดี่ยวของรูปแบบการจัดเรียงเศษไม้บาง และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้น โดยแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงแบบ 1 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน และจัดเรียงแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงเส้นไม้ตั้งฉากกัน มีค่าการดูดซึมน้ำแตกต่างจากรูปแบบการจัดเรียงเศษไม้บางรูปแบบอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และเมื่อใช้ปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มากขึ้นค่าการดูดซึมน้ำจะลดลง

4. ค่าความต้านแรงดัด

อิทธิพลจากทั้งปัจจัยเดี่ยวและปัจจัยร่วมของรูปแบบการจัดเรียงเศษไม้บาง และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดของแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้น โดยแผ่นชิ้นไม้อัดเรียงเส้นที่จัดเรียงแบบ 1 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน และจัดเรียงแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางชั้นที่ 1 และ 3 เรียงเส้นไม้ไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนชั้นที่ 2 ให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ ที่



ระดับปริมาณกาวยาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 9% ให้ค่าความต้านแรงดัดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และแผ่นฉันทัดเรียงเสี้ยนทุกรูปแบบการจัดเรียงเศษไม้บางเมื่อเพิ่มปริมาณกาวยาความต้านแรงดัดก็จะเพิ่มขึ้น

5. ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น

อิทธิพลจากปัจจัยเดี่ยวของรูปแบบการจัดเรียงเศษไม้บาง และปริมาณกาวยาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นฉันทัดเรียงเสี้ยน โดยแผ่นฉันทัดเรียงเสี้ยนที่จัดเรียงทุกเมื่อใช้ปริมาณกาวยาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เพิ่มมากขึ้นค่ามอดุลัสยืดหยุ่นจะเพิ่มขึ้น

6. ค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า

อิทธิพลจากปัจจัยเดี่ยวของรูปแบบการจัดเรียงเศษไม้บาง และปริมาณกาวยาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นฉันทัดเรียงเสี้ยน โดยแผ่นฉันทัดเรียงเสี้ยนที่จัดเรียงแบบ 1 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ และจัดเรียงแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางชั้นที่ 1 และ 3 เรียงเสี้ยนไม้ไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนชั้นที่ 2 ให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ มีค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยแผ่นฉันทัดเรียงเสี้ยนที่จัดเรียงแบบ 1 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระมีค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าสูงสุด และเมื่อใช้ปริมาณกาวยาเพิ่มขึ้นค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าจะเพิ่มขึ้น

รูปแบบการจัดเรียงเศษไม้บางและปริมาณกาวยาที่เหมาะสมในผลิตแผ่นฉันทัดเรียงเสี้ยน

จากสมบัติของแผ่นฉันทัดเรียงเสี้ยนดังกล่าวข้างต้นทำให้เห็นว่า รูปแบบการจัดเรียงเศษไม้บาง และปริมาณกาวยาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้มีผลต่อสมบัติของแผ่นฉันทัดเรียงเสี้ยนที่ผลิต เมื่อพิจารณาให้ปัจจัยของปริมาณกาวยาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้เป็นปัจจัยหลัก เนื่องจากกาวยาเป็นวัตถุดิบที่มีต้นทุนมูลค่าสูง จะพบว่า ที่ระดับปริมาณกาวยาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 5% แผ่นฉันทัดเรียงเสี้ยนที่จัดเรียงเศษไม้บางแบบ 1 ชั้น โดยให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ และแผ่นฉันทัดเรียงเสี้ยนที่จัดเรียงเศษไม้บางแบบ 3 ชั้น โดยให้เศษไม้บางชั้นที่ 1 และ 3 เรียงเสี้ยนไม้ไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนชั้นที่ 2 ให้เศษไม้บางเรียงตัวกันอย่างอิสระ มีสมบัติผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876-2547 มาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 และมาตรฐาน BS EN 300-1997 กำหนด ยกเว้นค่าการพองตัวตามความหนาที่ผ่านเฉพาะเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 และมาตรฐาน BS EN 300-1997 กำหนด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้จะไม่สามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ได้หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์เศษไม้บางจากบริษัท โรงเลื่อยไม้รังสิต และกาวยาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์จากบริษัท ไม้อัดไทย จำกัด ซึ่งเล็งเห็นถึงประโยชน์ของการปฏิบัติงานวิจัย และให้ความอนุเคราะห์ด้วยดีตลอดมา ผู้จัดทำขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ อีกทั้งขอขอบคุณคุณวัลยุทธ เพ็ญวิวัฒน์ นักวิชาการป่าไม้ 8ว ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนตรวจแก้รายงานผลงานวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์



เอกสารอ้างอิง

- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ: ความหนาแน่นปานกลาง มอก.876-2547. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.
- British Standard. 1997. British Standard : Oriented Strand Board (OSB) – Definition, Classification and Specifications. No. BS EN 300-1997.
- Japanese Industrial Standard. 1994. Japanese Industrial Standard : Particleboards. No. JIS A 5908-1994. Japanese Standard Association, Japan.



3

แผนงานวิจัยและพัฒนาการ
ใช้ประโยชน์ไม้สวนป่าเชิงพาณิชย์
และอุตสาหกรรม







คุณสมบัติของแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้น (โอเอสบี) จาก ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส
PROPERTIES OF ORIENTED STRAND BOARD MADE OF *EUCALYPTUS CAMALDULENSIS*

วรรณม อุ่นจิตติชัย (Woratham Oonjittichai)¹
วิโรจน์ พ่วงจันทร์ (Viroj Puanchan)¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติด้านต่างๆ ของแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นที่ผลิตจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสที่มีอายุต่างๆ กัน โดยใช้ไม้ในท้องที่จังหวัดขอนแก่นอายุ 5 และ 7 ปี เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่น ใช้กาวไอโซไซยานต (pMDI) 5% และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (PF) 7% เป็นตัวประสาน ผลการวิเคราะห์ขนาดของชิ้นแถบไม้ก่อนการผลิตแผ่นปรากฏว่า ชิ้นแถบไม้อายุ 5 ปี จะมีสัดส่วนความเพียวยาวสูงกว่าอายุ 7 ปี และวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการพ่นความเป็นกรดของไม้ปรากฏว่าไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสอายุ 5 ปี จะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าการพ่นความเป็นกรดของไม้สูงกว่าอายุ 7 ปี

ผลการเปรียบเทียบอายุของไม้ที่ใช้ในการผลิตแผ่นปรากฏว่า แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นที่ผลิตจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสอายุ 7 ปี จะมีคุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีกว่าอายุ 5 ปี และผลการเปรียบเทียบชนิดกาวที่ใช้ในการผลิตแผ่นปรากฏว่า แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นที่ผลิตโดยใช้กาวไอโซไซยานต (pMDI) 5% เป็นตัวประสานจะมีค่าคุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีกว่าแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นที่ผลิตโดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (PF) 7% เป็นตัวประสาน

ทั้งนี้ผลการเปรียบเทียบอายุไม้และชนิดกาวที่ใช้ในการผลิตแผ่นปรากฏว่า แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นที่ผลิตจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสอายุ 7 ปี ใช้กาวไอโซไซยานต (pMDI) 5% เป็นตัวประสานจะมีค่าคุณสมบัติการพองตัวและการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ คุณสมบัติความต้านทานแรงดัด (ตามแนวขวางแผ่นอัด) คุณสมบัติโมดูลัสยืดหยุ่น (ตามแนวขวางแผ่นอัด) และคุณสมบัติความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นดีที่สุด ส่วนแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นที่ผลิตจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสอายุ 5 ปี ใช้กาวไอโซไซยานต (pMDI) 5% เป็นตัวประสาน จะมีค่าคุณสมบัติคุณสมบัติความต้านทานแรงดัด (ตามแนวยาวแผ่นอัด) คุณสมบัติโมดูลัสยืดหยุ่น (ตามแนวยาวแผ่นอัด) ดีที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908-2003 type 24-10 ปรากฏว่า แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นที่ใช้กาวไอโซไซยานต (pMDI) 5% เป็นตัวประสาน มีค่าคุณสมบัติการพองตัวหลังการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง และค่าคุณสมบัติความชื้นของแผ่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทุกแผ่น ค่าคุณสมบัติความต้านทานแรงดัด (ตามแนวยาวแผ่นอัด) คุณสมบัติโมดูลัสยืดหยุ่น (ตามแนวยาวแผ่นอัด) และค่าคุณสมบัติความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกแผ่น

¹ งานอุตสาหกรรมวัสดุไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้



คำหลัก : แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้น เกล็ดไม้ที่ยาวกว่ากว้าง กาวไอโซไซยานาต กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส

ABSTRACT

The properties of Oriented Strand Board (OSB) made of *Eucalyptus camaldulensis* aged 5 and 7 years from Khon khane with isocyanate 5% and phenol formaldehyde 7%. Strand of *Eucalyptus camaldulensis* aged 5 years have average slender ratio, pH average and acid buffering capacity higher than 7 years.

The results showed that OSB made of *Eucalyptus camaldulensis* aged 7 years with isocyanate 5% had the best of thickness swelling, water absorption, modulus of rupture (Widthwise), modulus of elasticity (Widthwise) and internal bond. But OSB made of *Eucalyptus camaldulensis* aged 5 years with isocyanate 5% had the best of modulus of rupture (Lengthwise) and modulus of elasticity (Lengthwise).

The properties were tested by the Japanese Industrial Standard (JIS A 5908-2003 type 24-10). The boards were investigated with isocyanate had thickness swelling, moisture content, modulus of rupture (Lengthwise), modulus of elasticity (Lengthwise) and internal bond passed the standard.

Keywords : Oriented Strand Board (OSB), strand, pMDI, phenol formaldehyde(PF), *Eucalyptus camaldulensis*

คำนำ

แนวโน้มในการนำแผ่นผลิตภัณฑ์มาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ในปัจจุบันมีปริมาณมากขึ้น จึงทำให้มีการผลิตแผ่นผลิตภัณฑ์ขึ้นมามากมายหลายชนิด และเนื่องจากไม้มีจำนวนลดลงจึงมีผู้ค้นคว้าพัฒนาการผลิตแผ่นผลิตภัณฑ์จากไม้เพื่อนำไม้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด การผลิตแผ่นไม้ประกอบก็นับเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เป็นการนำไม้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าและชาญฉลาด เป็นการใช้ความรู้ทางเทคโนโลยีของไม้ (Wood Technology) มาประยุกต์ใช้กับการแปรรูปไม้หรือเศษไม้ที่เหลือจากงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมโรงเลื่อย อุตสาหกรรมเครื่องเรือน เป็นต้น มาผ่านกระบวนการกรรมวิธีประกอบกันเป็นไม้ใหม่ (Wood Recomposite Board) ทำให้เอื้ออำนวยต่อคุณลักษณะหลายๆ ด้านของไม้ เช่น ความกว้างใหญ่ของแผ่นไม้ และเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีของไม้ให้มีความก้าวหน้าขึ้น

แผ่นไม้ประกอบ (wood- based composite) มีการผลิตขึ้นหลายชนิด ได้แก่ แผ่นไม้อัด (plywood) แผ่นชั้นไม้อัด (particleboard) เช่น แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้น (Oriented Strand Board หรือ OSB) แผ่นชั้นไม้



ผสมซีเมนต์อัด (wood-cement board) แผ่นใยไม้อัด (fiberboard) เช่น แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (medium density fiberboard หรือ MDF) แผ่นใยไม้ผสมยิปซัมอัด (gypsum fiberboard)

ทั้งนี้แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นเป็นแผ่นไม้ประกอบที่มีความน่าสนใจชนิดหนึ่ง สามารถผลิตจากเศษไม้ ปลายไม้หรือไม้ท่อนเล็กๆ เป็นการใช้ประโยชน์ไม้ได้อย่างคุ้มค่า และแผ่นที่ผลิตได้มีความแข็งแรงและสามารถขนย้ายได้สะดวก สามารถนำมาต่อกันเป็นแผ่นขนาดใหญ่โดยไม่มีปัญหาเรื่องข้อต่อของแผ่น เหมาะกับการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับบุผนัง ปูพื้นและทำเครื่องเรือนได้เป็นอย่างดี (การ, 2546) ในการผลิตแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นจะใช้แถบไม้ที่มีลักษณะแบนบางมีความยาวมากกว่าเมื่อเทียบกับความกว้างของแผ่น ไม้ นำแถบไม้ดังกล่าวผสมกาวหรือสารที่ช่วยยึดติดกันแล้วนำมาเรียงชั้นเป็นแผ่น 3 ชั้น โดยชั้นหน้าด้านหลังทั้ง 2 ด้านจะเรียงแถบไม้ตามความยาวของแผ่น ส่วนชั้นกลางหรือชั้นในจะเรียงแถบไม้ตามขวาง เมื่อวางเรียงชั้นเรียบร้อยแล้ว นำเข้าเครื่องอัดที่มีแรงดันและอุณหภูมิสูง เมื่อแถบไม้และกาวได้รับความร้อนจะเกิดการยึดติดกัน เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำแผ่นออกจากเครื่องอัดจะได้แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้น (OSB) เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

การวิจัยในครั้งนี้ ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของการผลิตแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นจากไม้ยูคาลิปตัสตามลวดลาย 5 และ 7 ปี ใช้กาวไอโซไซยานต (pMDI) 5% และ กาวฟีนอลฟอर्मัลดีไฮด์ (PF) 7% เป็นตัวประสาน

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ใช้ไม้ยูคาลิปตัสตามลวดลายจากจังหวัดขอนแก่น อายุ 5 และ 7 ปี ผลิตเป็นแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้น และใช้กาวไอโซไซยานต (pMDI) ปริมาณกาว 5 % และกาวฟีนอลฟอर्मัลดีไฮด์ (PF) ปริมาณกาว 7% เป็นตัวประสาน กำหนดแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นให้มีความหนาแน่นระดับ 700 kg/m^3 และ นำแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นที่ได้มาเปรียบเทียบค่าทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ โดยใช้มาตรฐาน JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD Particleboards, JIS A 5908 -2003 : Particleboards type 24-10

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นจากไม้ยูคาลิปตัสตามลวดลาย ได้ปฏิบัติดำเนินงานที่ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักงานวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

อุปกรณ์ในการทดลอง

1. เครื่องสับชิ้นไม้ (Chipper)	2. เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Steam Boiler)
3. เครื่องอัดร้อน (Hot – press)	4. เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง (Screening Machine)
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Electric Balance)	6. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ (Universal Testing Machine)
7. ตู้อบไอน้ำ (Autoclave)	8. เครื่อง Flaker



ขั้นตอนการศึกษา

1. การเตรียมวัสดุและการศึกษา

1.1 การเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ใช้ชิ้นแฉะไม้ยูคาลิปตัสความลาดชันอายุ 5 ปี มีขนาดความกว้างเฉลี่ยเท่ากับ 18.26 มม. ความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 142.44 มม. ความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 0.44 มม. และมีสัดส่วนความเพรียวเท่ากับ 323.73 และชิ้นแฉะไม้ยูคาลิปตัสความลาดชันอายุ 7 ปี มีขนาดความกว้างเฉลี่ยเท่ากับ 17.81 มม. ความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 140.68 มม. ความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 มม. และมีสัดส่วนความเพรียวเท่ากับ 281.36 นำมาผ่านขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้ได้ชิ้นแฉะไม้ที่พร้อมจะนำไปใช้ในกระบวนการอัดแผ่น โดยสรุปเป็นขั้นตอนต่างๆ ในการเตรียมไม้ได้ดังนี้

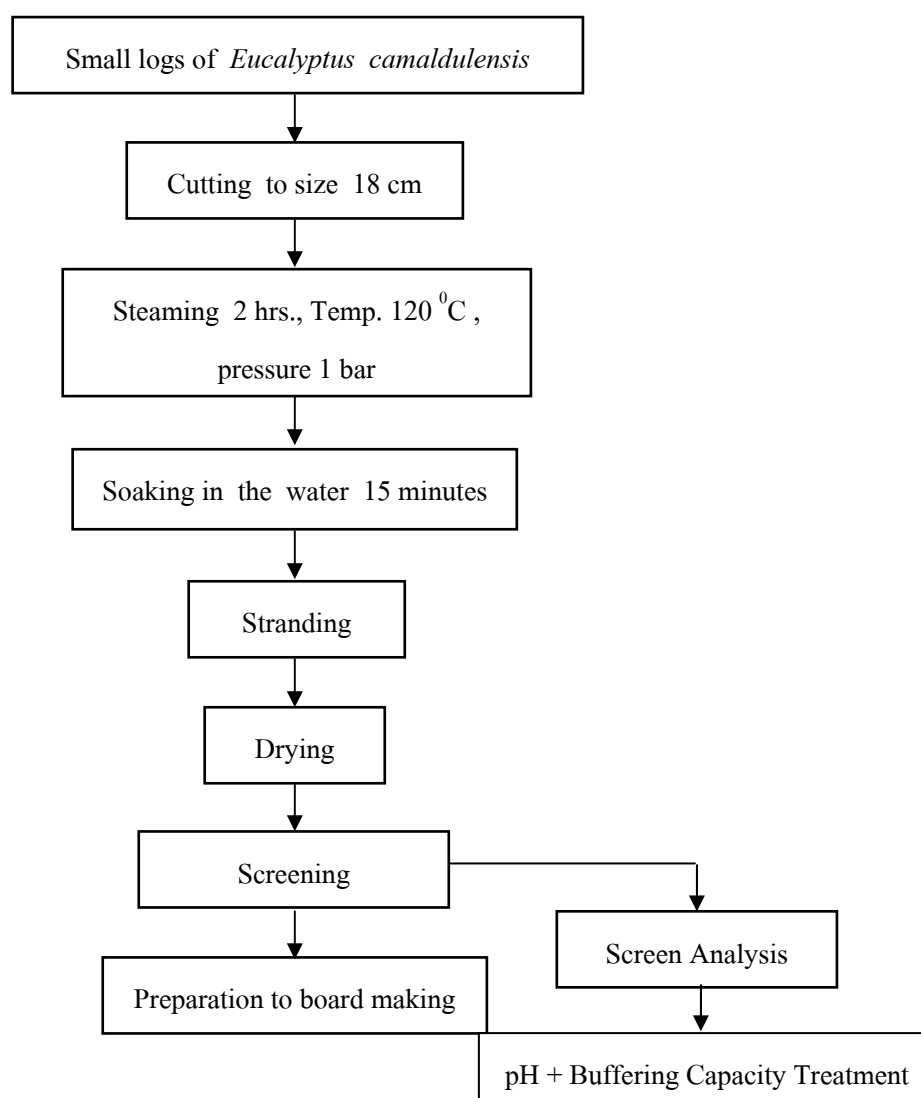


Figure 1. Strand preparation from *Eucalyptus camaldulensis* before board making.



Figure 2. Quality of strand from *Eucalyptus camaldulensis*.

1.2 การเตรียมกาวในการศึกษาผลิตแผ่นแถบไม้อัดเรียงเลียนจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ได้กำหนดระดับปริมาณเปอร์เซ็นต์กาวน้ำต่อน้ำหนักแห้งของชิ้นไม้อยู่ที่ระดับ 5 และ 7 % กาวที่ใช้ในการอัดแผ่น คือ กาวไอโซไซยานาต (pMDI) และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (PF)

1.3 ปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตแผ่นแถบไม้อัดเรียงเลียนจากยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส สภาพต่างๆ ที่กำหนดในการผลิต ดังนี้

แถบ ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส อายุ	5 และ 7 ปี
ความหนาแน่น	700 กก./ลบ.ม.
ความหนาของแผ่น	15 มม.
ขนาดของแผ่น	500 x 500 x 15 มม.
ความชื้นของแถบไม้ก่อนผสม	9.58 และ 9.74 %
ปริมาณกาว*	5 และ 7%
อุณหภูมิในการอัด	120 °ซ.
แรงดันในการอัด	150 กก./ซม. ²
ระยะเวลาในการอัด	5 นาที

หมายเหตุ * เทียบเป็นน้ำหนักกาวน้ำต่อน้ำหนักแห้งของชิ้นไม้ ซึ่งการทดสอบในครั้งนี้จะใช้ปริมาณที่ 5 และ 7%

2. วิธีการผสมและผลิตแผ่นแถบไม้อัดเรียงเลียนจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส

2.1 การผสมกาวกับแถบไม้ โดยนำกาวเทใส่กระบอกลบปริมาตร แล้วชั่งแถบไม้ให้น้ำหนักตามที่คำนวณไปเทใส่เครื่องผสมกาวกับแถบไม้ (วรรณม, 2545)

2.2 การโรยแผ่นเตรียมอัด นำแถบไม้ที่ผสมกาวเรียบร้อยแล้วนำไปชั่งให้น้ำหนักตามที่คำนวณ แบ่งแถบไม้เป็น 3 ส่วน แล้วนำแถบไม้มาโรยแผ่น โดยใช้แผ่นสแตนเลส 1 แผ่น โรยแถบไม้ลงบนแผ่นสแตนเลส ขนาด 500 x 500 มม. โดยโรยเป็น 3 ชั้น ชั้นที่ 1 และชั้นที่ 3 โรยให้แถบไม้ไปแนวเดียวกันและชั้นที่ 2 โรยเป็นแนวขวางกับชั้นที่ 1 และ 3 เมื่อโรยแถบไม้หมดแล้ววางแผ่นสแตนเลสทับบนแถบไม้วางแท่งเหล็กหนา (Stopper) 15 มม. ด้านข้างทั้ง 2 ด้าน



2.3 การอัดรีด หลังจากโรยแผ่นเตรียมอัดเสร็จ นำไปเข้าเครื่องอัดรีด โดยใช้แรงดันประมาณ 150 กก./ซม.³ ใช้ระยะเวลาในการอัด 5 นาที แล้วจึงนำแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นออกจากเครื่องอัดรีด

2.4 การปรับความชื้น แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้น เมื่ออัดด้วยเครื่องอัดรีดแล้วจะมีความชื้นกระจายอยู่ไม่สม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งแผ่น ต้องนำไปปรับความชื้นเป็นระยะเวลานาน 7 วัน (วรรณม, 2541) แล้วจึงนำแผ่นแถบไม้อัดไปทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ

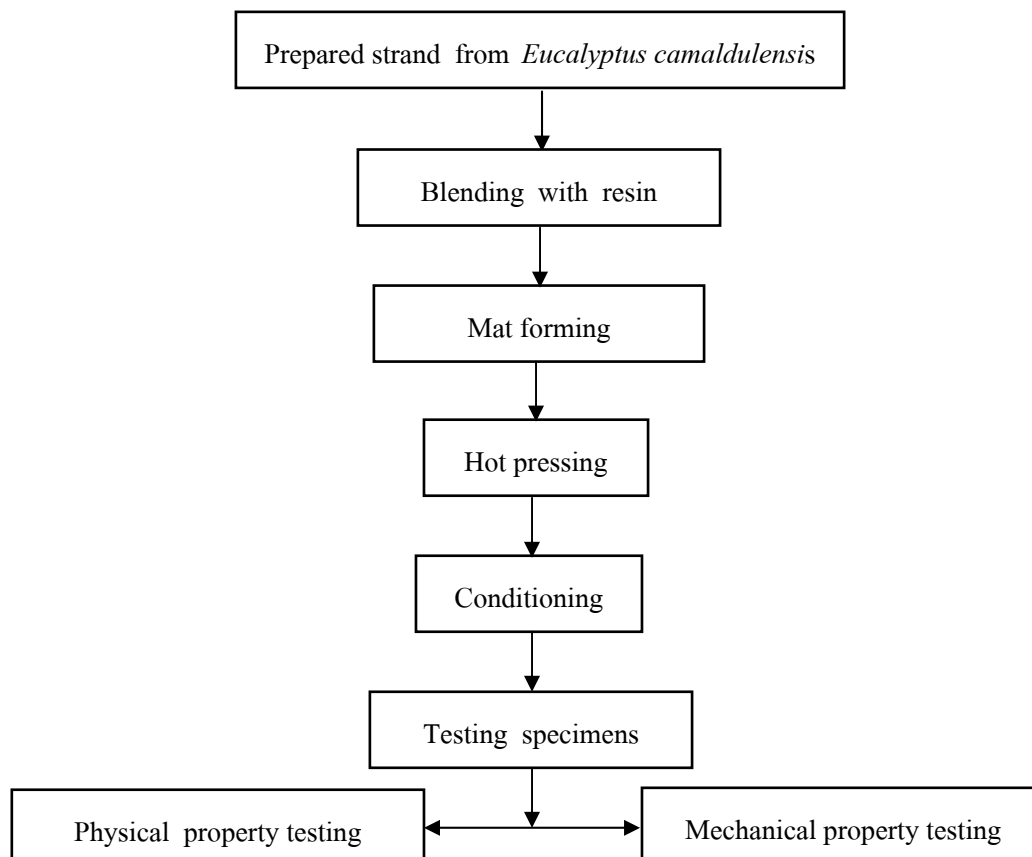


Figure 3. Production of Oriented Strand Board from *Eucalyptus camaldulensis*.

3. การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นที่ผลิตได้

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น (Density) ความชื้น (MC) การดูดซึมน้ำ (WA) และการพองตัวหลังแช่น้ำ (TS) และการทดสอบคุณสมบัติทางกล ได้แก่ ความต้านทานแรงดัด (MOR) โมดูลัสยืดหยุ่น (MOE) และแรงค้ำตั้งฉากกับผิวหน้า (IB) ทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboards type 24-10

4. แผนการวิจัย

การวิจัยได้วางแผนการวิจัยแบบสุ่ม (completely random design) โดยกำหนดปัจจัยที่จะศึกษา 4 ทรีทเมนต์ คือ ชั้นแถบไม้ยูคาลิปตัสความหนา 5 ปี ใช้กาวไอโซไซยานาต 5% และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 7% ชั้นแถบไม้ยูคาลิปตัสความหนา 7 ปี ใช้กาวไอโซไซยานาต 5% และกาว



ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 7% โดยกำหนดให้แต่ละทรีทเมนต์มีจำนวน 3 ซ้ำ และนำผลค่าการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้ One-way analysis of variance

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นแถบไม้ไผ่ดัดเรียงเส้น โดยใช้ไม้ยูคาลิปตัสตามาลดูเลนซีสมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตมีผลการดำเนินงาน ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ขนาดแถบ ไม้ยูคาลิปตัสตามาลดูเลนซีส

Table 1. Screen Analysis of strand from *Eucalyptus camaldulensis* aged 5 and 7 years.

Age (year)	Average Particle dimension ^{1/}			Slenderness ratio
	Length (mm.)	Thickness (mm.)	Width (mm.)	
5	142.44	0.44	18.26	323.73
7	140.68	0.50	17.81	281.36

^{1/} Each average value was measured from 100 particles.

จากตารางแสดงให้เห็นว่า แถบไม้ยูคาลิปตัสตามาลดูเลนซีสอายุ 5 ปี มีสัดส่วนความเพียวสูงกว่า แถบไม้อายุ 7 ปี

2. ผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนค่าความเป็นกรดของไม้

Table 2. The analysis of pH and acid buffering capacity from *Eucalyptus camaldulensis* and Rubberwood.

Type of wood	pH Average	Acid Buffering Capacity , Milliequivalent (x 10 ⁻²)
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> 5 years	6.01	14.87
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> 7 years	5.13	7.77
Rubberwood *	5.78	40.80

(* Oonjittichai , 2000)



จาก Table 2 ไม้ยูคาลิปตัสความหนา 5 ปี มีความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนค่าความเป็นกรดของไม้สูงกว่าไม้ยูคาลิปตัสความหนา 7 ปี และเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ยางพารา ปรากฏว่า ไม้ยูคาลิปตัสความหนา 2 ชั้นปี มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนค่าความเป็นกรดของไม้ต่ำกว่า ไม้ยางพารา

3. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติ

Table 3. The properties of OSB from *Eucalyptus camaldulensis* aged 5 and 7 years by using isocyanate (pMDI) 5% and phenol formaldehyde (PF) 7% as binder, at board density 700 kg/m³ compared with JIS A 5908-2003 : Particleboards type 24-10.

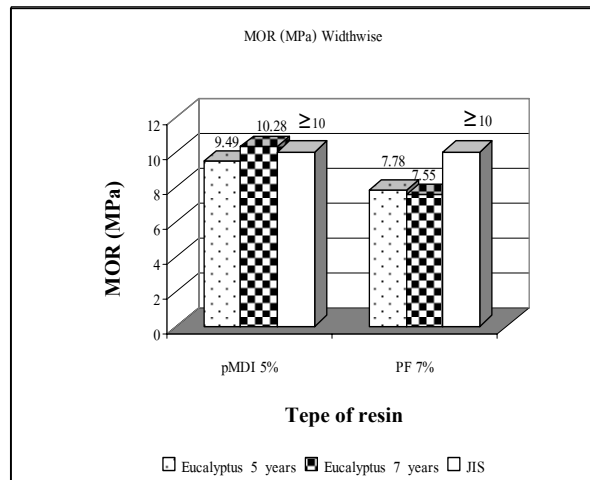
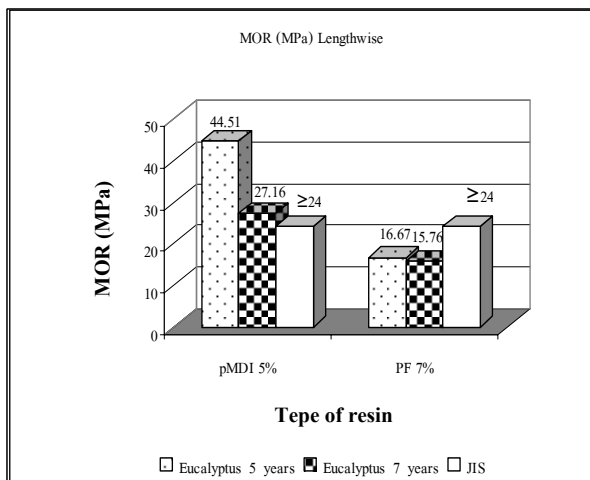
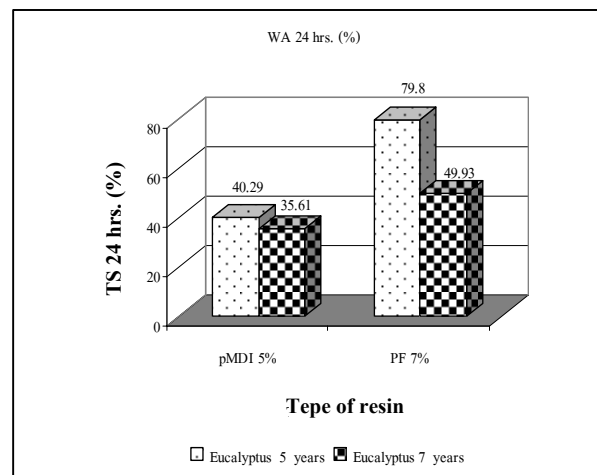
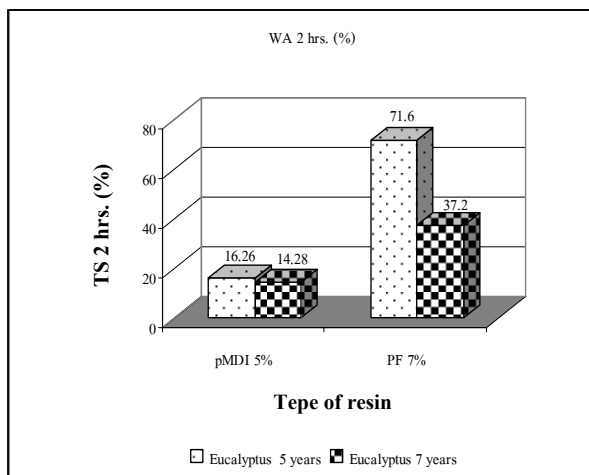
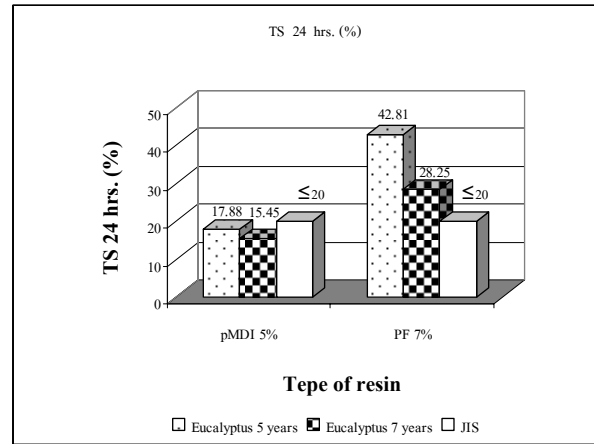
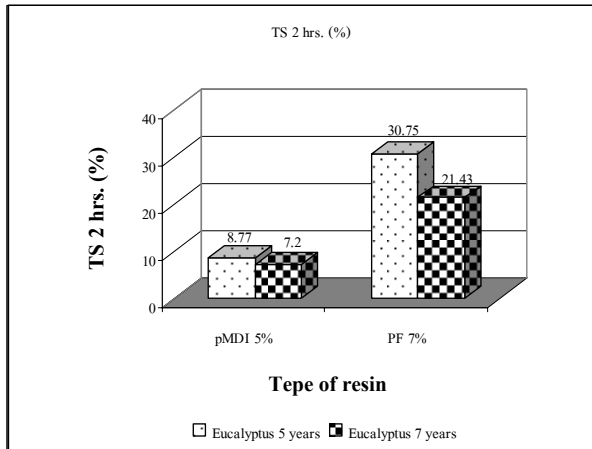
Sample	TS (%)		WA (%)		MOR	MOE	MOR	MOE	IB	Moisture
	2 hrs.	24 hrs.	2 hrs.	24 hrs.	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	Content
					Lengthwise		Widthwise			(%)
Eucalyptus 5 years	8.77	17.88	16.26	40.29	44.51	6,005	9.49	1,147	0.56	9.99
pMDI 5 %	c*	c	c	c	a	a	a	a	a	a
Eucalyptus 7 years	7.20	15.45	14.28	35.61	27.16	4,200	10.28	1,233	0.66	10.06
pMDI 5 %	c	d	c	c	b	b	a	a	b	a
Eucalyptus 5 years	30.75	42.81	71.60	79.80	16.67	3134	7.78	786	0.06	9.97
PF 7 %	a	a	a	a	c	c	a	a	c	a
Eucalyptus 7 years	21.43	28.25	37.20	49.93	15.76	3615	7.55	946	0.06	11.88
PF 7 %	b	b	b	b	c	d	a	a	c	b
JIS A 5908-2003 Type 24-10	-	≤ 20	-	-	≥ 24.00	≥ 4000	≥ 10.00	≥ 1300	≥ 0.3	5 - 13

* Same letters (a, b, c, d) in each column mean the non significant difference at 95 %.



Table 4. Analysis of variances of OSB from *Eucalyptus camaldulensis* aged 5 and 7 years by using isocyanate (pMDI) 5% and phenol formaldehyde (PF) 7% as binder.

Property		Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
TS 2 hrs	Between Groups	1072.455	3	357.485	393.154	.000
	Within Groups	7.274	8	0.909		
	Total	1079.730	11			
TS 24 hrs	Between Groups	1419.722	3	473.241	805.995	.000
	Within Groups	4.697	8	0.587		
	Total	1424.419	11			
WA 2 hrs	Between Groups	6374.344	3	2124.781	268.518	.000
	Within Groups	63.304	8	7.913		
	Total	6437.648	11			
WA 24 hrs	Between Groups	3543.922	3	1181.307	100.164	.000
	Within Groups	94.350	8	11.794		
	Total	3638.272	11			
MOR (Lengthwise)	Between Groups	1472.013	3	490.671	32.651	.000
	Within Groups	120.223	8	15.028		
	Total	1592.236	11			
MOE (Lengthwise)	Between Groups	14192799	3	4730933.098	113.230	.000
	Within Groups	334252.96	8	41781.620		
	Total	14527052	11			
MOR (Widthwise)	Between Groups	15.771	3	5.257	.735	.560
	Within Groups	57.188	8	7.7.149		
	Total	72.959	11			
MOE (Widthwise)	Between Groups	363176.57	3	121058.858	1.813	.223
	Within Groups	534127.04	8	66765.880		
	Total	897303.62	11			
IB	Between Groups	0.922	3	0.307	1475.880	.000
	Within Groups	1.667E-03	8	2.083E-04		
	Total	0.924	11			
MC	Between Groups	7.946	3	2.649	26.198	1.000
	Within Groups	0.809	8	0.101		
	Total	8.755	11			



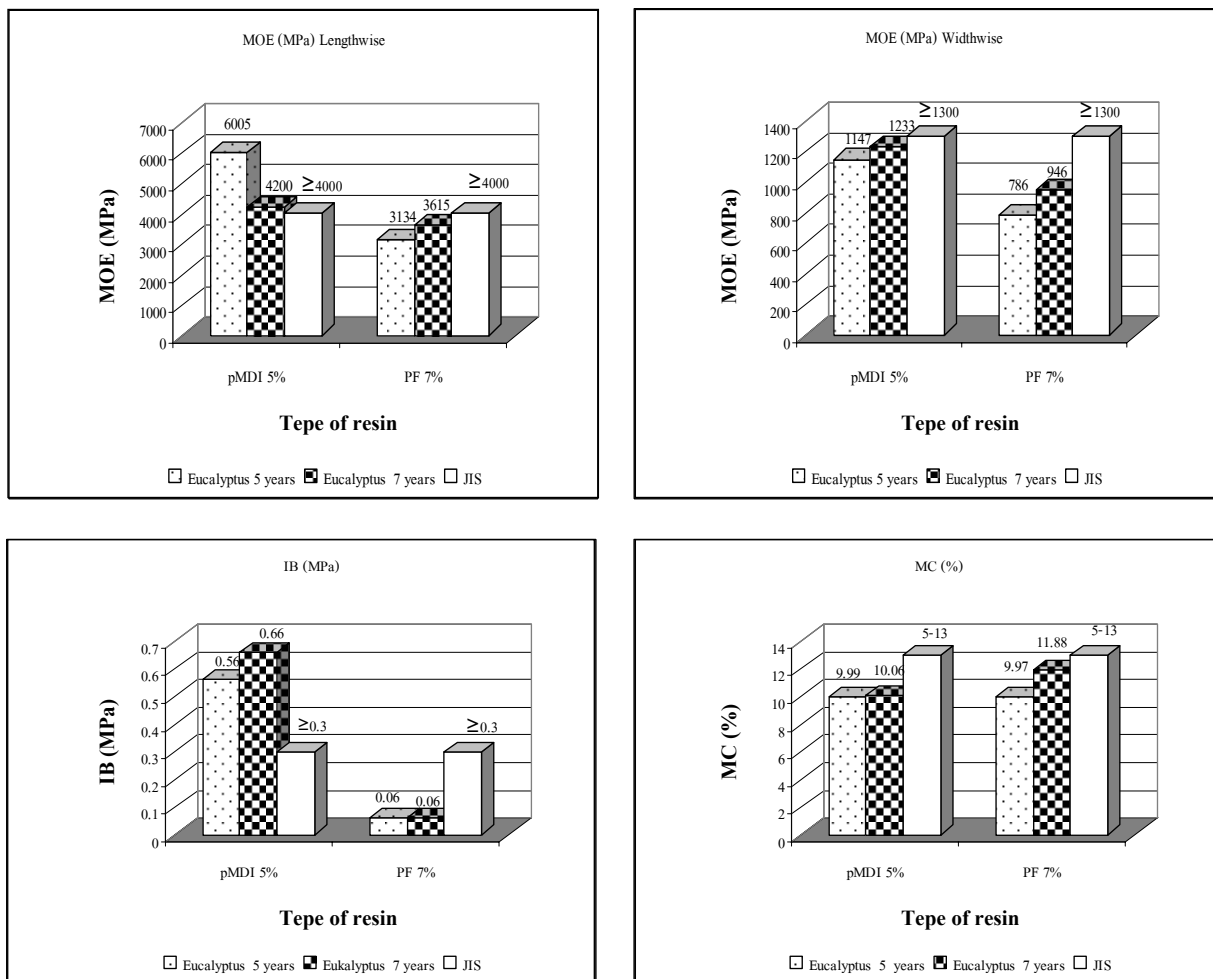


Figure 4. The properties of OSB from *Eucalyptus camaldulensis* aged 5 and 7 years by using isocyanate (pMDI) 5% and phenol formaldehyde (PF) 7% as binder, at board density 700 kg/m³ compared with JIS A 5908-2003 : Particleboards type 24-10.

3.1 การพองตัวหลังแช่น้ำ (Thickness Swelling)

คุณสมบัติของแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นจากไม้ยูคาลิปตัสตามลคุณเล่นชีสในสภาวะที่กำหนดคือ ชิ้นแถบไม้ยูคาลิปตัสตามลคุณเล่นชีสอายุ 5 ปี ใช้กาวไอโซไซยานต (pMDI) 5% และกาวฟีนอล ฟอรัลดีไฮด์ (PF) 7% ชิ้นแถบไม้ยูคาลิปตัสอายุ 7 ปี ใช้กาวไอโซไซยานต (pMDI) 5% และกาวฟีนอลฟอรัลดีไฮด์ (PF) 7% เป็นตัวประสาน ที่ความหนาแน่นกำหนด 700 kg/m³ เปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-2003: Particleboards type 24-10 ปรากฏว่า แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นจากไม้ยูคาลิปตัสตามลคุณเล่นชีสอายุ 7 ปี ใช้กาว pMDI 5% เป็นตัวประสาน มีคุณสมบัติการพองตัวหลังแช่น้ำของแผ่นดีที่สุดคือ มีค่าการพองตัวหลังแช่น้ำของแผ่นต่ำที่สุด เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติปรากฏว่า แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นมีค่าการพองตัวหลังแช่น้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อสภาวะที่กำหนด และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboards type 24-10 ปรากฏว่า แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นจากไม้ยูคาลิปตัสตามลคุณเล่นชีส อายุ 5 และ 7 ปี ใช้กาว pMDI 5% เป็นตัวประสานมีค่าการพองตัวหลังการแช่น้ำ 24 ชั่วโมงอยู่ในเกณฑ์



มาตรฐานกำหนดทุกแผ่น

3.2 การดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ (Water Absorption)

แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นที่ผลิตจากจีนไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนชีสอายุ 7 ปี ใช้กาว pMDI 5% เป็นตัวประสานจะมีค่าการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำของแผ่นต่ำที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติปรากฏว่า แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นมีค่าการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อสถานะที่กำหนด

3.3 ความต้านทานแรงดัด (Modulus Of Rupture)

แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นจากจีนไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนชีสอายุ 5 ปี ใช้กาว pMDI 5% เป็นตัวประสาน มีความแข็งแรงของแผ่นด้านคุณสมบัติความต้านทานแรงดัด (ตามแนวยาวและตามแนวแผ่นอัด) ดีที่สุด เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติปรากฏว่า แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นมีค่าความต้านทานแรงดัด (ตามแนวยาวแผ่นอัด) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นมีค่าความต้านทานแรงดัด (ตามแนวขวางแผ่นอัด) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboards type 24-10 ปรากฏว่า มีเพียงแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนชีสอายุ 5 และ 7 ปี ใช้กาว pMDI 5% เป็นตัวประสาน (ตามแนวยาวแผ่นอัด) และอายุ 7 ปี (ตามแนวขวางแผ่นอัด) มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงกว่ามาตรฐานกำหนด

3.5 มอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus Of Elasticity)

คุณสมบัติมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนชีสอายุ 5 ปี ใช้กาว pMDI 5% มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย (ตามแนวยาวแผ่นอัด) ดีที่สุด ส่วนตามแนวขวางจีนไม้แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนชีสอายุ 7 ปี ใช้กาว pMDI 5% จะมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นดีที่สุด เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติปรากฏว่า แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (ตามแนวยาวแผ่นอัด) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (ตามแนวขวางแผ่นอัด) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboards type 24-10 ปรากฏว่า มีเพียงแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนชีสอายุ 5 และ 7 ปี ใช้กาว pMDI 5% เป็นตัวประสานมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (ตามแนวยาวแผ่นอัด) สูงกว่ามาตรฐานกำหนด

3.6 ความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal Bond)

คุณสมบัติด้านแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนชีสอายุ 7 ปี ใช้กาว pMDI 5% เป็นตัวประสานจะมีค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าดีที่สุด เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติปรากฏว่า แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นมีค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboards type 24-10 ปรากฏว่า แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนชีสอายุ 5 และ 7 ปี โดยใช้กาว MDI 5% เป็นตัวประสาน มีค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ส่วนแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นจาก ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนชีสอายุ 5 และ 7 ปี โดยใช้กาว PF 7% เป็นตัวประสาน มีค่าความต้านแรง



ดังตั้งฉากกับผิวหน้าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

3.7 ความชื้น (Board Moisture Content)

จากการทดสอบปรากฏว่าแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นจากไม้ยูคาลิปตัสความลึกลับ 7 ปี ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (PF) 7% เป็นตัวประสานจะมีค่าความชื้นสูงที่สุด เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติปรากฏว่า มีเพียงแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นจากไม้ยูคาลิปตัสอายุ 7 ปี ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 7 % เป็นตัวประสานที่มีค่าความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อสภาวะที่กำหนด และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-2003 Particleboards type 24-10 ปรากฏว่า แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นจากไม้ยูคาลิปตัสความลึกลับ 5 และ 7 ปี โดยใช้กาว pMDI 5% และกาวฟีนอล ฟอร์มาลดีไฮด์ (PF) 7% เป็นตัวประสาน มีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทุกแผ่น

สรุปผล

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติของชั้นแถบไม้ก่อนการผลิตแผ่น

ผลการวิเคราะห์ขนาดของชั้นแถบไม้ที่ใช้ในการผลิตแผ่นปรากฏว่า แถบไม้ยูคาลิปตัสความลึกลับ 5 ปี มีสัดส่วนความเพริยสูงกว่าแถบ ไม้ยูคาลิปตัสความลึกลับ 7 ปี และเมื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนค่าความเป็นกรดปรากฏว่า ไม้ยูคาลิปตัสความลึกลับ 5 ปี จะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนค่าความเป็นกรดของไม้สูงกว่าไม้ยูคาลิปตัสความลึกลับ 7 ปี

2. ผลการเปรียบเทียบอายุไม้และชนิดกาวที่ใช้ในการผลิตแผ่น

ผลการเปรียบเทียบอายุไม้ที่ใช้ในการผลิตแผ่นปรากฏว่า แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นที่ผลิตจากไม้ยูคาลิปตัสความลึกลับ 7 ปี จะมีค่าคุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีกว่าแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นที่ผลิตจากไม้ยูคาลิปตัสความลึกลับ 5 ปี

ผลการเปรียบเทียบชนิดกาวที่ใช้ในการผลิตแผ่นปรากฏว่า แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นที่ผลิตโดยใช้กาวไอโซไซยานต (pMDI) 5% เป็นตัวประสาน จะมีค่าคุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีกว่าแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (PF) 7% เป็นตัวประสาน

เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติปรากฏว่า มีเพียงคุณสมบัติความต้านทานแรงดัดและคุณสมบัติการดูดซับน้ำ (ตามแนวยาวแผ่นอัด) ของแผ่นที่มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อสภาวะที่กำหนด ส่วนคุณสมบัติการพองตัวและการดูดซับน้ำหลังแช่น้ำ ความต้านทานแรงดัดและคุณสมบัติการดูดซับน้ำ (ตามแนวขวางแผ่นอัด) ความต้านทานแรงดัดดังตั้งฉากกับผิวหน้า และความชื้นของแผ่นมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อสภาวะที่กำหนด

3. ผลการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboards type 24-10

จากการเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-2003 type 24-10 ปรากฏว่า แผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นที่ผลิตจากไม้ยูคาลิปตัสความลึกลับ 5 และ 7 ปี ใช้กาวไอโซไซยานต (pMDI) 5% เป็นตัวประสาน มีคุณสมบัติการพองตัวหลังการแช่น้ำและความชื้นมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คุณสมบัติความต้านทานแรงดัด (ตามแนวยาวแผ่นอัด) คุณสมบัติการดูดซับน้ำ (ตามแนวยาวแผ่นอัด) และความต้านทานแรงดัดดังตั้งฉาก



กับผิวหน้ามีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ส่วนแผ่นแถบไม้อัดเรียงเส้นที่ผลิตจากไม้ยูคาลิปตัส
คามาลดูเลนซิส ทั้งอายุ 5 และ 7 ปี ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (PF) 7% เป็นตัวประสานมีเพียงคุณสมบัติ
ความชื้นของแผ่นที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด



Figure 5. Oriented Strand Board (OSB) from *Eucalyptus camaldulensis*.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่ง จากเจ้าหน้าที่ของงานอุตสาหกรรมวัสดุ
ทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และขอขอบคุณ
เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็ก จังหวัดขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบไม้ที่ใช้ใน
งานวิจัย

ขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโส สังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุ
ทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี



เอกสารอ้างอิง

- การ คันธโชติ. 2546. การพัฒนาแถบไม้อัดขึ้นรูปชิ้นส่วนเครื่องเรือนจากเศษไม้ยางพารา. เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการสาขาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ. สำนักวิชาการวิศวกรรมและทรัพยากร, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.
- วรรณม อุณจิตติชัย. 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล (แผ่นขึ้นไม้อัด) และกรรมวิธีผลิต. เอกสารวิชาการเลขที่ ร. 514. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้.
- วรรณม อุณจิตติชัย. 2543. แผ่นปาร์ติเกิลจากเศษไม้คละชนิดเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม. รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ 2541 – 2542. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. หน้า 91.
- วรรณม อุณจิตติชัย. 2545. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการใช้กากกับงานไม้. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้, สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- Japanese Industrial Standard. Japanese Standards Association. 2003. JIS A 5908 Standard Specification for Particleboards. Hohbunsha Publ. Co. Inc. Tokyo. 21 p.



แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกล (TMP)

: ผลของวิธีการผสมและซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์¹

WOODFIBER-CEMENT BOARD FROM EUCALYPTUS THERMOMECHANICAL PULP (TMP)

: EFFECTS OF MIXING METHOD AND SUPERPLASTICIZER

ชวสร อินทรประสิทธิ์ (Chawasorn Intaraprasit)²

ศิววุธ ชวนะศักดิ์ (Siwawoot Chawanasak)²

สิทธิพงษ์ พลประสิทธิ์ (Sittipong Ponprasit)²

ปทุมมา สิริพันธ์โนน (Punnamma Siriphannon)²

อิทธิพล แจ่มชัด (Ittipol Jangchud)²

วรธรรม อุ่นจิตติชัย (Woratham Oonjittichai)³

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการปรับปรุงกระบวนการเตรียมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (Woodfiber-cement board ; WFCB) จากเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกล (Thermomechanical pulp, TMP) โดยใช้การผสม 3 วิธี ได้แก่ Wet , Dry-mix และ Pretreat นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาผลของปริมาณเส้นใย (5% และ 10%) และการใช้ซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (Rheobuild[®]) ที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ สูตรการผสมกำหนดให้ปริมาณน้ำที่ใช้เป็น 65% ของน้ำหนักมวลรวม โปแทชอะลัม 1% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ 1.5% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ส่วนผสมถูกนำไปขึ้นรูปให้เป็นแผ่นด้วยเครื่องอัดขึ้นรูป บ่มภายใต้ความชื้นสูงเป็นเวลา 7 วัน และอบแห้งที่ 100°C เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความแข็งแรงโค้งงอ และมอดูลัสโค้งงอ พบว่า แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมด้วยวิธีการผสมแบบ Pretreat ให้สมบัติทางด้านกายภาพและสมบัติเชิงกลดีกว่าแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมด้วยวิธีการผสมแบบ Wet และ Dry-mix ตามลำดับ โดยมีค่าความแข็งแรงโค้งงออยู่ในช่วง 5.10-6.46 MPa และมีค่ามอดูลัสโค้งงออยู่ในช่วง 743-896 MPa เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความชื้นและค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำเพิ่มขึ้น แต่ค่าความหนาแน่น ความแข็งแรงโค้งงอ และมอดูลัสโค้งงอลดลง เมื่อเติม Rheobuild[®] ช่วยเพิ่มความสามารถในการไหลของซีเมนต์ทำให้การผสมง่ายขึ้น แต่พบว่า ค่าความแข็งแรงโค้งงอและมอดูลัสโค้งงอลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการผสมน้ำในปริมาณที่ไม่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ จึงทำให้ผลของ Rheobuild[®] ต่ำกว่าที่คาดไว้

1 โครงการบูรณาการร่วมระหว่างงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2 สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3 งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้



คำหลัก : เส้นใยคาลิปตัส แผ่นใยไม้แอดซีเมนต์ เชื้อความร้อนเชิงกล ซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์

ABSTRACT

This research was focused on Woodfiber-Cement Board (WFCB) of Eucalyptus fibers prepared from Thermomechanical Pulp (TMP). Preparation methods were studied, i.e. wet, dry-mix and pretreat methods. Effect of fiber loading (5% and 10% by weight) and superplasticizer (Rheobuild[®]) on WFCB properties were also studied. The mixtures consisted of 65% water content by total weight, 1% potash alum by cement weight and 1.5% superplasticizer (Rheobuild[®]) by cement weight. The mixtures were shaped by compression molding technique, cured for 7 day saturated relative humidity (RH), and oven dried at 100^oC for 1 day. The properties of WFCB were evaluated, i.e. density, moisture, swelling in water, flexural strength and flexural modulus. It was found that the physical and mechanical properties of WFCB prepared by pretreat was better than wet and dry-mix methods. Their flexural strength were in the range of 5.10-6.46 MPa and flexural modulus were in the range of 743-896 MPa. When amount of fibers was increased, The moisture content thickness swelling of WFCB increased, while the density, flexural strength and flexural modulus decreased. Addition of the Rheobuild[®] increased flowability of cement facilitating in mixing. It was, however, found that the flexural strength and flexural modulus of WFCB were decreased because the amount of water content used in the WFCB with the superplasticizer might be unsuitable in this experiment.

Keywords : Fiber of *Eucalytus* , Woodfiber-Cement Board, Thermomechanical pulp, superplasticizer

บทนำ

ปูนซีเมนต์หรือซีเมนต์ปอร์ตแลนด์บางครั้งเรียกสั้นๆ ว่า ซีเมนต์ (Cement) โดยทั่วไปหมายถึง วัสดุประสานซึ่งสามารถยึดวัตถุชิ้นเล็กๆ เข้าด้วยกัน คำว่า ซีเมนต์ยังครอบคลุมถึงสารซีเมนต์หลายประเภท แต่สำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาและการก่อสร้าง คำว่า “ ซีเมนต์ ” หมายถึง วัสดุผงละเอียดสีเทาหรือสีเทาเข้ม เมื่อผสมน้ำแล้วจะสามารถใช้เป็นวัสดุประสานยึดวัตถุประเภทอิฐ หินและทรายเข้าด้วยกัน ซีเมนต์ประกอบด้วยวัสดุพื้นฐาน คือ แคลเซียมออกไซด์ ซิลิกา อะลูมินาและเหล็กออกไซด์ ด้วยสัดส่วนที่ต่างกันขององค์ประกอบในซีเมนต์ทำให้ได้ซีเมนต์ชนิดต่างๆ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการใช้งาน (ชัย, 2006) ในกระบวนการผลิตซีเมนต์นั้นวัตถุดิบจะถูกบดและผสมตามสัดส่วนที่ต้องการ จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ



1400 ถึง 1600°C หลังการเผาของผสมดังกล่าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงด้วยกระบวนการทางเคมีทำให้ได้เป็นก้อนซีเมนต์ และเมื่อก้อนซีเมนต์เย็นตัวลงกระบวนการขั้นต่อไป คือ การบดให้เป็นผงและมีการเติมยิปซัมลงไปเล็กน้อย เพื่อใช้เป็นสารควบคุมเวลาในการแข็งตัวของซีเมนต์ (สุพิน, 2006)

ไม้ (wood) ถูกนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากไม้มีความสวยงาม คงทน และมีสมบัติที่หลากหลายประการ อีกทั้งไม้ยังเป็นวัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและสามารถปลูกทดแทนใหม่ได้ โดยมีการนำไปใช้เป็นโครงสร้างหลักของอาคารและสิ่งก่อสร้าง มีการใช้ไม้ผลิตเป็นสังกะสีของเครื่องใช้ และเฟอร์นิเจอร์ในหลายลักษณะเพื่อตกแต่ง จากความนิยมใช้ไม้ในประเภทต่างๆ เป็นผลให้ไม้ที่ผลิตจากการปลูกป่าเชิงพาณิชย์ภายในประเทศไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้งาน จึงจำเป็นต้องมีการนำเข้าไม้จากต่างประเทศ ซึ่งไม้นำเข้ามีราคาสูงและมีปริมาณจำกัด ส่งผลให้มีการลักลอบตัดไม้ทำลายป่า ทำให้ป่าไม้ถูกทำลายเพิ่มขึ้นในทุกปี จนถึงปัจจุบันแทบไม่มีป่าสมบูรณ์เหลืออยู่ในประเทศไทย ทำให้เกิดปัญหาธรรมชาติ ความสมดุล เกิดปัญหาอื่นๆ ตามมา เช่น ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล ปรากฏการณ์โลกร้อน เป็นต้น นอกจากนี้ไม้ยังมีข้อเสียอีกหลายประการ เช่น ต้องการการดูแลรักษาทุกๆ 2-3 ปี เพื่อรักษาเนื้อไม้ไม่ให้บิดงอ แตกหัก เกิดการผุกร่อน คุณค่ามากเกิดการบวมตัวสูงและถูกทำลายโดยแมลงต่างๆ เช่น ปลวก มอดได้ง่าย จากข้อเสียดังกล่าวทำให้มีการพัฒนาวัสดุอื่นมาใช้ทดแทนไม้เรียกว่า วัสดุทดแทนไม้

แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (Woodfiber-cement board; WFCB) (Viva board, 2006) เป็นหนึ่งในวัสดุทดแทนไม้ ถูกพัฒนาขึ้นโดยการนำไม้ไผ่เร็วมาบดย่อยและผสมกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ผสมน้ำยาเคมี แล้วอัดด้วยแรงกดสูง ซึ่งเป็นการนำสมบัติโดดเด่นของส่วนผสมสองชนิดมารวมกัน จึงแข็งแรงทนทาน คงทนต่อสภาวะอากาศ ปลอดภัยจากมอด ปลวก เชื้อรา แมลงกินไม้ต่างๆ และทนไฟเหมือนซีเมนต์ แต่น้ำหนักเบา ยืดหยุ่น ใช้งานง่ายและป้องกันความร้อนเหมือนไม้ ส่วนผสมที่เป็นไม้ไม่ผุกร่อนไปตามสภาวะอากาศที่แปรปรวน เนื่องจากการปรับสภาพด้วยสารเคมี มีสมบัติการนำความร้อนต่ำ (ค่า K ต่ำกว่า 0.25 w/mC) มีความหนาแน่นสูง จึงทำหน้าที่เป็นฉนวนกันเสียง ใช้งานง่าย สามารถเลื่อย ตัด เจาะ ตอกตะปู ไม่มีแร่ใยหิน (Asbestos) และสารยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ติดตัวย่าง ประหยัดฐานราก น้ำหนักเบา สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง เช่น รั้ว ผนัง เพดาน เป็นต้น

งานวิจัยที่ผ่านมาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมได้ยังมีสมบัติบางประการที่ยังต้องการการปรับปรุง เช่น การกระจายไม้ซีเมนต์ต่ำ เส้นใยกระจุกตัวทำให้เกิดรอยตำหนิในชิ้นงาน สมบัติบางประการของไม้อัดซีเมนต์ยังต้องการการปรับปรุง เช่น ความแข็งแรงโค้งงอ (flexural strength) โมดูลัสโค้งงอ (flexural modulus) ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์ความชื้น และการพองตัวเมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการปรับปรุงแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3 ผสมเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเยื่อความร้อนแข็งกล โดยทำการเปลี่ยนแปลงลำดับการผสม ศึกษาผลของปริมาณเส้นใยที่มีต่อชิ้นงานและศึกษาผลของซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (Rheobuild[®]) ที่มีต่อชิ้นงาน งานวิจัยนี้เลือกใช้เส้นใยจากยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบ เนื่องจากเป็นไม้ที่มีอยู่มากเป็นที่นิยมปลูกเพื่อการค้า เพราะมีอัตราการเจริญเติบโตสูง ปลูกง่าย โตเร็ว ให้เนื้อไม้มาก เนื้อไม้สวย ราคาถูกและสามารถปลูกทดแทนได้ในระยะเวลาสั้น อีกทั้งเป็นการนำสมบัติเด่นของ



เส้นใยที่ช่วยกระจายแรงได้ดีมาปรับปรุงสมบัติของคอนกรีตให้มีสมบัติหลายอย่างดีขึ้น

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ด้วยเส้นใยยูคาลิปตัส ชนิดเยื่อความร้อนเชิงกลในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ และศึกษาผลของการเติมซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (Rheobuild®) ที่มีต่อสมบัติของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

วิธีการศึกษา

การศึกษาการผลิตแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (Woodfiber-cement board ; WFCB) จากเส้นใยยูคาลิปตัส ชนิดเยื่อความร้อนเชิงกล (Thermomechanical pulp, TMP) โดยทำการศึกษาวิธีการผสมเส้นใยและปูนซีเมนต์ ปริมาณของเส้นใยและการใช้ซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (Rheobuild®) ที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ โดยมีขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3 เกรดการค้า ตราช้าง บริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด
2. เส้นใยยูคาลิปตัส (Eucalyptus) ชนิดเยื่อความร้อนเชิงกล (Thermomechanical Pulp ;TMP)
3. สารละลายโซเดียมซิลิเกต (Sodium silicate) เข้มข้น 40% โดยน้ำหนัก เกรดวิเคราะห์ Lab system Co.Ltd
4. โพแทชอะลูม (Potash alum) เกรดการค้า ศึกษาภัณฑ์พาณิชย์ องค์การอุตสาหกรรม
5. ซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (Rheobuild®) บริษัท BASF Co.,Ltd

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง (Screening machine)
2. เครื่องชั่งอย่างละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง (Electric Balance)
3. ตู้อบ
4. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
5. แม่พิมพ์โลหะสำหรับแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ ขนาด 20 x 20 x 1 cm และ Spacer (แผ่นเหล็กขนาด 38 x 5 x 1 cm)

ปัจจัยที่ศึกษาและทดสอบสมบัติต่างๆ ของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ ในงานวิจัยนี้ มีดังนี้

1. การเตรียมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

- ศึกษาการเตรียมเส้นใยให้เหมาะสมในการเตรียมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์
- ศึกษาผลของซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (Rheobuild®) ที่มีผลต่อแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์
- ศึกษาปริมาณของเส้นใยที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์



2. การทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวหลังแช่น้ำ (มอก. 878-2537)

3. การทดสอบสมบัติเชิงกล ได้แก่ ความแข็งแรงโค้งงอและมอดูลัสโค้งงอ (มอก. 878-2537)

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1 เตรียมวัตถุดิบ

1.1. ปูนซีเมนต์ โดยนำปูนซีเมนต์มาร่อนคัดขนาดด้วยตะแกรงมาตรฐานขนาด 100 - 230 เมช

1.2. เส้นใยยูคาลิปตัส นำเส้นใยยูคาลิปตัสมาร่อนให้มีขนาดเล็กกว่า 80 เมช สำหรับเส้นใยที่ใช้ในการทดลองแบ่งการเตรียมออกเป็น 3 วิธี

- แบบ Wet และ แบบ Dry-mix นำเส้นใยที่ผ่านการร่อนมาอบให้แห้งและทิ้งให้เย็นด้วยเครื่องเคเตอร์

- แบบ Pretreat นำเส้นใยที่ผ่านการร่อนมาแช่ในสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ปริมาณ 2% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปอบให้แห้งและบดให้มีขนาดเล็ก นำมาอบให้แห้งและทิ้งให้เย็นด้วยเครื่องเคเตอร์

2 การเตรียมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

2.1 การเตรียมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์แบบ Wet

กำหนดให้มวลรวมของน้ำหนักซีเมนต์เป็น 520 กรัม (มวลรวมได้แก่ปูนซีเมนต์และเส้นใยยูคาลิปตัส)

- ชั่งเส้นใยในปริมาณที่ต้องการ (5% หรือ 10% โดยน้ำหนักมวลรวม)
- น้ำหนักมวลรวมที่เหลือเป็นน้ำหนักของปูนซีเมนต์
- ปริมาณน้ำที่ใช้คิดเป็น 65% โดยน้ำหนักของมวลรวม
- ชั่งโพแทชอะลัมในปริมาณ 1 % โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์
- ปริมาณซูเปอร์พลาสติกไฮเซออร์ (Rheobuild®) ที่ใช้คิดเป็น 1.5 % โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์
- ชั่งสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ในปริมาณ 2 % โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์

จากนั้นผสมปูนซีเมนต์ โพแทชอะลัม เส้นใยแบบ Wet โดยใช้เครื่องปั่นกวนเชิงกล เทของผสมที่เตรียมได้ลงในแม่พิมพ์โลหะขนาด 20 x 20 x 1 cm ที่รองด้วยแผ่นใส ปิดด้วยแผ่นใสและนำแม่พิมพ์ขนาด 20 x 20 x 1 cm มาปิดทับ นำแม่พิมพ์โลหะไปกดด้วยเครื่องขึ้นรูปที่อุณหภูมิห้องและความดัน 180 kg/cm² ทำการอัดแม่แบบโลหะให้ขึ้นรูป แล้วนำแม่แบบโลหะออกจากเครื่องอัดขึ้นรูป ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วันเพื่อให้ได้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่เซตตัว จากนั้นแกะแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ออกจากแม่แบบโลหะ แล้วนำแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ไปบ่มที่ความชื้นสูง โดยใส่ในภาชนะปิดที่บรรจุน้ำเป็นเวลา 7 วัน นำแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์อบที่อุณหภูมิ 100 ± 3 °C เป็นเวลา 1 วัน เมื่อครบกำหนดแล้วนำแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เป็นไม้อัดซีเมนต์ที่อุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง วัดขนาดและตัดชิ้นทดสอบเพื่อทดสอบคุณสมบัติ

2.2 การเตรียมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์แบบ Dry-mix

เตรียมส่วนผสมเหมือนวิธีการผสมแบบ Wet ผสมปูนซีเมนต์โพแทชอะลัม และเส้นใยแบบ Dry-mix ให้เข้ากันโดยใช้เครื่องปั่นกวนเชิงกล เทของผสมที่เตรียมได้ลงในแม่แบบขนาด 20 x 20 x 1 cm ที่รองด้วยแผ่นใสแล้วสเปรย์ของผสมที่ประกอบด้วยโซเดียมซิลิเกต น้ำและซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (Rheobuild®) ลงบนของผสมที่เตรียมได้ นำแม่แบบโลหะไปกดอัดด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิห้องและความดัน 180 kg/cm² เป็นเวลา 30 นาที และขั้นตอนที่เหลือทำเหมือนวิธีการผสมแบบ Wet

2.3 การเตรียมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์แบบ Pretreat

เตรียมส่วนผสมเหมือนวิธีการผสมแบบ Wet (แต่ไม่ใช่สารละลายโซเดียมซิลิเกต) ผสมปูนซีเมนต์ โพแทชอะลัม เส้นใยแบบ Pretreat โดยใช้เครื่องปั่นกวนเชิงกล เติมน้ำซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (Rheobuild®) และน้ำผสมให้เข้ากัน เทของผสมที่เตรียมได้ลงในแม่แบบขนาด 20 x 20 x 1 cm ที่รองด้วยแผ่นใสแล้วปิดด้วยแผ่นใส นำแม่แบบโลหะขนาด 20 x 20 x 1 cm มาปิดทับและนำไปกดอัดด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิห้องและความดัน 180 kg/cm² เป็นเวลา 30 นาที และขั้นตอนที่เหลือทำเหมือนวิธีการผสมแบบ Wet

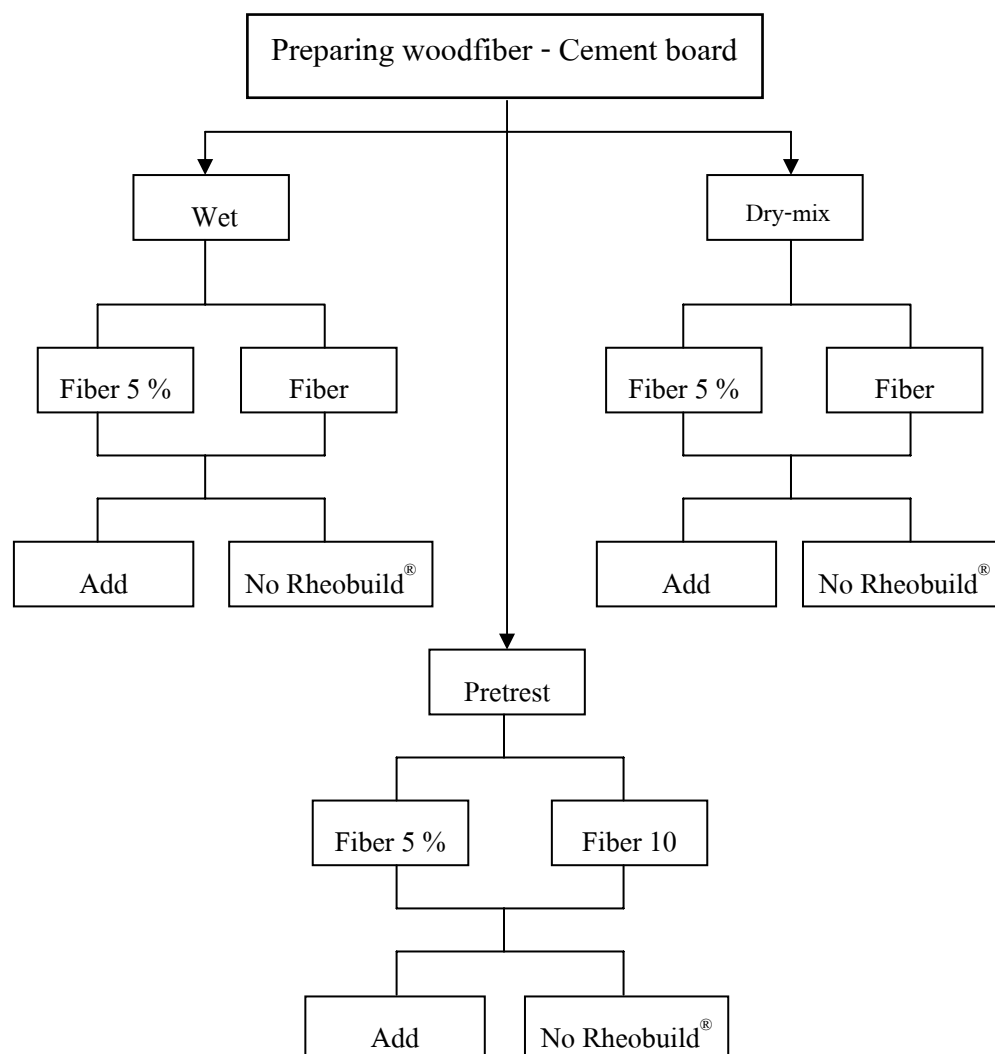


Figure 1. Production of woodfiber-cement



3. การทดสอบทางกายสมบัติและสมบัติเชิงกล

การทดสอบทางกายสมบัติ ได้แก่ การทดสอบค่าความหนาแน่น ค่าความชื้นและค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ และการทดสอบสมบัติเชิงกล ได้แก่ การทดสอบค่าความแข็งแรงโค้งงอและมอดุลัสโค้งงอตามมาตรฐาน มอก. 878 – 2537 (แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง)

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

การศึกษากาการผลิตแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์จากเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกลโดยทำการศึกษาวิธีการผสมเส้นใยและปูนซีเมนต์ ปริมาณของเส้นใยและการใช้ซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (Rheobuild®) ที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์โดยมีผลการศึกษาดังนี้

1. ผลของการใช้วิธีการผสมที่ต่างกัน

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ที่มีวิธีการผสมที่ต่างกันพบว่า ชิ้นงานที่ใช้วิธี Dry-mix จะได้ชิ้นงานที่มีรอยตำหนิที่ผิวของชิ้นงานมากกว่าวิธี Wet และวิธี Pretreat เนื่องจากวิธี Dry-mix น้ำจะแทรกตัวระหว่างของผสมได้ไม่ดี จึงทำให้ชิ้นงานที่ได้มีผิวหน้าที่ไม่เรียบและเกิดรอยตำหนิในชิ้นงานมากกว่าวิธี Wet และวิธี Pretreat ซึ่งเป็นของผสมที่เหลวและไหลได้ง่ายกว่า

2. ผลของปริมาณเส้นใย

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ที่มีวิธีการใช้ปริมาณเส้นใย 10% โดยน้ำหนักพบว่า ชิ้นงานมีการกระจายตัวของเส้นใยในเนื้อปูนซีเมนต์น้อยกว่าชิ้นงานที่มีการใช้ปริมาณเส้นใย 5% เนื่องจากมวลรวมของชิ้นงานเท่ากัน แต่มีการใส่ปริมาณเส้นใยที่ต่างกัน ปริมาณเส้นใยที่มากจะกระจายตัวทั่วทั้งชิ้นงานได้ยาก มีการเกี่ยวพันกันเองของเส้นใยมาก มีการกระจุกตัวของเส้นใยเป็นก้อน จึงทำให้เส้นใยมีการกระจายตัวไม่ดี

3. ผลการใช้ Rheobuild®

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ที่เตรียมจากปูนซีเมนต์ผสมกับเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกล (TMP) โดยใช้ปริมาณเส้นใย 5% และ 10% โดยน้ำหนักพบว่า แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์มีการเติม Rheobuild® ปริมาณ 1.5% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ในขั้นตอนของการผสมเส้นใยปูนซีเมนต์และส่วนผสมต่างๆ พบว่า สามารถผสมกันได้ง่าย ของผสมที่ได้มีลักษณะเหลว ไหลได้ง่ายแม้จะใช้น้ำเป็นส่วนผสมน้อย เมื่อนำของผสมไปขึ้นรูปสามารถขึ้นรูปได้ง่าย เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ไม่มีการใส่ Rheobuild® พบว่า การผสมเส้นใยปูนซีเมนต์และส่วนผสมต่างๆ สามารถผสมกันได้ง่ายกว่าส่วนผสมที่มีการใส่ Rheobuild®

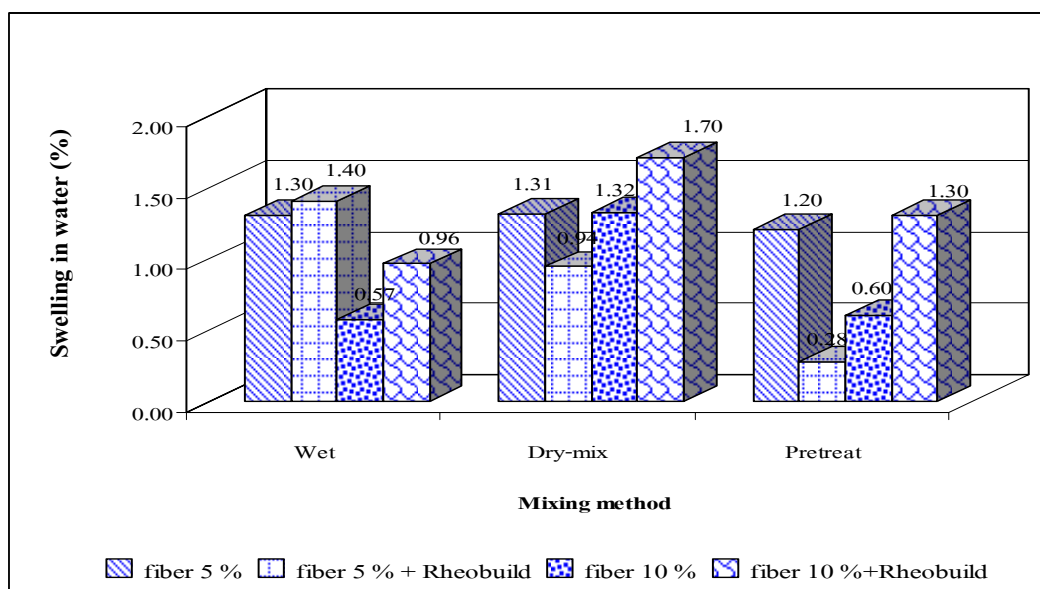
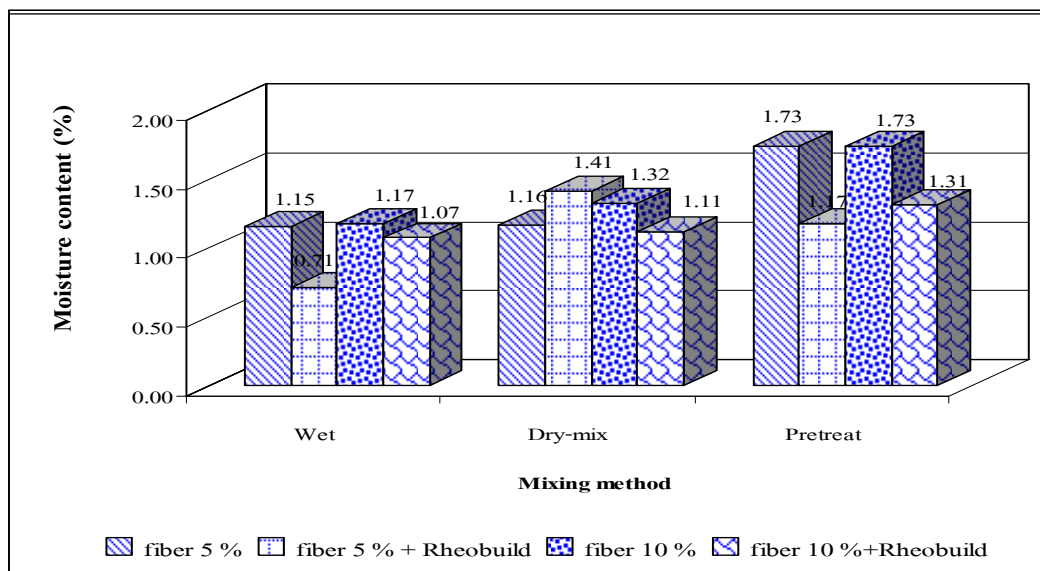
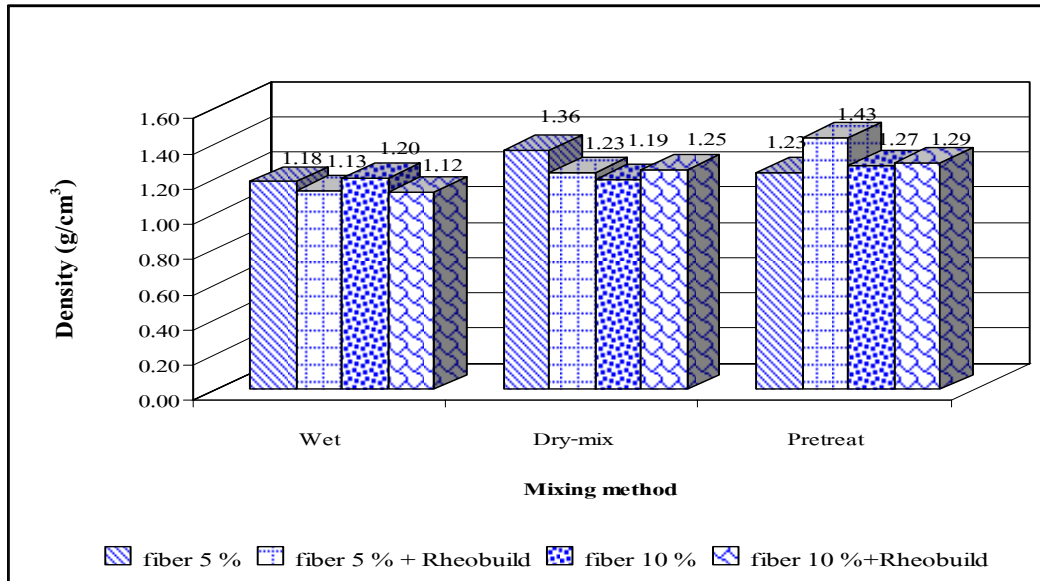


4. ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล

แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์มีผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล ดัง Table 1

Table 1. The result of physical and mechanical properties.

Mixing methods	Fiber loading (% w/w)	Rheobuild [®] (% by cement weight)	Density (g/cm ³)	Moisture content (%)	Swelling in water (%)	Flexural strength (MPa)	Flexural modulus (MPa)
Wet	5%	-	1.18	1.15	1.30	5.37	783.10
		1.50	1.13	0.71	1.40	4.83	663.22
	10%	-	1.20	1.17	0.57	6.50	561.43
		1.50	1.12	1.07	0.96	4.92	415.41
Dry-mix	5%	-	1.36	1.16	1.31	7.51	1141.43
		1.50	1.23	1.41	0.94	7.14	1095.21
	10%	-	1.19	1.32	1.32	3.60	434.96
		1.50	1.25	1.11	1.70	4.32	450.31
Pretreat	5%	-	1.23	1.73	1.20	6.23	896.79
		1.50	1.43	1.17	0.28	6.00	808.27
	10%	-	1.27	1.73	0.60	6.46	786.27
		1.50	1.29	1.31	1.30	5.10	743.69



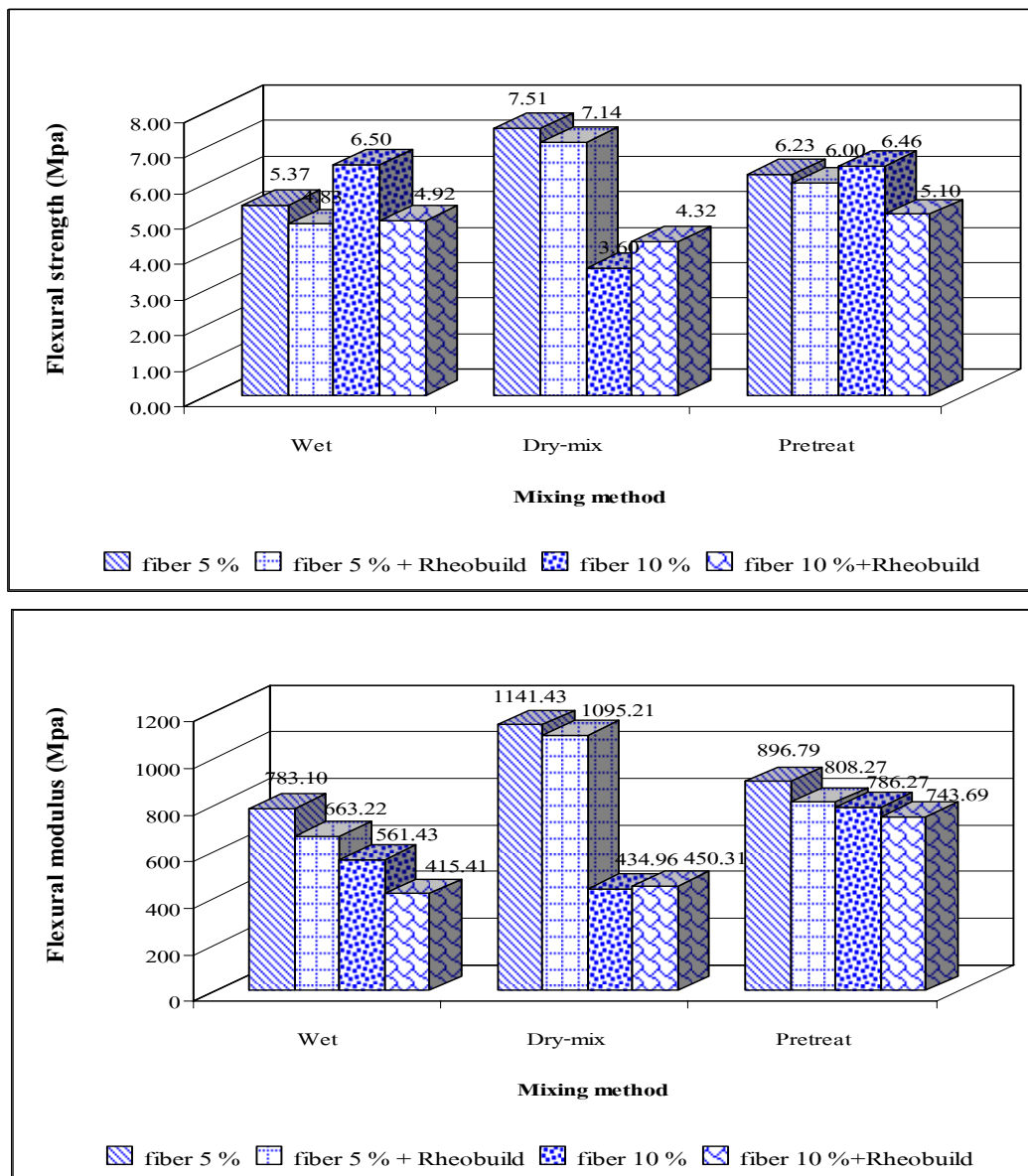


Figure 2. Relationship of physical and mechanical properties with preparation method of woodfiber-cement board from Eucalytus, fiber loading 5 and 10% by weight and superplasticizer (Rheobuild®)

1. ความหนาแน่น

เมื่อนำแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมจากปูนซีเมนต์ผสมเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเชื้อความร้อนเชิงกล (TMP) ที่มีการปรับเปลี่ยนการใช้ปริมาณเส้นใย 5% และ 10% โดยน้ำหนัก นำมาผสมแบบ Wet แบบ Dry-mix และแบบ Pretreat ไปทดสอบหาค่าความหนาแน่นพบว่า แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมได้มีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1.1 -1.4 g/cm³ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์เกรดการค้า (ประมาณ 1.1-1.3 g/cm³)



เมื่อเปรียบเทียบแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีปริมาณเส้นใยแตกต่างกันพบว่า เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเส้นใยมีความหนาแน่นน้อยกว่า ปูนซีเมนต์ ดังนั้นเมื่อสัดส่วนของเส้นใยเพิ่มมากขึ้นทำให้สัดส่วนของปูนซีเมนต์ลดลง จึงทำให้ความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์มีค่าลดลงตามกฎของผสม (Rule of mixture)

เมื่อเปรียบเทียบผลของการเติม Rheobuild® พบว่า ความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมจากวิธีเดียวกันที่เติมและไม่เติม Rheobuild® มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้น Rheobuild® ไม่มีผลต่อความหนาแน่นของชิ้นงาน

2. ความชื้น

ผลการทดสอบค่าความชื้นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีปริมาณเส้นใยที่แตกต่างกันพบว่า ค่าความชื้นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น เนื่องจากเส้นใยมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซีที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยทำให้มีหมู่ไฮดรอกซีเพิ่มมากขึ้น สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้มากขึ้น ส่งผลให้ค่าความชื้นสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบผลของการใช้ Rheobuild® เป็นส่วนผสมพบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมได้จากวิธีเดียวกันที่เติมและไม่เติม Rheobuild® มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้น Rheobuild® ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้น

3. การพองตัวหลังแช่น้ำ

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเส้นใยพบว่า แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีปริมาณเส้นใยมากมีค่าการพองตัวมากกว่าแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีปริมาณเส้นใยน้อย เนื่องจากการพองตัวจะเกิดในส่วนของเส้นใย ดังนั้นแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีปริมาณเส้นใย 10% โดยน้ำหนักจะเกิดการพองตัวมากกว่าแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีปริมาณเส้นใย 5% โดยน้ำหนัก

เมื่อเปรียบเทียบผลของการเติม Rheobuild® พบว่าแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีการเติม Rheobuild® จะมีแนวโน้มค่าการพองตัวสูงกว่าแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่ไม่มีการเติม Rheobuild® เล็กน้อย เนื่องจากการเตรียมที่ใส่ Rheobuild® ไม่ได้ลดปริมาณน้ำที่ใช้ทำให้ปูนเหลวและไหลออกจากๆ ได้มาก ทำให้สัดส่วนของเส้นใยในชิ้นงานซึ่งเป็นส่วนที่เกิดจากการพองตัวมีมากขึ้น จึงทำให้ค่าการพองตัวของชิ้นงานที่เติม Rheobuild® มากกว่าชิ้นงานที่ไม่เติม

4. ความแข็งแรงโค้งงอ

แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมจากเส้นใย 10% โดยน้ำหนัก จะมีการกระจายตัวของเส้นใยได้ยากเนื่องจากมีปริมาณเส้นใยมาก ซึ่งจากการศึกษาพบว่า แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมจากวิธี Wet และวิธี Pretreat มีค่าความแข็งแรงโค้งงอใกล้เคียงกัน เนื่องจากแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมได้มีการกระจายตัวของเส้นใยใกล้เคียงกัน ส่วนแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมจากวิธี Dry-mix มีความแข็งแรงน้อยที่สุด เนื่องจากเส้นใยมีปริมาณมากทำให้เกิดการกระจายตัวของเส้นใยไม่ดี มีการกระจุกตัวเป็นกลุ่มก้อนทั่วทั้งชิ้นงาน จึงทำให้ความแข็งแรงของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์น้อยลง

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเส้นใยที่ใช้พบว่า เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นค่าความแข็งแรงโค้งงอลดลง



เนื่องจากปูนซีเมนต์ที่เป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงหรือมอดูลัสสูงมีส่วนลดลง และเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น การกระจายตัวของเส้นใยยากขึ้น มีการกระจุกตัวเป็นกลุ่มก้อน จึงทำให้ค่าความแข็งแรงโค้งงอของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์มีค่าลดลง

เมื่อเปรียบเทียบผลของการเติม Rheobuild® พบว่า ความแข็งแรงโค้งงอของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่เติม Rheobuild® จะมีค่าน้อยกว่าแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่ไม่เติม Rheobuild® เนื่องจากการผสมใช้ปริมาณน้ำไม่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

5. มอดูลัสโค้งงอ

การเตรียมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่ใช้เส้นใยปริมาณ 5% และ 10% โดยน้ำหนักที่มีการเติมและไม่เติม Rheobuild® และเตรียมแผ่นใยไม้อัดโดยวิธีผสมแบบ Wet แบบ Dry-mix และแบบ Pretreat พบว่า แผ่นใยไม้อัดที่ผสมโดยใช้วิธีผสมแบบ Dry-mix ใช้เส้นใยปริมาณ 5% โดยน้ำหนัก มีค่ามอดูลัสโค้งงอมากที่สุด ส่วนการเตรียมแผ่นใยไม้อัดที่ผสมโดยใช้วิธีผสมแบบ Wet ใช้เส้นใยปริมาณ 10% โดยน้ำหนัก ที่มีการใส่ Rheobuild® มีค่ามอดูลัสโค้งงอน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 1141.43 และ 415.41 MPa ตามลำดับ

สรุปผล

โครงการพิเศษนี้สามารถเตรียมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากปูนซีเมนต์ผสมเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกล (TMP) ด้วยเครื่องอัดขึ้นรูป โดยแบ่งปัจจัยศึกษาออกเป็น 3 ปัจจัย ได้แก่ ลำดับการผสมปริมาณเส้นใยและการใส่ซูเปอร์พลาสติกไฮเซอร์ (Rheobuild®) ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองในแต่ละปัจจัยการศึกษาได้ดังนี้

1. ผลของการเตรียมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

1.1 การผสมแบบ Wet พบว่าเส้นใยกระจายตัวในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ดี ปูนและน้ำผสมเข้ากันได้ดี จึงเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) ดี

1.2 การผสมแบบ Dry-mix พบว่า เส้นใยกระจายตัวในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ดี แต่ปริมาณน้ำอาจจะกระจายไม่ทั่วถึงทั้งชิ้นงาน เนื่องจากการสเปรย์น้ำจะสเปรย์ลงเฉพาะที่ผิวหน้า ถึงแม้ว่าจะมีการกดทับในภายหลังก็ตาม น้ำก็ยังกระจายลงสู่ด้านล่างได้ไม่ดีนัก เพราะฉะนั้นการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) ของปูนจะไม่ดีเท่ากับการผสมแบบ Wet และการผสมแบบ Dry-mix จะทำให้การกระจายตัวของเส้นใยในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ได้ยากเมื่อปริมาณเส้นใยมากขึ้น จึงทำให้ค่าความแข็งแรงโค้งงอและค่ามอดูลัสโค้งงอลดลงมากเมื่อปริมาณเส้นใยมากขึ้น

1.3 การผสมแบบ Pretreat พบว่า เส้นใยเป็นก้อนและมีขนาดเล็ก เนื่องจากหลังจากเคลือบเส้นใยด้วยโซเดียมซิลิเกตเส้นใยแข็งและรวมกัน จึงต้องนำเข้าเครื่องบดเพื่อให้ได้เส้นใยมีขนาดเล็กพอที่จะใช้งานได้ ฉะนั้นหลังจากขึ้นรูปเส้นใยจึงเป็นก้อนๆ กระจายได้ทั่วทั้งชิ้นงาน และในการผสมกันระหว่างปูนและน้ำจะเข้ากันได้ดี จึงเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) ดี แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่ได้มีค่าความชื้นสูงและค่าการพองตัวต่ำ



ดังนั้นแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมด้วยวิธีการผสมแบบ Pretreat ให้สมบัติทางด้านกายสมบัติและสมบัติเชิงกลดีกว่าแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมด้วยวิธีแบบ Wet และแบบ dry-mix ตามลำดับ

2. ผลของปริมาณเส้นใย

เมื่อปริมาณเส้นใยของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์มีค่าเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ค่าความชื้นและการพองตัวเมื่อแช่น้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสจากเส้นใยเพิ่มขึ้น และเนื่องจากเส้นใยมีความหนาแน่น ต่ำกว่าปูนซีเมนต์ เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยจึงทำให้ความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ลดลงเช่นเดียวกับค่าความแข็งแรงโค้งงอที่มีค่าลดลง เนื่องจากเส้นใยที่ใช้เป็นสารตัวเติมชนิดไม่เสริมแรง (Non-reinforcing fillers) ประกอบกับปูนซีเมนต์ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงสูงมีปริมาณลดลง นอกจากนี้เส้นใยที่ใช้เป็นเส้นใยสั้นมีการเกี่ยวพันกับเส้นใยต่ำ จึงมีการถ่ายเทแรงที่ได้รับไม่ดี เป็นผลให้ค่ามอดูลัสโค้งงอของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์มีค่าลดลงเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น

3. ผลของสารเติมแต่งซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (Rheobuild®)

สารเติมแต่งซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (Rheobuild®) ทำให้ปูนซีเมนต์มีสมบัติการไหลที่ดีขึ้น ค่าการพองตัวมีค่าเพิ่มมากขึ้นเล็กน้อย ค่าความแข็งแรงโค้งงอและค่ามอดูลัสโค้งงอลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการผสมใช้ปริมาณน้ำที่ไม่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ จึงทำให้ผลของ Rheobuild® ต่ำกว่าค่าที่คาดไว้

ข้อเสนอแนะ

1. แม่แบบโลหะที่ใช้ควรเป็นแบบแบนเรียบและมีขอบเหล็กกันสองด้านเท่านั้น เนื่องจากถ้าใช้แบบอื่นจะทำให้ปูนสามารถไหลออกจากด้านข้างได้และมีผลต่อค่าความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ด้วย
2. เนื่องจากเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกลเป็นเส้นใยสั้นและดูดน้ำมาก ทำให้ผสมแล้วกระจายตัวได้ยากและไม่เสริมแรง ดังนั้นจึงควรใช้เส้นใยชนิดอื่นที่มีแรงดึงดูระหว่างพื้นผิวน้อยมาใช้แทน
3. เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีการกระจายตัวของเส้นใยที่สม่ำเสมอ ควรใช้อุปกรณ์ช่วยในการผสมที่มีประสิทธิภาพ
4. การนำ Rheobuild® มาใช้งาน ควรปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำที่ใช้ให้เหมาะสม
5. การเตรียมชิ้นงานควรเตรียมให้มีมาตรฐานเดียวกันทุกครั้ง



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโส สังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2006. เรื่องของปูนซีเมนต์. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี. (online). Available: <http://www.digital.lib.kmutt.ac.th/magazine/issue5/articles/article4.html>.
- สุพิน ต่างวิวัฒน์. ปูนซีเมนต์. 2006. (online). Available: <http://www.materail.chula.ac.th/RADIO44/may/radio 5-7.html>
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2537. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง . มอก. 878 – 2537. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ . 23 น.
- Viva board. แผ่นไม้อัดซีเมนต์. 2006. (online). Available: <http://www1.cementthaionline.com /CRC/Product/vivaboard.asp>.



การปรับปรุงแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกล (TMP) ¹

DEVELOPMENT OF WOOD-CEMENT BOARD PREPARED FROM EUCALYPTUS THERMOMECHANICAL PULP (TMP)

ฐาปกรณ์ เข้มเนตรการณ์	(Thapakorn Kamenketkarn) ²
พรพรรณ กาญจนะวรนนท์	(Pornphan Kanchanaworanant) ²
เสริมศิลป์ ไชยศิลป์สังข์	(Sermil Chaisillapasing) ²
ปณณมา สิริพันธ์โนน	(Punnama Siriphannon) ²
อิทธิพล แจ่มชัด	(Ittipol Jangchud) ²
วรธรรม อุ่นจิตติชัย	(Woratham Oonjittichai) ³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงแผ่นไม้อัดซีเมนต์ (Wood-cement board; WCB) จากเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกล (Thermomechanical pulp, TMP) เพื่อใช้เป็นวัสดุทดแทนไม้ในการก่อสร้าง โดยศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อแผ่นไม้อัดซีเมนต์ ได้แก่ ปริมาณของเส้นใย (10 และ 15% โดยน้ำหนักมวลรวม) ประเภทของปูนซีเมนต์ (ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 และประเภทที่ 3) การใส่สารเติมแต่ง (ซิลิกาชนิดละเอียดและแว็กซ์) และปริมาณสารเติมแต่ง (1 2 และ 3% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์) โดยกำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อน้ำเป็น 1:0.8 และ 1:1.2 (เส้นใย 10 และ 15% ตามลำดับ) ในขั้นแรกทำการแช่เส้นใยในสารละลายโซเดียมซิลิเกตเป็นเวลา 1 วัน นำเส้นใยที่ได้มาผสมกับน้ำและปูนซีเมนต์แล้วนำไปอัดขึ้นรูปเป็นแผ่น นำไปบ่มภายใต้ความชื้นสูงเป็นเวลา 3 วัน และอบที่ 100 °C เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความแข็งแรงโค้งงอและมอดูลัสโค้งงอ จากผลการศึกษาพบว่าเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความชื้นและค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำเพิ่มขึ้น แต่ค่าความหนาแน่น ความแข็งแรงโค้งงอ และมอดูลัสโค้งงอลดลง ประเภทของปูนซีเมนต์ที่ใช้ไม่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ แต่มีผลต่อสมบัติเชิงกล คือ ความแข็งแรงโค้งงอและมอดูลัสโค้งงอ โดยปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 จะมีสมบัติเชิงกลดีกว่าการใส่สารเติมแต่ง จะทำให้ค่าความชื้นและการพองตัวลดลงเล็กน้อย ความแข็งแรงโค้งงอและมอดูลัสโค้งงอเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อความหนาแน่น และปริมาณสารเติมแต่งที่เหมาะสมคือ 2% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

คำหลัก : แผ่นไม้อัดซีเมนต์ เส้นใยยูคาลิปตัส เยื่อความร้อนเชิงกล

- 1 โครงการบูรณาการร่วมระหว่างงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 2 คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 3 งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้



ABSTRACT

This research was focused on Wood-Cement Board (WCB) of Eucalyptus fibers prepared from Thermomechanical Pulp (TMP) as artificial wood for construction applications. Factors affecting WCB properties were studied, such as, fiber loading (10 and 15% by weight), type of cement (Type 1 and Type 3), dispersing agent (Fume silica vs. Wax) and its percent loading (1 2 and 3% by weight of cement). Ratios of cement to water used in this work were 1:0.8 and 1:1.2 . The mixtures were shaped by compression molding technique, cured for 3 days in saturated relative humidity (RH) condition, and oven dried at 100 °C for 1 day. The WCB were tested for properties, i.e., density, moisture, swelling in water, flexural strength and flexural modulus. When amount of fibers was increased, the moisture absorption and swelling of WCB were increased, while the density, flexural strength and flexural modulus were decreased. Type of the cement had no effect on physical properties but effects on mechanical properties. WCB made from type 3 cement showed better mechanical properties than those made from type 1 cement. By adding the dispersing agents, slightly decrease in moisture and swelling was observed, whereas flexural strength and flexural modulus were increased. An appropriate amount of a dispersing agent was 2% by weight of cement.

Keywords : Wood-Cement Board , Fiber of Eucalytus , Thermomechanical pulp

บทนำ

ไม้ (Wood) ถูกนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน นอกจากการนำไปใช้เป็นโครงสร้างหลักของอาคาร และสิ่งก่อสร้าง ยังมีการใช้ไม้ผลิตสิ่งของเครื่องใช้และเฟอร์นิเจอร์ในหลายลักษณะเพื่อการตกแต่ง เนื่องจากไม้มีความสวยงาม คงทน และมีสมบัติที่ดีหลายประการ อีกทั้งไม้ยังเป็นวัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และสามารถปลูกทดแทนใหม่ได้ จากความนิยมในการใช้ไม้เพื่องานประเภทต่างๆ เป็นผลให้ปริมาณไม้ที่ผลิตจากการปลูกป่าเชิงพาณิชย์ภายในประเทศไม่เพียงพอับความต้องการใช้งาน จำเป็นต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งไม้นำเข้ามีราคาสูง และมีปริมาณจำกัด ส่งผลให้เกิดปัญหาการลักลอบตัดไม้ทำลายป่า ป่าไม้ถูกทำลายเพิ่มขึ้นทุกปี จนปัจจุบันแทบไม่มีป่าสมบูรณ์เหลืออยู่ในประเทศไทย ทำให้เกิดปัญหาธรรมชาติขาดความสมดุล เกิดปัญหาอื่นๆ ตามมา เช่น ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล ปรากฏการณ์โลกร้อน เป็นต้น นอกจากนี้ไม้ยังมีข้อเสียอีกหลายประการ เช่น ต้องการการดูแลรักษาทุกๆ 2-3 ปี เพื่อรักษาเนื้อไม้ไม่ให้บิดงอ และแตกหัก เกิดการผุกร่อน ดูดน้ำมาก เกิดการบวมตัวสูง และถูกทำลายโดยแมลงต่างๆ เช่น ปลวก มอด ได้ง่าย จากข้อเสียดังกล่าวทำให้มีการพัฒนาวัสดุอื่นมาใช้แทนไม้ เรียกว่า วัสดุทดแทนไม้

แผ่นไม้อัดซีเมนต์ (Wood – cement board; WCB) (บริษัท วิบูลย์พัฒนาอุตสาหกรรม, 2546) เป็นหนึ่งในวัสดุทดแทนไม้ถูกพัฒนาขึ้นโดยการนำไม้ปลูกโตเร็วมาบดย่อย และผสมกับซีเมนต์แล้วกดอัดด้วยแรงสูง



เป็นการนำสมบัติเด่นของส่วนผสมสองชนิดมารวมไว้ด้วยกัน จึงแข็งแรงทนทาน ทนแดด ทนฝน ทนไฟ ทนต่อความชื้น ไม่ผุกร่อน ไม่ยืดหรือหดตัวมาก ทนต่อปลวก มอด เชื้อรา และแมลงกินไม้ต่างๆ เหมือนซีเมนต์ แต่มีน้ำหนักเบา ยืดหยุ่น ใช้งานง่าย ป้องกันความร้อน มีความสวยงาม จึงเป็นวัสดุก่อสร้างที่ทันสมัย ใช้งานสะดวก ง่ายต่อการขนส่ง และมีสมบัติเด่นเหนือวัสดุอื่นๆ โดยสามารถใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอก สิ่งปลูกสร้าง และการใช้งานเฉพาะด้านต่างๆ ในปัจจุบันแผ่นไม้อัดซีเมนต์ (Wood – Cement Board) เป็นที่นิยมในงานก่อสร้างอย่างแพร่หลาย แผ่นไม้อัดที่เตรียมจากซีเมนต์กับไม้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติดีกว่าไม้อัดธรรมดา และยังไม่มีปัญหาเรื่องการเกิดก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์ (Chen and Hwang,-) จึงนิยมนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างโดยเฉพาะบริเวณเส้นศูนย์สูตร (หรือบริเวณที่ฝนตกชุก) นอกจากนี้แผ่นไม้อัดซีเมนต์ดังกล่าวยังมีความเป็นฉนวนทางความร้อนมีความสามารถในการดูดกลืนเสียง มีน้ำหนักเบา ทำให้เสาและคานาไม่ต้องรับน้ำหนักมาก ลดต้นทุนในงานก่อสร้าง และลดปริมาณการใช้ไม้ลงได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง เช่น รั้ว หลังคา ผนัง เพดาน เป็นต้น

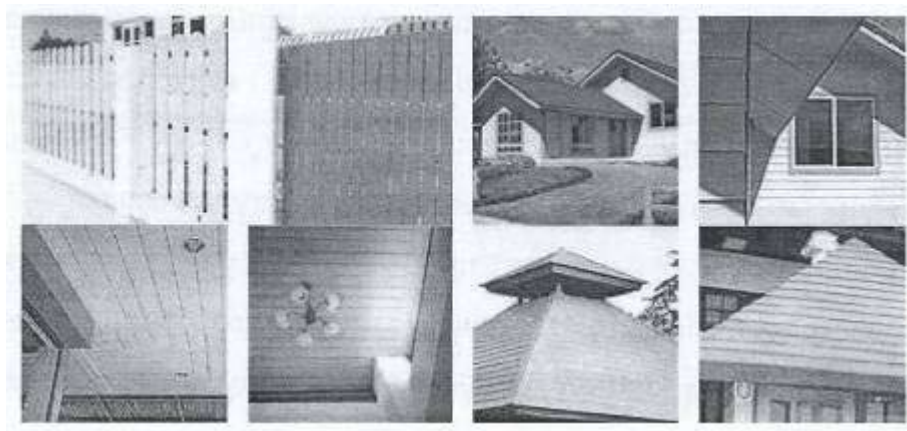


Figure 1. Sample of Wood - Cement Board uses in the construction. (บริษัท โอลิมปิก กระเบื้องไทย จำกัด)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาหาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากคอนกรีตผสมเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกล (Thermomechanical pulp; TMP) (จूरพร และคณะ, 2547) ศึกษาขั้นตอนการเตรียมแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่เหมาะสม รวมถึงศึกษาสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมได้ โดยทำการปรับปรุงวิธีการเตรียมแผ่นไม้อัดซีเมนต์และปริมาณเส้นใยที่ใช้ ทั้งนี้ได้เลือกใช้เส้นใยจากไม้ยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบ เนื่องจากเป็นไม้ที่มีอยู่มาก เป็นที่นิยมปลูกเพื่อการค้า เพราะมีอัตราการเจริญเติบโตสูง ปลูกง่าย โตเร็ว ให้น้ำหนักมาก เนื้อไม้สวย ราคาถูก และสามารถปลูกทดแทนได้ในระยะเวลาสั้น อีกทั้งการนำสมบัติเด่นของเส้นใยที่ช่วยกระจายแรงได้ดีมาปรับปรุงสมบัติของคอนกรีตให้มีความสามารถในการรับแรงและมีน้ำหนักเบา นอกจากนี้ยังเป็นการนำเส้นใยธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ด้วย

วิธีการศึกษา

ปัจจัยศึกษาและการทดสอบคุณสมบัติด้านต่างๆ ของแผ่นไม้อัดซีเมนต์

1. การเตรียมแผ่นไม้อัดซีเมนต์
2. การทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (มอก.878-2537)
3. การทดสอบสมบัติเชิงกล ได้แก่ ความแข็งแรง โค้งงอ และมอดุลัสโค้งงอ (มอก.878-2537)

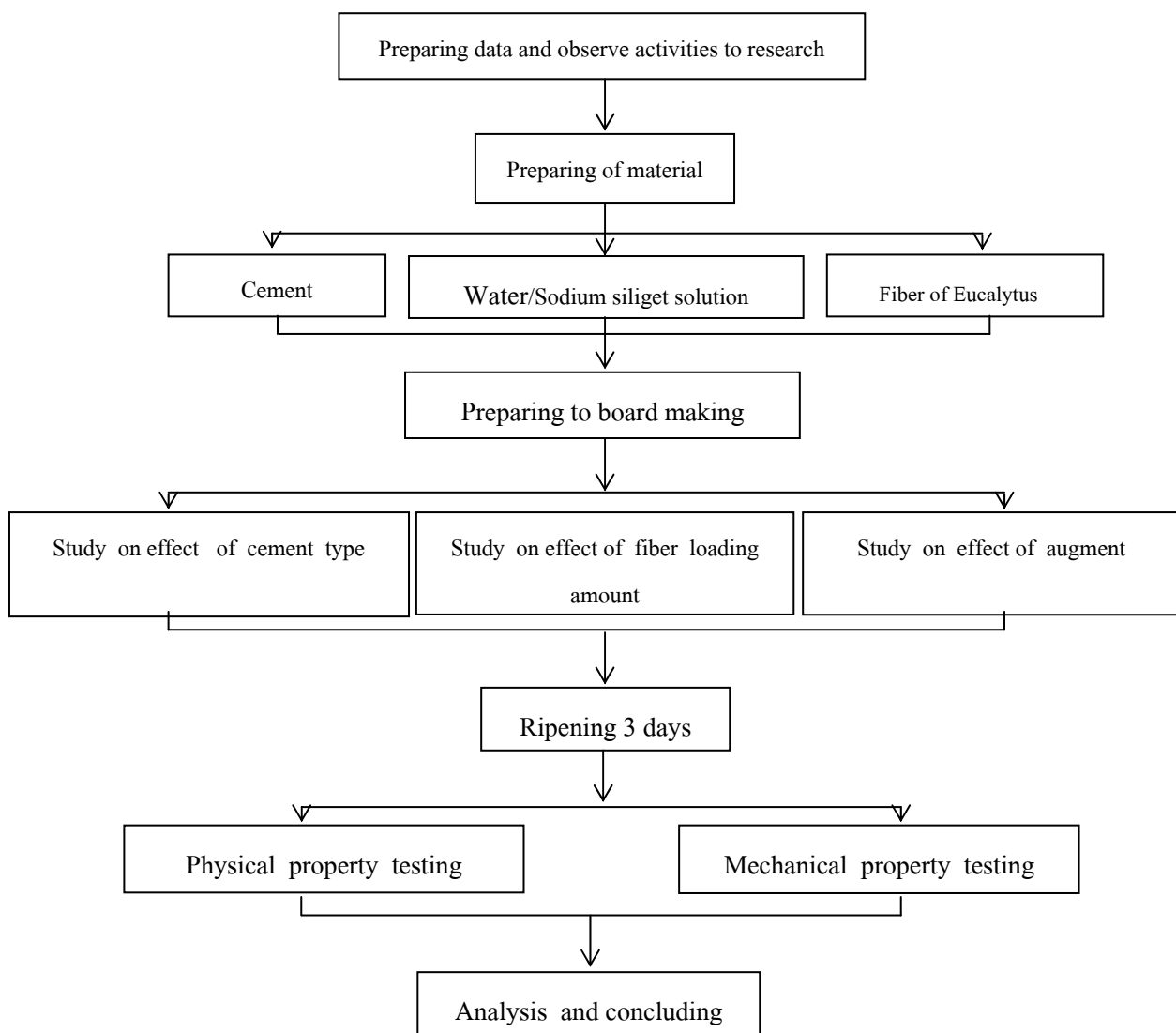


Figure 2. The operation of Wood-Cement Board.

ขั้นตอนการศึกษา

1. การเตรียมวัตถุดิบ

1.1 ปูนซีเมนต์ โดยนำปูนซีเมนต์มาร่อนคัดแยกขนาดด้วยตะแกรงมาตรฐาน ขนาด 100 -230 mesh โดยเลือกใช้ขนาดที่มีปริมาณมากที่สุด



1.2 เส้นใยยูคาลิปตัส นำเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกลมาร่อนคัดขนาดน้อยกว่า 80 mesh จากนั้นนำเส้นใยที่ผ่านการร่อนมาแช่ในสารละลายโซเดียมซิลิเกต เป็นเวลา 1 วัน ก่อนนำไปใช้ในการทดลอง

2. การเตรียมแผ่นไม้อัดซีเมนต์

1. กำหนดให้มวลรวมของแผ่นไม้อัดซีเมนต์เป็น 300 g. (มวลรวม ได้แก่ ปูนซีเมนต์ และเส้นใยยูคาลิปตัส)

- อัตราส่วนน้ำ : ซีเมนต์ (ขึ้นอยู่กับปริมาณเส้นใย)
- ชั่งเส้นใยในปริมาณที่ต้องการ (10 หรือ 15% โดยน้ำหนักมวลรวม)
- น้ำหนักมวลรวมที่เหลือเป็นน้ำหนักของปูนซีเมนต์
- ชั่งสารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณ 2% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์
- ชั่งโพแทชอะลัมในปริมาณ 1% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

2. ผสมเส้นใยกับน้ำและสารละลายโซเดียมซิลิเกตตามอัตราส่วนที่กำหนด คลุกเคล้าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วัน

3. ผสมปูนซีเมนต์กับโพแทชอะลัมให้เข้ากัน จากนั้นจึงนำไปผสมกับเส้นใยที่เตรียมไว้

4. เทของผสมที่เตรียมได้ลงในแม่แบบโลหะขนาด 15 x 15 x 1 m ที่รองด้วยแผ่นใสและที่ขอบแม่แบบมีดินน้ำมันกันไว้ จากนั้นนำปูนซีเมนต์มาโรยบางๆ ที่บริเวณผิวหน้าเพื่อให้ได้ชั้นงานที่มีความเรียบสม่ำเสมอและนำแผ่นโลหะมาปิดทับ

5. นำแม่แบบโลหะไปกดอัดด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิห้องและความดัน 180 MPa เป็นเวลา 30 นาที

6. ทำการยึดแม่แบบโลหะให้คงรูป แล้วนำแม่แบบโลหะออกจากเครื่องอัดขึ้นรูป ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน เพื่อให้แผ่นไม้อัดซีเมนต์เซตตัว

7. แกะแผ่นไม้อัดซีเมนต์ออกจากแม่แบบโลหะ แล้วนำแผ่นไม้อัดซีเมนต์ไปบ่มที่ความชื้นสูง โดยใส่ลงในภาชนะปิดที่บรรจุน้ำ เป็นเวลา 3 วัน

8. นำแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 100 ± 3 °C เป็นเวลา 1 วัน

9. เมื่อครบกำหนดแล้วนำแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่ตั้งทิ้งไว้ เพื่อให้แผ่นไม้อัดซีเมนต์มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง

10. วัดขนาดและตัดชิ้นงาน เพื่อนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ตาม มาตรฐาน มอก. 878- 2537 (แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง)



Figure 3. (a) The model metal of cement-boards. (b) Preparing to board making.

2.1 กรณีศึกษาผลของประเภทของปูนซีเมนต์

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เกรดการค้า

ทำการเตรียมแผ่นไม้อัดซีเมนต์ โดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เกรดการค้า

2. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3 เกรดการค้า

ทำการเตรียมแผ่นไม้อัดซีเมนต์ โดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3 เกรดการค้า

2.2 กรณีศึกษาผลของปริมาณเส้นใย

1. ปริมาณเส้นใย 10%

ทำการเตรียมแผ่นไม้อัดซีเมนต์ โดยชั่งเส้นใยในปริมาณ 10% โดยน้ำหนักมวลรวม และอัตราส่วนน้ำ : ซีเมนต์ = 0.8

2. ปริมาณเส้นใย 15%

ทำการเตรียมแผ่นไม้อัดซีเมนต์ โดยชั่งเส้นใยในปริมาณ 15% โดยน้ำหนักมวลรวม และอัตราส่วนน้ำ : ซีเมนต์ = 1.2

2.3 กรณีศึกษาผลของสารเติมแต่ง

1. ซิลิกาชนิดละออง

- ใส่ซิลิกาชนิดละออง 1% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ลงในเส้นใยที่ผ่านการผสมกับน้ำและสารละลายโซเดียมซิลิเกต แล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นทำตามขั้นตอนการเตรียมแผ่นไม้อัดซีเมนต์
- ปรับปริมาณซิลิกาชนิดละอองที่ใช้จาก 1% เป็น 2 และ 3%

2. แวกซ์ Supershine C®

- ใส่แวกซ์ 2% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ลงในเส้นใยที่ผ่านการผสมกับน้ำและสารละลายโซเดียมซิลิเกต แล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นทำตามขั้นตอนการเตรียมแผ่นไม้อัดซีเมนต์



Table 1. The radio mixed to wood-cement board.

Sample	Amount of fibers (%)	Formula of cement	Quantity of fiber (g)	Quantity of cement (g)	Quantity of water (g)	Quantity of Sodium silicate solution (g)	Quantity of Potassium alum (g)	Quantity of Silica (g)	Quantity of wax (g)
10/1	10	1	30	270	216	5.4	2.7	-	-
10F/1			30	270	216	5.4	2.7	2.7 5.4 8.1	
10/3		3	30	270	216	5.4	2.7	-	
10F/3			30	270	216	5.4	2.7	2.7 5.4 8.1	
10W/3			30	270	216	5.4	2.7	-	5.4
15/1	15	1	45	255	306	5.1	2.55	-	-
15F/1		1	45	255	306	5.1	2.55	5.1	
15/3		3	45	255	306	5.1	2.55	-	
15F/3		3	45	255	306	5.1	2.55	5.1	

Note : F = Adding Silica, W = Adding Wax

3. การทดสอบสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การดูดซึมน้ำและการพองตัวหลังแช่น้ำ และการทดสอบคุณสมบัติทางกล ได้แก่ ความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่นและแรงดัดงอตั้งฉากกับผิวหน้า ทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 878- 2537 (แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง)

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ในงานวิจัยนี้ ได้นำเส้นใยคัลลิปต์ชนิดเชื้อความร้อนเชิงกล (Thermomechanical pulp;TMP) มาทำแผ่นไม้อัดซีเมนต์ โดยมาผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Cement Portland) ประเภทที่ 1 และประเภทที่ 3 เส้นใยที่ใช้มีขนาดน้อยกว่า 80 mesh โดยปรับเปลี่ยนปริมาณเส้นใยเป็น 10 และ 15% โดยน้ำหนัก และใช้ปูนซีเมนต์ต่อน้ำในอัตราส่วนโดยมวลเป็น 1:0.8 และ 1:1.2 ตามลำดับ จากนั้นนำแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมได้มาทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ทดสอบสมบัติเชิงกล ได้แก่

ความแข็งแรงโค้งงอ (Flexural strength) โมดูลัสโค้งงอ (Flexural modulus) และลักษณะทางกายภาพ ซึ่งแสดงผลการทดลองดังนี้

1. ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพ

1.1 ผลการศึกษาผลของสารเติมแต่งซิลิกาชนิดละออง

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมจากปูนซีเมนต์ผสมกับเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกล (Thermomechanical pulp : TMP) ที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมซิลิเกตโดยใช้ปริมาณเส้นใย 10 และ 15% โดยน้ำหนักพบว่า แผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่มีการใช้ซิลิกาชนิดละอองผสมกับเส้นใยยูคาลิปตัส ภายหลังการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมซิลิเกตในขั้นตอนการผสมเส้นใยกับปูนซีเมนต์และส่วนผสมต่างๆ สามารถผสมกันได้ง่าย ชิ้นงานที่ได้แข็งแรงรูป อย่างไรก็ตามเส้นใยมีการเกาะกลุ่มรวมกันเป็นก้อนและกระจายไม่สม่ำเสมอทั่วชิ้นงาน แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ไม่มีการใช้ซิลิกาชนิดละอองพบว่า ในขั้นตอนการผสมเส้นใยกับปูนซีเมนต์และส่วนผสมต่างๆ สามารถผสมกันได้ง่ายกว่าส่วนผสมที่มีการใช้สารเติมแต่งซิลิกาชนิดละออง และเมื่อนำของผสมไปขึ้นรูปพบว่า สามารถขึ้นรูปเป็นชิ้นงานได้ เส้นใยมีการกระจายตัวในแผ่นซีเมนต์ที่ดีกว่า และผลการศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกลที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมซิลิเกตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่า เส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกล (TMP) มีอนุภาคของสารโซเดียมซิลิเกตเคลือบผิวของเส้นใย (จूरिพรและคณะ, 2547) และเมื่อเปรียบเทียบกับสัณฐานวิทยาของเส้นใยที่ใช้สารเติมแต่งซิลิกาชนิดละออง พบว่า เส้นใยมีการเกาะกันเป็นก้อน มีสารรูปร่างทรงกลมล้อมรอบเส้นใย มีขนาดประมาณ 50 - 200 μm ซึ่งสารดังกล่าว คือ ซิลิกาชนิดละออง ลักษณะดังกล่าวเป็นผลให้เส้นใยไม่กระจายตัวในเนื้อปูน

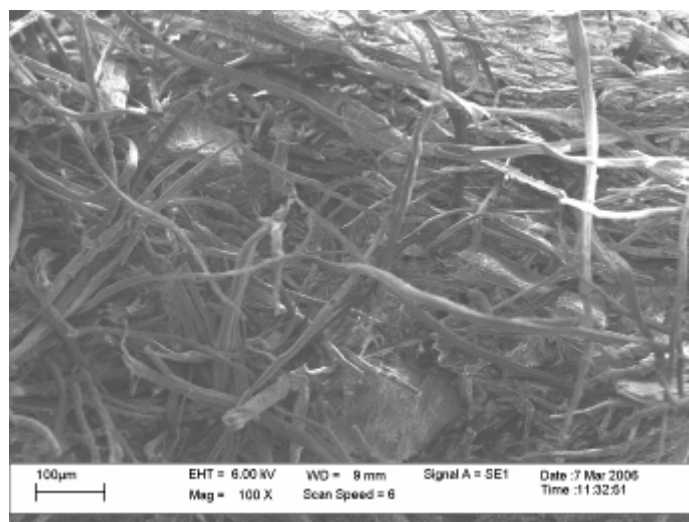


Figure 4. SEM , Characteristic of Eucalyptus fiber.

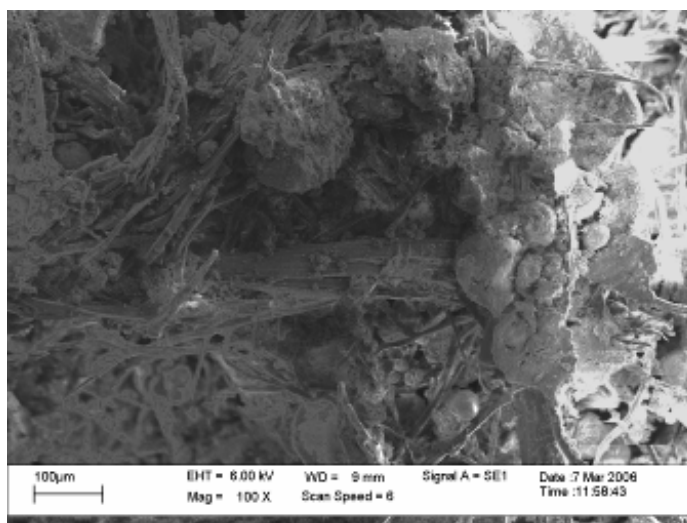


Figure 5. SEM , Fractured surface of Wood-Cement Board.(adding Silica 2% by weight of cement)

1.2 การศึกษาการใช้สารเติมแต่งแวกซ์ Super shine C®

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่มีการใช้สารช่วยกระจายตัวแวกซ์แทนซิลิกาชนิดละออง ในการผสมเส้นใยที่มีการเติมแวกซ์กับซีเมนต์ และส่วนผสมต่างๆ พบว่า ของผสมมีลักษณะร่วนซุย ผสมเข้ากันได้ง่าย แต่เมื่อนำมาขึ้นรูปเป็นชิ้นงานพบว่า ไม่เกิดการแข็งตัวของชิ้นงาน จึงไม่สามารถนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและเชิงกลได้ ผลดังกล่าวสันนิษฐานว่า เนื่องจากแวกซ์เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีทั้งส่วนที่มีขั้วและไม่มีขั้วในโมเลกุลเดียวกัน มีพลังงานยึดติดที่พื้นผิว (Surface energy) ต่ำความสามารถในการยึดติดต่ำ และแวกซ์ไปเคลือบบริเวณผิวสัมผัสระหว่างเส้นใยกับปูนซีเมนต์ส่งผลให้การยึดติดระหว่างปูนกับเส้นใยเกิดไม่ดี

2. ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ

2.1 ความหนาแน่น

เมื่อนำแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมจากปูนซีเมนต์ผสมกับเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเชื้อความร้อนเชิงกล (TMP) ที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมซิลิเกตโดยใช้ปริมาณเส้นใย 10 และ 15 % โดยน้ำหนักไปทดสอบหาค่าความหนาแน่นพบว่า แผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมได้มีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1.1-1.3 g/cm³ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับแผ่นไม้อัดซีเมนต์เกรดการค้า (ประมาณ 1.1-1.3 g/cm³)

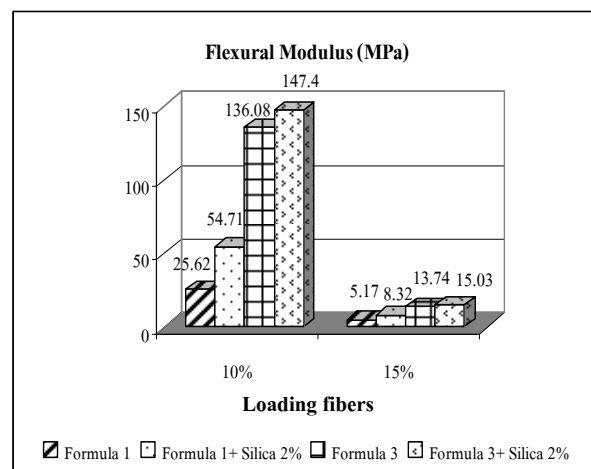
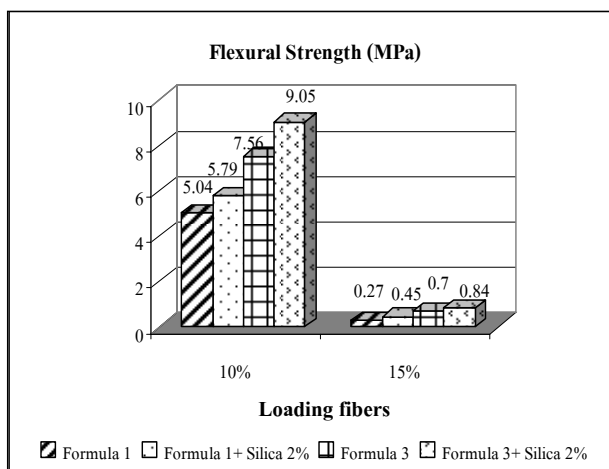
เมื่อเปรียบเทียบแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่มีปริมาณเส้นใยแตกต่างกันพบว่า เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความหนาแน่นของแผ่นไม้อัดซีเมนต์มีแนวโน้มลดลง เมื่อเปรียบเทียบผลของประเภทปูน (ประเภทที่ 1 และ 3) และการใช้สารเติมแต่ง คือ ซิลิกาชนิดละออง (Fume silica) กับไม่ใช้สารเติมแต่งพบว่าความหนาแน่นของแผ่นไม้อัดซีเมนต์มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากสารเติมแต่งที่ใส่ลงไปเพื่อทำหน้าที่เพียงช่วยให้การผสมง่ายขึ้นเท่านั้น ประกอบกับปริมาณที่เติมลงไปมีค่าน้อยมาก (2% โดยน้ำหนักของปูน) ดังนั้นเมื่อใช้ปริมาณเส้นใยเท่ากันค่าความหนาแน่นของแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่ได้จึงใกล้เคียงกัน

2.2 ความชื้น

ผลการทดสอบค่าการดูดความชื้นของแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่มีปริมาณเส้นใยที่แตกต่างกันพบว่า ความชื้นของแผ่นไม้อัดซีเมนต์มีค่าอยู่ในช่วง 1.9 – 2.4 % ซึ่งมีความน้อยกว่าแผ่นไม้อัดซีเมนต์เกรดการค้าที่เตรียมจากชิ้นไม้ซึ่งมีปริมาณความชื้นถึง $12 \pm 3\%$ เนื่องจากว่าเกรดการค้าใช้ชิ้นไม้ในปริมาณมากกว่า (อัตราส่วนโดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ : ชิ้นไม้ เป็น 1.78) จะเห็นได้ว่าความชื้นของแผ่นไม้อัดซีเมนต์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบผลของประเภทของปูนและผลของสารเติมแต่งซิลิกาชนิดละอองพบว่า ความชื้นของแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมได้มีค่าใกล้เคียงกัน

2.3 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ

การทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 878- 2537 (แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง) เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณเส้นใยมีผลให้ค่าการพองตัวของแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่มีปริมาณเส้นใย 15% มีค่าการพองตัวสูงกว่าที่ 10% นอกจากนี้การที่มีปริมาณเส้นใยมากขึ้นส่งผลให้เกิดรอยต่อระหว่างวัฏภาคระหว่างปูนซีเมนต์กับเส้นใยมากขึ้น ซึ่งเป็นตำแหน่งที่โมเลกุลของน้ำแทรกตัวเข้าไปได้ง่าย จึงทำให้แผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่มีปริมาณเส้นใย 15% มีค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำมากกว่าแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่มีปริมาณเส้นใย 10% เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่มีการใส่สารเติมแต่ง คือ Fume silica กับไม่ใส่สารเติมแต่งพบว่า แผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่มีการใส่สารเติมแต่ง 2% โดยน้ำหนักเทียบกับปูน มีค่าการพองตัวต่ำกว่าเล็กน้อยทำให้โมเลกุลของน้ำแทรกตัวเข้าไปได้ลดลง ในขณะที่แผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่ไม่ใส่สารเติมแต่งจะมีการกระจายตัวของเส้นใยที่ดีกว่า มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น โมเลกุลของน้ำสามารถแทรกเข้าไปได้มากกว่า ทำให้แผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่ไม่ใส่สารช่วยการกระจายตัวมีค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำมากกว่า ดังนั้น การใส่สารเติมแต่งลงไปมีผลให้ค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำลดลง เนื่องจากการใส่สารเติมแต่งลงไปทำให้การกระจายตัวของเส้นใยภายในแผ่นไม้อัดซีเมนต์ไม่ดี เกิดการรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน เกิดรอยต่อระหว่างวัฏภาคลดลง โมเลกุลของน้ำแทรกตัวเข้าไปได้น้อยลงและค่าการพองตัวจึงลดลง



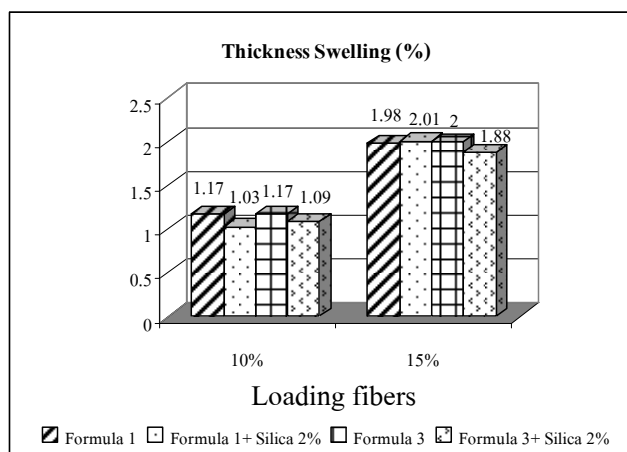


Figure 6. Physical properties of Wood-Cement Board from Eucalyptus using fiber size less than 80 mesh and cement Formula 1 and 3 without adding silica 2%.

3. ผลการศึกษาคุณสมบัติเชิงกล

3.1 ความแข็งแรงโค้งงอ (Flexural Strength)

จากการทดลองพบว่า ค่าความแข็งแรงโค้งงอของแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมโดยใช้เส้นใยที่ผ่านการบำบัดด้วยสารละลายโซเดียมซิลิเกตมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น เนื่องจากเส้นใยคาบิปลัสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกล (TMP) ในงานวิจัยนี้เป็นสารตัวเติมชนิดไม่เสริมแรง (Non-reinforcing fillers) ไม่สามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับวัสดุได้ ประกอบกับปูนซีเมนต์ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความแข็งหรือมอดูลัสสูงมีปริมาณลดลง นอกจากนี้เส้นใยที่ใช้มีความยาวค่อนข้างสั้น (ประมาณ 150-850 μm) มีการถ่ายเทแรงที่ได้รับไม่ดี จึงทำให้ค่าความแข็งแรงโค้งงอของแผ่นไม้อัดซีเมนต์มีค่าลดลงเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น

ผลของการศึกษาประเภทของปูนซีเมนต์พบว่า ค่าความแข็งแรงโค้งงอของแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมจากปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 มีค่าความแข็งแรงโค้งงอสูงกว่าแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมได้จากปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 เนื่องจากปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 มีการเพิ่มองค์ประกอบบางตัวลงไป ซึ่งทำให้มีการพัฒนากำลังอัดอย่างรวดเร็วในระยะแรก โดยองค์ประกอบดังกล่าวคือ $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ซึ่งในปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ไม่มีองค์ประกอบดังกล่าว ดังนั้นค่าความแข็งแรงโค้งงอของแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมได้จากปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 จึงมีค่าสูงกว่าแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมได้จากปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1

ผลของการศึกษาสารเติมแต่งพบว่า แผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่มีการใส่สารช่วยการกระจายตัวมีค่าความแข็งแรง โค้งงอสูงกว่าแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่ไม่ใส่สารเติมแต่ง เนื่องจากการใส่สารเติมแต่งลงไปจะทำให้เส้นใยมีการกระจายตัวไม่ดี เกิดการรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน ส่งผลให้ส่วนที่เป็นวัฏภาคต่อเนื่องคือปูนซีเมนต์มีความต่อเนื่องมากยิ่งขึ้นจึงสามารถรับแรงได้มากขึ้น ในขณะที่แผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่ไม่ใส่สารเติมแต่งจะมีการกระจายตัวของเส้นใยที่ดี มีความสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น ทำให้ส่วนที่เป็นวัฏภาคต่อเนื่องซึ่งเป็นส่วนที่มีความแข็งแรงมีความต่อเนื่องลดลง จึงทำให้ความแข็งแรงของวัสดุลดลง สำหรับผลของปริมาณสารช่วยการกระจายตัวเมื่อทำการทดลองใส่สารเติมแต่งในปริมาณ 1 2 และ 3% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ตามลำดับพบว่า แผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่ใส่สารเติมแต่งปริมาณ 2% มีค่าความแข็งแรงโค้งงอสูงที่สุด เนื่องจากเมื่อใส่มากเกินไป

เส้นใยจะมีการรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนขนาดใหญ่ ซึ่งกลุ่มก้อนเหล่านี้จะกลายเป็นจุดบกพร่องของชิ้นงานไม้สามารถถ่ายเทแรงที่ได้รับต่อไปได้ทำให้มีค่าความแข็งแรงโค้งงอลดลง แต่ถ้าใส่น้อยเกินไปเส้นใยจะมีการกระจายดีเกินไป ส่งผลให้ส่วนที่เป็นวัฏภาคต่อเนื่องที่มีความแข็งแรงสูงมีความต่อเนื่องลดลงจึงรับแรงได้น้อยลง

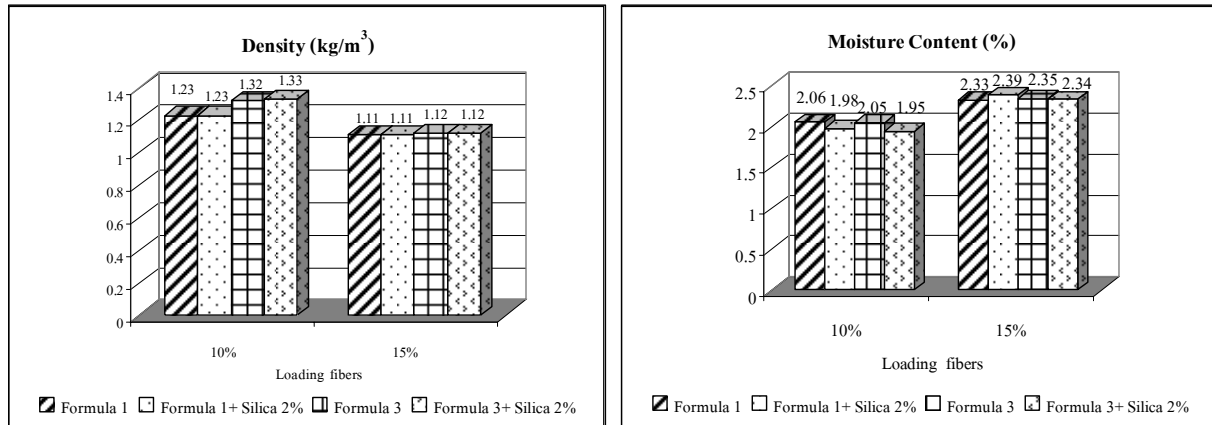


Figure 7. Mechanical properties of Wood-Cement Board from *Eucalyptus* using fiber size less than 80 mesh on Formula 1 and 3 with and without adding silica 2%.

3.2 มอดูลัสโค้งงอ (Flexural Modulus)

ผลการทดสอบความแข็งแรงโค้งงอของแผ่นไม้อัดซีเมนต์ด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal tester) โดยใช้ Load cell ขนาด 5 kN แล้วคำนวณค่ามอดูลัสโค้งงอ

จากการศึกษาพบว่า ค่ามอดูลัสโค้งงอของเส้นใยที่ผ่านการบำบัดด้วยสารละลายโซเดียมซิลิเกตมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น เนื่องจากสัดส่วนของเส้นใยเพิ่มขึ้นและปริมาณปูนซีเมนต์ลดลงทำให้แผ่นไม้อัดซีเมนต์มีความแข็งแรงลดลงตามกฎของการผสม (Rule of mixer) ส่วนผลของประเภทปูนซีเมนต์การใส่สารเติมแต่ง และปริมาณสารเติมแต่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับกรณีของค่าความแข็งแรงโค้งงอ

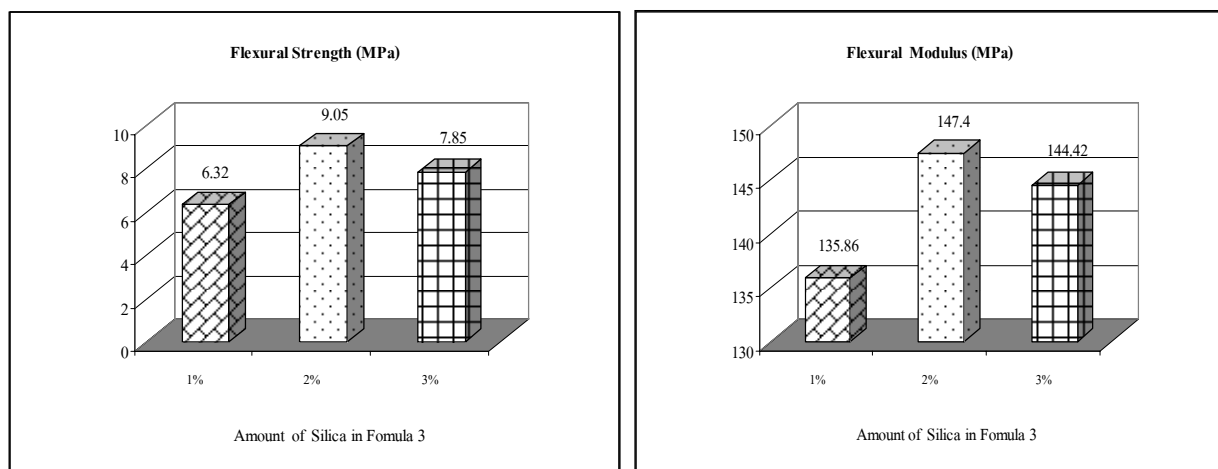


Figure 8. Mechanical properties of Wood-Cement Board from *Eucalyptus* adding silica 1 2 and 3% on formula 3.



สรุปผล

โครงการพิเศษนี้สามารถเตรียมแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากปูนซีเมนต์ผสมเส้นใยคาบิลิปัตสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกล (TMP) ด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปได้ โดยแบ่งปัจจัยศึกษาออกเป็น 4 ปัจจัย ดังนี้

1. ผลของประเภทของปูนซีเมนต์

ประเภทของปูนซีเมนต์ที่ใช้ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เกรดการค้าประเภทที่ 1 และ 3 พบว่าแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมได้จากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เกรดการค้าประเภทที่ 3 มีค่าความแข็งแรงโค้งงอและมอดูลัสโค้งงอสูงกว่าแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมได้จากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เกรดการค้าประเภทที่ 1 แต่ไม่มีผลต่อค่าความหนาแน่น ความชื้นและค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

2. ผลของปริมาณเส้นใย

เมื่อปริมาณเส้นใยในแผ่นไม้อัดซีเมนต์มีค่าเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความชื้นและการพองตัวเมื่อแช่น้ำเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับค่าความแข็งแรงโค้งงอและมอดูลัสโค้งงอที่มีค่าลดลง เนื่องจากเส้นใยที่ใช้เป็นสารตัวเติมชนิดไม่เสริมแรง (Non-reinforcing fillers) ประกอบกับปูนซีเมนต์ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงสูง มีปริมาณลดลง นอกจากนี้เส้นใยที่ใช้เป็นเส้นใยสั้น มีการเกี่ยวพันของเส้นใยต่ำ จึงมีการถ่ายเทแรงที่ได้รับไม่ดี เป็นผลให้ค่ามอดูลัสโค้งงอของแผ่นไม้อัดซีเมนต์มีค่าลดลงเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น

3. ผลของสารเติมแต่ง

3.1 สารเติมแต่งซิลิกาชนิดละอองมีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใย โดยแผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่มีการใส่สารเติมแต่งลงไปจะมีการกระจายตัวของเส้นใยไม่ดี เกิดการรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน ส่งผลต่อสมบัติเชิงกล ได้แก่ ความแข็งแรงโค้งงอและมอดูลัสโค้งงอมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพ

3.2 แผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่ใช้สารเติมแต่งแว็กซ์ลงไป ทำให้ของผสมร่วนซุย ผสมเข้ากันได้ง่าย แต่ไม่เกิดการแข็งตัวของชิ้นงาน ไม่สามารถนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและเชิงกลได้

4. ผลของปริมาณสารเติมแต่ง

เมื่อทำการใส่สารเติมแต่งลงไปปริมาณที่แตกต่างกันพบว่า ถ้าใส่สารเติมแต่ง 1% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ จะส่งผลให้ค่าความแข็งแรงโค้งงอและมอดูลัสโค้งงอลดลงต่ำลง แต่ถ้าใส่สารเติมแต่งในปริมาณ 3% โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ จะส่งผลให้ค่าความแข็งแรงโค้งงอและมอดูลัสโค้งงอลดลงต่ำลงเช่นกัน เนื่องจากการรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนขนาดใหญ่ของเส้นใย ดังนั้นปริมาณสารเติมแต่งที่เหมาะสมทำให้ค่าความแข็งแรงโค้งงอและมอดูลัสโค้งงอที่ดีที่สุด คือ 2% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

ข้อเสนอแนะ

1. เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีการกระจายตัวของเส้นใยที่สม่ำเสมอ ควรใช้เทคนิคการผสมให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทุกครั้ง โดยใช้อุปกรณ์ช่วยในการผสมที่มีประสิทธิภาพ



2. แม่แบบโลหะที่ใช้อยู่ทำให้ชิ้นงานแกะออกได้ยาก และชิ้นงานบริเวณขอบได้รับความเสียหายในขั้นตอนการแกะชิ้นงาน จึงควรปรับปรุงแม่แบบโลหะใหม่
3. แม่แบบโลหะที่ใช้อยู่จะเกิดการบิดเบี้ยว ทำให้ผิวหน้าชิ้นงานไม่เรียบ รูปทรงที่ได้ในแต่ละครั้งไม่แน่นอน จึงควรปรับปรุงแม่แบบโลหะ
4. เนื่องจากเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกลเป็นเส้นใยสั้น คุณค่ามาก ทำให้ผสมเข้ากันยากไม่เสริมแรง จึงควรใช้เส้นใยแทนเส้นใยหรือใช้เส้นใยแบบที่อัดเป็นแผ่น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโส สังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- บริษัท วิบูลย์วัฒนอุตสาหกรรม. 2546. แผ่นไม้อัดซีเมนต์อเนกประสงค์ (Wood Cement Board). [online]. Available: <http://www.viva.co.th>
- บริษัท โอлимпิก กระเบื้องไทย จำกัด. แผ่นซีเมนต์ใยไม้อัดเชอร์ราเฟลิกซ์บอร์ด.[online]. Available: <http://www.shera.co.th>
- จิรพร นันทรักษ์ ชูขวัญ ปันแจ่ม และปรีดถกร ทรัพย์ประภา. 2547. การศึกษาเบื้องต้น แผ่นไม้อัดซีเมนต์ที่เตรียมจากเส้นใยยูคาลิปตัสชนิดเยื่อความร้อนเชิงกล. ปรินญาวิทยาสาสตรบัณฑิต, สาขาเคมีอุตสาหกรรม, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2532. แผ่นชิ้นงานไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (มอก.878-2532). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ
- Chen T.Y. and Hwang S.R._Effect of Wood Species on the properties of Cement-Bonded Wood Particleboard. Department of Forestry, National Chung University, Taichuang,Taiwan. 554-564 p.



การศึกษาปริมาณความชื้นของชิ้นไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ที่มีผลต่อการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

EFFECT AFFECTING OF MOISTURE CONTENT OF PARTICLE FROM EUCALYPTUS CAMALDULENSIS ON PARTICLEBOARD PROPERTIES

วรรณธรรม อุ่นจิตติชัย (Woratham Oonjittichai ¹)

ชนิษฐา ชำนาญกิจ (Khanistha Chamnangit ¹)

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณความชื้นของชิ้นไม้ที่มีผลต่อการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากชิ้นไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส กำหนดความชื้นของชิ้นไม้ก่อนผสมกาว 5 10 และ 15 % โดยทำการวิเคราะห์ขนาดของชิ้นไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสก่อนการผลิตแผ่นปรากฏว่า ชิ้นไม้ที่ค้างอยู่บนตะแกรง 20 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด เท่ากับ 86.41 มีสัดส่วนความเพียวเท่ากับ 22.12

เมื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และการพ่นค่าความเป็นกรดเป็นด่างของไม้ปรากฏว่าชิ้นไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสมีค่าความเป็นกรดสูงกว่าไม้ยางพารา แต่มีค่าความเป็นกรดน้อยกว่าไม้อะเคเซียออลาโคคาปา และมีการพ่นค่าความเป็นกรดต่ำกว่าไม้ยางพารา แต่มีค่าพ่นค่าความเป็นกรดและเป็นด่างสูงกว่าไม้อะเคเซียออลาโคคาปา

ผลการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากชิ้นไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ปรากฏว่าการใช้ชิ้นไม้ที่มีความชื้นก่อนผสมกาว 10 % จะทำให้คุณสมบัติทางกายสมบัติ ได้แก่ การพองตัวหลังแช่น้ำ การดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำของแผ่นดีที่สุด และค่าความชื้นของแผ่นทุกสภาวะมีค่าใกล้เคียงกัน คุณสมบัติทางกลสมบัติ ได้แก่ ความต้านทานแรงดัด และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ชิ้นไม้ที่มีความชื้นก่อนผสมกาว 5 % จะมีค่าการทดสอบดีที่สุด แต่ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นที่ใช้ชิ้นไม้ที่มีความชื้นก่อนการผสมกาว 15 % มีค่าดีที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboards (type 13) ปรากฏว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าความต้านแรงดัดและความชื้นของแผ่นผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกความชื้นของชิ้นไม้ ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมีเพียงความชื้นของชิ้นไม้ก่อนผสมกาว 15 % ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีเพียงความชื้นของชิ้นไม้ก่อนการผสมกาว 5% ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และค่าการพองตัวหลังแช่น้ำทุกสภาวะไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

คำหลัก : ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

¹ งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้



ABSTRACT

The study on moisture content of particles from *Eucalyptus camaldulensis* before product at 5% 10% and 15 % had effected on particleboard properties. Particle size should have on screen 20 mesh, at high quantity 86.41 and slender ratio 22.12.

The analysis of pH and acid – alkali buffering capacity found that particles of *Eucalyptus camaldulensis* have acid more than Rubberwood but lower than *Acacia aulacocarpa* and they have acid buffering capacity lower than Rubberwood but have acid-alkali buffering capacity more than *Acacia aulacocarpa*.

The result showed that particleboard from *Eucalyptus camaldulensis* at moisture content before product 10 % effected to thickness swelling and water absorption but better than 5 % and 15 % M.C. and the mechanical properties including modulus of rupture and internal bond at moisture content before product 5 % were the better but modulus of elasticity was the better at moisture content before product 15 %.

The properties were tested by JIS A 5908 – 2003 : Particleboards (type 13) and showed that modulus of rupture and moisture content were above the requirements and modulus of elasticity of particles at moisture before product 15 % and internal bond at moisture before product 5 % passed the standard except thickness swelling at all condition did not pass the standard.

Keywords : *Eucalyptus camaldulensis* , Particleboards, Urea Formaldehyde

คำนำ

ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis*) เป็นไม้ที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศออสเตรเลีย และนำมาปลูกในประเทศไทยเนื่องจากเป็นไม้ที่โตเร็วสามารถเจริญเติบโตได้ในทุกสภาพของดิน ตั้งแต่พื้นที่ริมน้ำ ที่ราบน้ำท่วมถึงบางระยะในรอบปี แม้แต่ดินที่เป็นทรายและมีความแห้งแล้งติดต่อกันเป็นเวลานาน พื้นที่ดินเลวที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 650 มิลลิเมตรต่อปี รวมทั้งพื้นที่ที่มีดินเค็ม ดินเปรี้ยว แต่ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสจะไม่ทนทานต่อดินที่มีสภาพเป็นหินปูนสูง ลักษณะเนื้อไม้มีแก่นสีน้ำตาล กระพี้สีน้ำตาลอ่อน ไม้ที่มีอายุมากขึ้นจะมีสีน้ำตาลแดงเข้มกว่าไม้อายุน้อย เนื้อไม้มีลักษณะค่อนข้างละเอียด เสี้ยนสั้น บางครั้งบิดไปตามแนวลำต้น เนื้อไม้แตกง่ายหลังจากตัดฟันตามแนวยาวขนาน ลำต้นมีการใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้างทั่วไป เช่น เป็นไม้โครงสร้างบ้าน ทำเสาเข็ม ไม้ค้ำยัน เครื่องเรือน ไม้พื้น ไม้ปาร์เก้ หีบ ถัง ทรายของ ฟืนและถ่าน ทำชิ้นไม้สำหรับอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ แผ่นใยไม้อัด แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด และแผ่นชั้นไม้อัดสารแร่ และใบสามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยและใช้ในการย้อมเส้นไหม



ไม้ยูคาลิปตัสคามาสดูเลนซิสเป็นไม้ต่างถิ่นที่นำเข้ามาปลูกซึ่งมีศักยภาพสูง เป็นไม้ที่มีประโยชน์ไว้ใช้สอยทันเวลาเนื่องจากเป็นไม้โตเร็วและปลูกง่าย การปลูกไม้ยูคาลิปตัสคามาสดูเลนซิสยังสามารถช่วยลดปัญหาดินเค็มและดินเปรี้ยวอีกจำนวนมากโดยไม่ต้องลงทุนเพิ่ม สำหรับประเทศไทยส่วนใหญ่จะปลูกไม้ยูคาลิปตัสคามาสดูเลนซิสตามคันนา ซึ่งประเทศไทยมีพื้นที่นา 66 ล้านไร่ มีคันนาวาว 12 ล้านกิโลเมตร หากปลูกไม้ยูคาลิปตัสคามาสดูเลนซิสซึ่งเป็นไม้โตเร็วเพียง 1 ใน 3 ของความยาวตามคันนาทั่วประเทศ (4 ล้านกิโลเมตร) จะมีผลผลิตไม้ใช้สอยและป้อนโรงงานอุตสาหกรรมปีละ 250 ล้านตัน (ปี 2547)

Table 1. Requirement quantity of *Eucalyptus camaldulensis* and residue from production : 2002. (Full Capacity)

No.	Factory	Province	Quantity of Logs (Tons/year)*	Quantity of Barks (Tons/year)
1	Advance Agro	Prachin Buri	2,200,000	330,000
2	Punjaphol	Ayutthaya	330,000	49,500
3	Pheonix	Khon Kaen	1,100,000	165,000
4	Metrofiber	Kanchanaburi	80,000	12,000
5	Thaicane	Kanchanaburi	60,000	9,000
6	Fiberboard	Cha Choeng Sao	528,000	79,200
7	Vanachai	Chon Buri	80,000	12,000
Total			4,378,000	656,700

* The forest area cut 4,378,000 rais/year

Table 2. Prediction of the logs requirement as raw material. (Unit : 1,000,000 cu.m.)*

Requirement	2007	2012	2017
Production			
- Mixed Hardwood Sawn	16.32	18.37	20.63
- Rubberwood Sawn	2.77	3.09	3.42
- Plywood & veneers	2.18	2.56	3.04
- Fiberboards	0.57	0.72	0.88
- Paper Board	22.75	29.63	37.93
Total	44.59	54.37	65.9

* Thai Forestry Sector Master Plan



จากรายงานพบว่า ความต้องการใช้ไม้ยูคาลิปตัสคามาเลกุลเลนซิสเพื่อเป็นวัตถุดิบในโรงงานต่างๆ มีปริมาณมากและจากการคาดการณ์ความต้องการใช้ไม้ในอนาคตมีแนวโน้มมากขึ้น โดยในปี ค.ศ. 2007 มีความต้องการใช้ไม้ 44.59 ล้านลูกบาศก์เมตร ในปี ค.ศ. 2012 คาดการณ์ว่าจะมีความต้องการใช้ไม้เพิ่มมากขึ้นเป็น 54.37 ล้านลูกบาศก์เมตร และในปี ค.ศ. 2017 คาดการณ์ว่าจะมีความต้องการใช้ไม้เพิ่มมากขึ้นอีกเป็น 65.90 ล้านลูกบาศก์เมตร

ทั้งนี้เมื่อปริมาณความต้องการของไม้เพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปริมาณความชื้นของชิ้นไม้ที่มีผลต่อกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด เพื่อสามารถกำหนดปริมาณความชื้นที่เหมาะสมต่อการอัดแผ่น และยังสามารถช่วยประหยัดปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการอัดแผ่นเพื่อให้ได้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีคุณภาพ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ชิ้นไม้ยูคาลิปตัสคามาเลกุลเลนซิสที่มีความชื้นที่เหมาะสมเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด เพื่อศึกษาอิทธิพลความชื้นของชิ้นไม้ที่มีผลต่อคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตจากไม้ยูคาลิปตัสคามาเลกุลเลนซิส และเพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้ยูคาลิปตัสคามาเลกุลเลนซิสให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานต่างประเทศ

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ใช้ไม้ยูคาลิปตัสคามาเลกุลเลนซิสอายุ 7 ปี จากจังหวัดขอนแก่นเป็นวัตถุดิบ โดยมีขนาดความโตเฉลี่ยของไม้ 10.80 เซนติเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ย 826.42 กก./ลบ.ม. ความชื้นสถานะแห้งบรรยากาศ 14.97 เปอร์เซ็นต์ โดยกำหนดความชื้นของชิ้นไม้ก่อนผสมกาวที่ระดับความชื้นที่ 5 10 และ 15 % ใช้กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ (Urea - formaldehyde, UF) ปริมาณกาว 10% เป็นตัวประสาน และสารเร่งแข็ง (Hardener) ปริมาณ 2 % ในการอัดแผ่นต่อน้ำหนักอบแห้งของชิ้นไม้ แล้วนำแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ได้มาเปรียบเทียบค่าทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ โดยใช้มาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboards (type 13)

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ได้ดำเนินงานที่ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

อุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่องสับชิ้นไม้ (Chipper)
2. เครื่องย่อยชิ้นไม้ (Hammer mill)
3. เครื่องอัดร้อน (Hot – press)
4. เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง (Screening Machine)
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Electric Balance)
6. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ (Universal Testing Machine)



ขั้นตอนการศึกษา

1. การเตรียมวัสดุและการศึกษา

1.1 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการศึกษา

การเตรียมชิ้นไม้ที่ใช้ในการศึกษา สามารถสรุปขั้นตอนต่างๆ ในการผลิตชิ้นไม้ได้ดังนี้

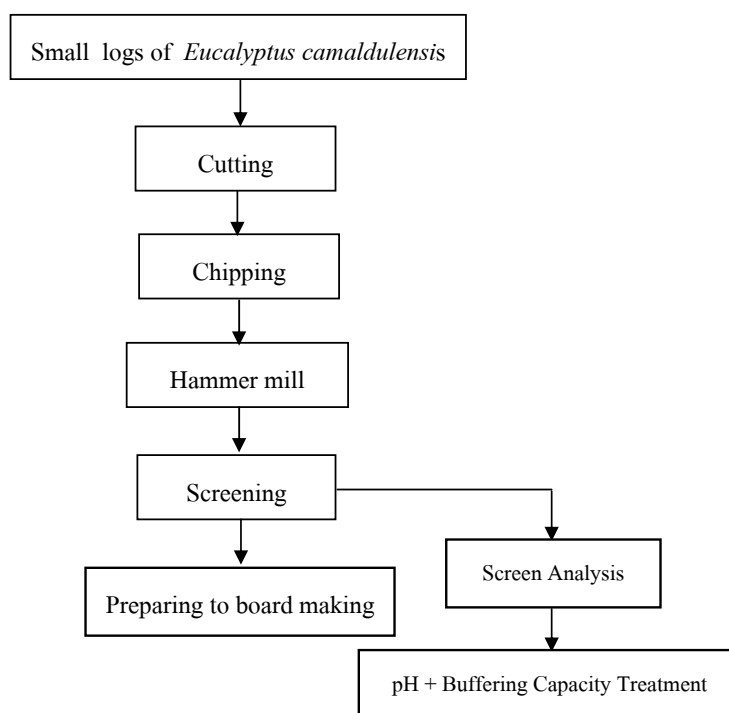


Figure 1. Particles preparation before board making.

1.1.1 การวิเคราะห์ขนาดชิ้นไม้ (Screen Analysis) นำตัวอย่างชิ้นไม้ร่อนคัดขนาดด้วยเครื่องแยกแต่ละตะแกรงที่มีขนาดรูตะแกรงแตกต่างกัน แล้วนำชิ้นไม้ที่ค้างอยู่แต่ละตะแกรงชั่งน้ำหนักและนำมาวัดขนาดความกว้าง ความยาวและความหนา โดยใช้ชิ้นไม้ตัวอย่างจำนวน 100 ชิ้น หาค่าเฉลี่ยและรายงานผล

1.1.2 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนค่าความเป็นกรดและด่างของไม้ (pH and Acid – Alkali Buffering Capacity)

1.2 การเตรียมกาวในการศึกษาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ได้กำหนดระดับปริมาณเปอร์เซ็นต์กาวแห้งต่อน้ำหนักแห้งของชิ้นไม้อยู่ที่ระดับ 10% กาวที่ใช้ในการอัดแผ่นคือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde)

1.3 สารเร่งแข็ง (Hardener) เป็นตัวช่วยเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาแข็งตัวของกาวให้เร็วขึ้น ลดระยะเวลาการอัดร้อนให้สั้นลง สารเร่งแข็งที่ใช้ในการผสมครั้งนี้ใช้สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH₄Cl) เมื่อเติมสารเร่งนี้ลงในเนื้อกาวแล้วปฏิกิริยาของกาวก็จะเกิดเร็วขึ้น จึงส่งผลให้อายุการใช้งานของกาวสั้นลงด้วย ซึ่งในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดนี้มีการผสมสารเร่งแข็งลงในการผสมกาวในระดับความเข้มข้น 2% ของน้ำหนักของสารเร่งแข็งต่อน้ำหนักของกาวแห้ง



1.4 การตรวจสอบหาคุณลักษณะของสารผสมระหว่างกาวและสารเติมแต่ง พิจารณาคุณลักษณะของสารผสม ระหว่างกาวและสารเติมแต่ง (วรรณม, 2545) โดยทำการศึกษาคุณสมบัติของกาวผสม ดังนี้

- 1.4.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง
- 1.4.2 ความหนืด
- 1.4.3 ความถ่วงจำเพาะ
- 1.4.4 Non- volatile content (%)
- 1.4.5 Gel time

2. วิธีการผสมและผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากจีนไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลนซีส

การผสมกาวกับจีนไม้ผสมเนื้อกาวและสารเร่งแข็งได้ตามสัดส่วนที่กำหนดแล้ว นำกาวเทใส่กระบอกลบรีกาว แล้วชั่งจีนไม้ให้น้ำหนักตามที่คำนวณไปเทใส่เครื่องผสมกาวกับจีนไม้ ชั่งน้ำหนักจีนไม้ที่ผสมกาวเรียบร้อยแล้วตามที่กำหนดโรยแผ่นเตรียมอัด การอัดร้อนโดยใช้แรงดันของเครื่องประมาณ 150 กก./ชม.² ใช้ระยะเวลาในการอัด 5 นาที นำแผ่นที่ได้ปรับความชื้นเป็นระยะเวลานาน 7 วัน (วรรณม, 2541) แล้วจึงนำแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดไปทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ

สถานะในการอัดแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากจีนไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลนซีส

จีนไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลนซีส อายุ	7	ปี
ความหนาแน่นกำหนด	800	กก./ลบ.ม.
ความหนาของแผ่น	10	มม.
ขนาดของแผ่น	350 x 350 x 10	มม.
ปริมาณกาว*	10	%
ปริมาณสารเร่งแข็ง (Hd.) **	2	%
อุณหภูมิในการอัด	120	⁰ ซ.
แรงดันในการอัด	150	กก./ชม. ²
ระยะเวลาในการอัด	5	นาที

หมายเหตุ * เทียบเป็นน้ำหนักกาวแห้งต่อน้ำหนักแห้งของจีนไม้

** เทียบเป็นน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักของกาวแห้ง

Table 3. Moisture content of particles.

Moisture content of particles (%)	Moisture content before spray resin (%)	Moisture content after spray resin (%)
5	5.42	12.84
10	9.88	16.26
15	14.77	21.07

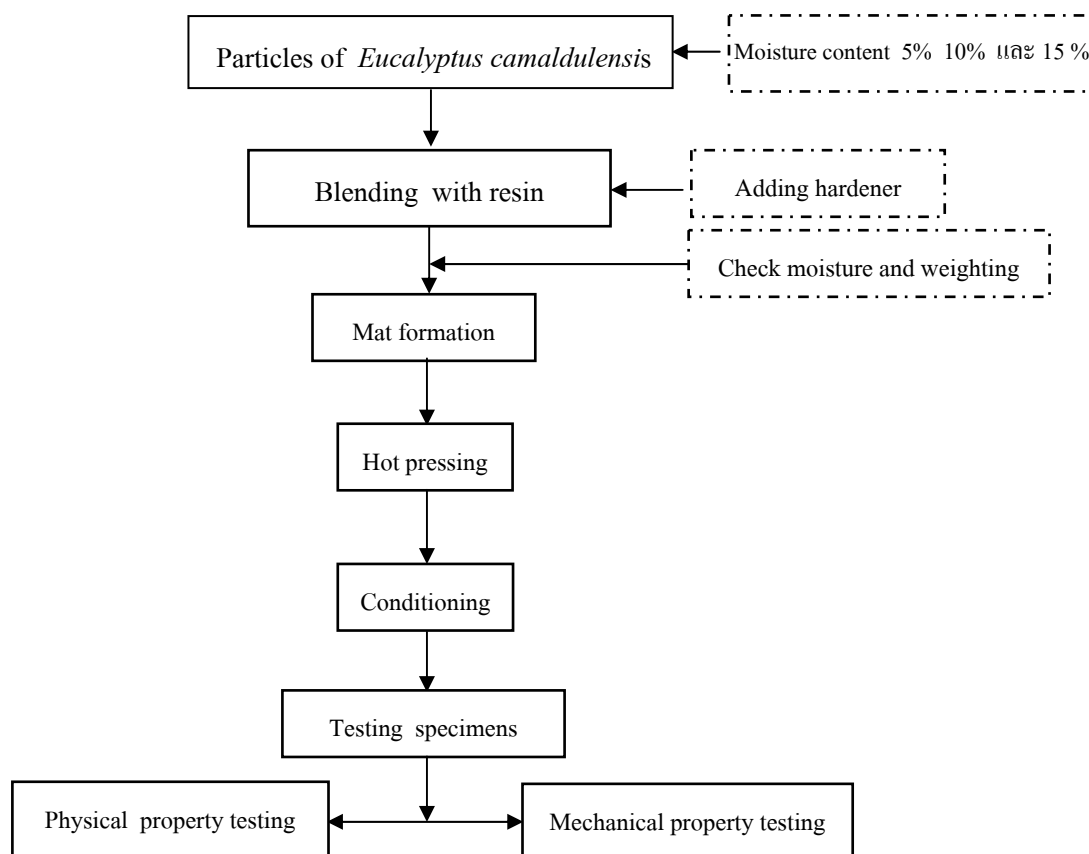


Figure 2. Production of particleboard from *Eucalyptus camaldulensis* (Oonjittichai, 2002)

3. การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตได้จากสภาวะทดลองทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ

3.1 การทดสอบทางกายสมบัติ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวและการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ ตามมาตรฐาน JIS A 5908 – 2003 : Particleboards

3.2 การทดสอบทางกลสมบัติ ได้แก่ ความต้านทานแรงคัต มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงคิงดิงจากกับผิวหน้า ตามมาตรฐาน JIS A 5908 – 2003 :Particleboards

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

การศึกษาคูณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตจากไม้ยูคาลิปตัสตามาลดูเลนซีอายุ 7 ปี จังหวัดขอนแก่น มาผลิตเป็นชิ้นไม้เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการอัดแผ่นมีผลดังนี้

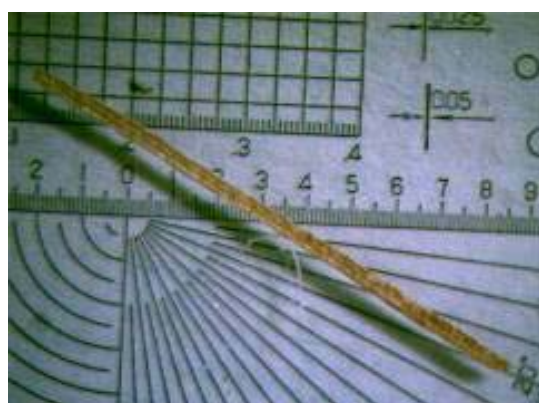
1. ผลการวิเคราะห์ขนาดชิ้นเกล็ดไม้ยูคาลิปตัสตามาลดูเลนซี

Table 4. Screen Analysis of *Eucalyptus camaldulensis* aged 7 years.

Mesh No.	Average mesh aperture (mm.)	Average Particle dimension ^{1/}			Slenderness ratio	Amount of particle ^{2/} (%)
		Width (mm.)	Length (mm.)	Thickness (mm.)		
+ 5	4.000	-	-	-	-	-
- 5+12	2.840	2.13	11.38	0.62	18.35	4.36
- 12+20	1.275	1.16	11.06	0.50	22.12	86.41
-20 +40	0.638	0.72	6.98	0.25	27.92	8.99
- 40+60	0.337	0.31	5.75	0.08	71.87	0.17
- 60	0.250	0.17	1.59	0.01	159.00	0.11

1/ Each average value was measured from 100 particles.

2/ Percentage value based on the weight of total particles.



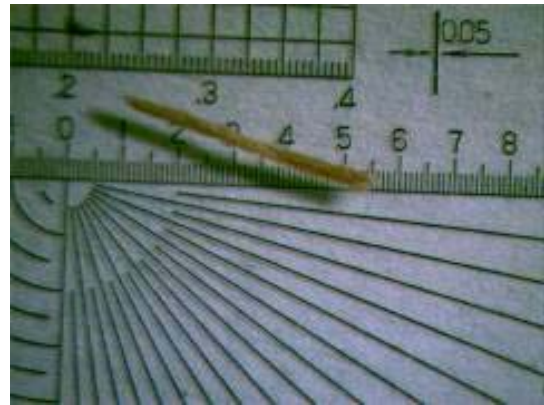
Particle size on screen 12 mesh



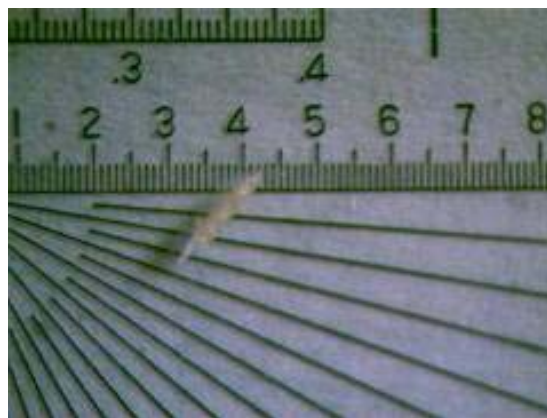
Particle size on screen 20 mesh



Particle size on screen 40 mesh



Particle size on screen 60 mesh



Particle size on screen +60 mesh

Figure 3. Particle size of screen analysis.

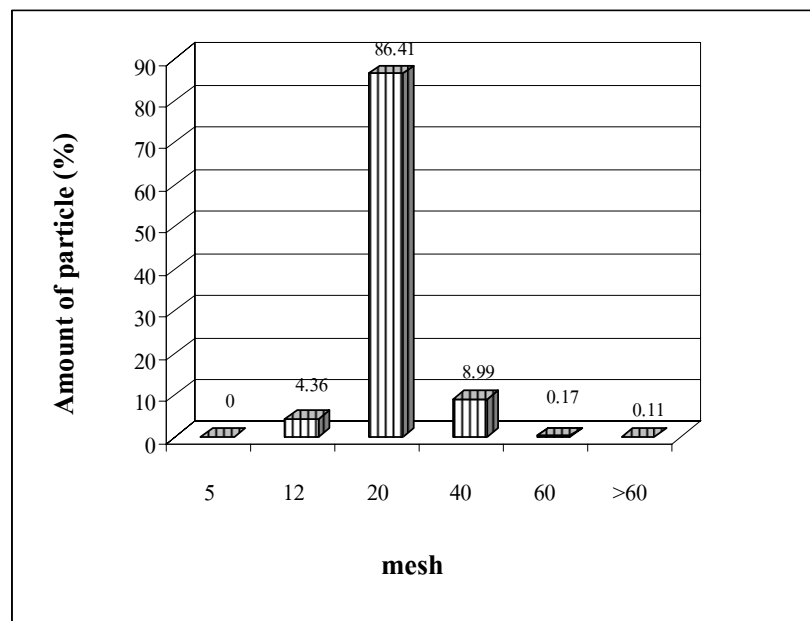


Figure 4. Amount of particles from *Eucalyptus camaldulensis* aged 7 years.



จากกราฟขึ้นไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส มีขนาดขึ้นไม้ที่ค้างอยู่บนตะแกรง 20 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด คือ 86.41 มีสัดส่วนความเปรี้ยวเท่ากับ 22.12 รองลงมาคือ ขึ้นไม้ที่ค้างอยู่บนตะแกรง 40 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักเท่ากับ 8.99 มีสัดส่วนความเปรี้ยว 27.92

2. ผลการวัดความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนค่าความเป็นกรดเป็นด่างของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส

Table 5. Analysis of pH and acid – alkali buffering capacity of *Eucalyptus camaldulensis*.

Sample	pH Average	Buffering Capacity Milliequivalent (x 10 ⁻²)		
		Acid	Alkali	Acid-Alkali
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	4.88	16.47	21.70	38.17
<i>Acacia Aulacocarpa</i>	4.48	11.43	16.73	28.16
Rubberwood*	5.78	40.80	-	-

(*Oonjittichai, 2000)

จากตารางจะเห็นได้ว่าขึ้นไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสมีค่าความเป็นกรดสูงกว่าไม้ยางพารา แต่น้อยกว่าไม้อะเคเซียออลาโคคาปา และมีการฟ่อนค่าความเป็นกรดต่ำกว่าไม้ยางพารา แต่มีค่าฟ่อนความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่าไม้อะเคเซียออลาโคคาปา

Table 6. The properties of Urea Formaldehyde Resin.

Properties	Urea Formaldehyde
pH	9.02
Viscosity centipoises	130.00
Non - volatile content (%)	47.99
Gel time (min : sec) at 100 °C (mix with ammonium chloride 2% base on dry resin)	39.00
Specific Gravity (at 31 °C)	1.182

Gel time was occurred more than 3 hours without adding hardener.

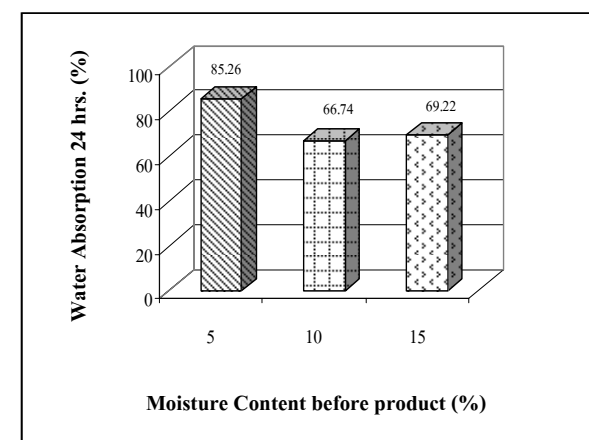
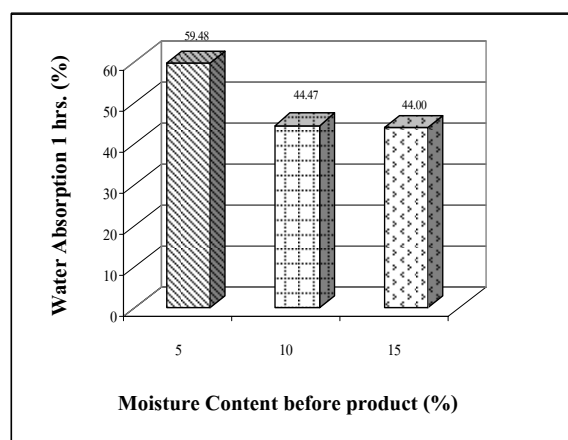
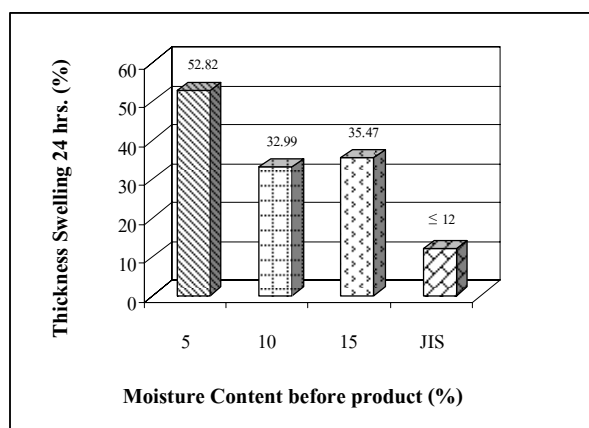
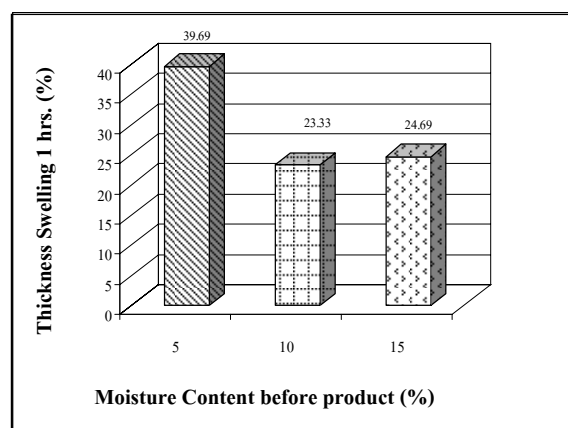


3. ผลการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส

Table 7. The properties from regression analysis of particleboard with moisture content of particle 5% 10% and 15 % from *Eucalyptus camaldulensis* at board density 800 kg/m³.

Result average	5 %		10 %		15 %		JIS 5908 -2003 type 13
	result	R ²	result	R ²	result	R ²	
Thickness Swelling 1hrs.(%)	39.69	0.7599	23.33	0.4486	24.69	0.4486	-
Thickness Swelling 24 hrs.(%)	52.82	0.8402	32.99	0.3852	35.47	0.5249	≤ 12
Water Absorption 1 hrs. (%)	59.48	0.8431	44.47	0.7761	44.00	0.0124	-
Water Absorption 24 hrs. (%)	85.26	0.8862	66.74	0.8954	69.22	0.3834	-
Modulus of Rupture (MPa)	21.49	0.0413	16.76	0.4173	16.60	0.0773	≥ 13
Modulus of Elasticity (MPa)	1854	0.2798	2319	0.7236	2576	0.2768	≥ 2500
Internal Bond (MPa)	0.31	0.0013	0.10	0.8762	0.18	0.0120	≥ 0.2
Board Moisture Content (%)	9.85	0.4438	10.66	0.0277	8.67	0.0350	5-13

R² = Coefficient of Determination



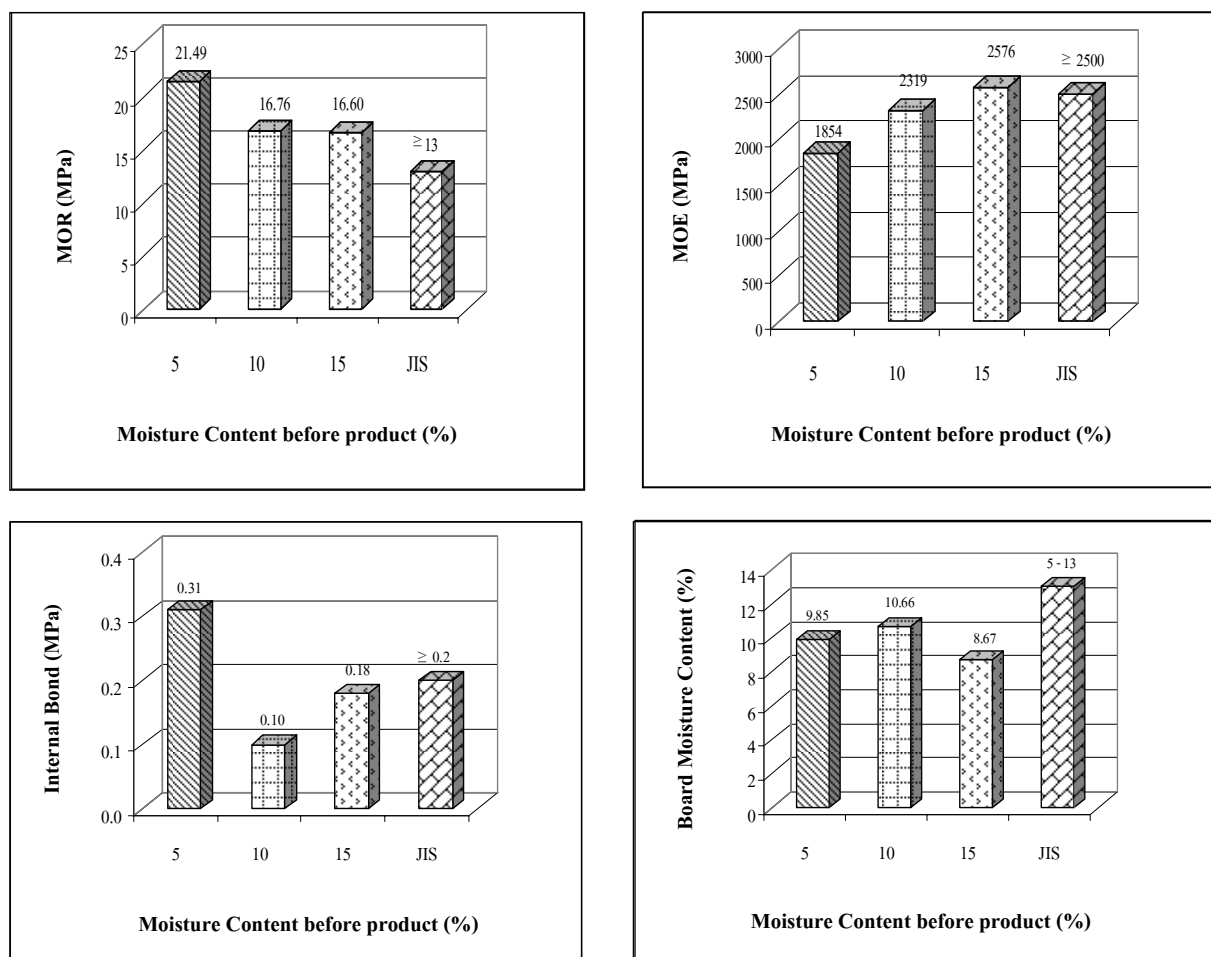


Figure 5. The result average physical and mechanical property of particleboard from *Eucalyptus camaldulensis* with moisture content of particle 5 % 10 % and 15 %.

3.1 การพองตัวหลังแช่น้ำ (Thickness Swelling)

ผลการทดสอบการพองตัวหลังแช่น้ำ 1 และ 24 ชั่วโมง ปรากฏว่าความชื้นของชิ้นไม้ก่อนผสมกาว 10 % มีค่าต่ำกว่า 5 และ 15% และความชื้นของชิ้นไม้ก่อนผสมกาว 5 และ 15 % มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboard (type 13) ปรากฏว่าค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมงทุกความชื้นของชิ้นไม้มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

3.2 การดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ (Water Absorption)

ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง ปรากฏว่า ความชื้นของชิ้นไม้ก่อนผสมกาว 10 และ 15 % มีค่าใกล้เคียงกัน ค่าการดูดซึมน้ำหลังการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ความชื้นของชิ้นไม้ก่อนผสมกาว 10 % มีค่าต่ำกว่า 5 และ 15 %

3.3 ความต้านทานแรงดัด (Modulus of Rupture)

ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงดัดปรากฏว่า ความชื้นของชิ้นไม้ก่อนผสมกาว 5 % มีความต้านทานแรงดัดสูงกว่า 10 และ 15% และความชื้นของชิ้นไม้ก่อนผสมกาว 10 และ 15 % มีค่าการทดสอบ



ใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboard (type 13) ปรากฏว่าค่าความต้านทานแรงดัดทุกความชื้นของจีนไม้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

3.4 มอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)

ผลการทดสอบค่ามอดุลัสยืดหยุ่นปรากฏว่า เมื่อความชื้นของจีนไม้ก่อนผสมกาวเพิ่มขึ้นมีผลให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboard (type 13) มีเพียงความชื้นจีนไม้ก่อนการผสมกาว 15 % มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

3.5 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal Bonding)

ผลการทดสอบค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าปรากฏว่า ความชื้นของจีนไม้ก่อนผสมกาว 5 % มีค่าสูงที่สุด รองลงมา คือ 15 และ 10 % มีค่าต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboard (type 13) มีเพียงความชื้นจีนไม้ก่อนการผสมกาว 5 % มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

3.6 ค่าความชื้นของแผ่น (Board Moisture Content)

ผลการทดสอบค่าความชื้นของแผ่นปรากฏว่า เมื่อความชื้นของจีนไม้ก่อนผสมกาว 10 % มีค่าสูงที่สุด รองลงมา คือ 5 และ 15 % มีค่าต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboard (type 13) ทุกความชื้นของจีนไม้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

สรุปผล

ผลการวิเคราะห์ขนาดจีนไม้ยูคาลิปตัสตามลวดลายสี มีขนาดจีนไม้ที่ค้างอยู่บนตะแกรง 20 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด คือ 86.41 มีสัดส่วนความเพียวเท่ากับ 22.12 รองลงมาคือ จีนไม้ที่ค้างอยู่บนตะแกรง 40 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักเท่ากับ 8.99 มีสัดส่วนความเพียว 27.92

ผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดและการฟ่อนค่าความเป็นกรดเป็นด่างของจีนไม้ยูคาลิปตัสตามลวดลายสีปรากฏว่า จีนไม้ยูคาลิปตัสตามลวดลายสีมีค่าความเป็นกรดสูงกว่าไม้ยางพารา แต่น้อยกว่าไม้อะเคเซียออลาโคคาปา และมีการฟ่อนค่าความเป็นกรดต่ำกว่าไม้ยางพารา แต่มีค่าฟ่อนความเป็นกรดและเป็นด่างสูงกว่าไม้อะเคเซียออลาโคคาปา

จากการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากจีนไม้ยูคาลิปตัสตามลวดลายสีปรากฏว่า การใช้จีนไม้ที่มีความชื้นก่อนผสมกาว 10 % จะทำให้คุณสมบัติทางกายสมบัติ ได้แก่ การพองตัวหลังแช่น้ำ การดูดซึม น้ำหลังแช่น้ำของแผ่นดีที่สุด และค่าความชื้นของแผ่นทุกสภาวะมีค่าใกล้เคียงกัน คุณสมบัติทางกลสมบัติ ได้แก่ ความต้านทานแรงดัด และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า จีนไม้ที่มีความชื้นก่อนผสมกาว 5 % จะมีค่าการทดสอบดีที่สุด แต่ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นจีนไม้ที่มีความชื้นก่อนการผสมกาว 15 % มีค่าดีที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908-2003 : Particleboards (type 13) ปรากฏว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าความต้านแรงดัดและความชื้นของแผ่นผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกความชื้นของ

ชิ้นไม้ คำนวณคู่สียึดหยุ่นมีเพียงความชื้นของชิ้นไม้ก่อนผสมกาว 15 % ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีเพียงความชื้นของชิ้นไม้ก่อนการผสมกาว 5 % ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ส่วนค่าการพองตัวหลังแช่น้ำทุกสภาวะไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด



Figure 6. Sample particleboards from *Eucalyptus camaldulensis*.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากเจ้าหน้าที่ของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็ก จังหวัดขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบไม้ที่ใช้ในงานวิจัย

ขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโส สังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

วรรณม อุณจิตติชัย. 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล (แผ่นชิ้นไม้อัด) และกรรมวิธีผลิต. เอกสารวิชาการเลขที่ ร. 514. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, ส่วนวิจัยและพัฒนาผลผลิตป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 202 หน้า.

วรรณม อุณจิตติชัย. 2543. แผ่นปาร์ติเกิลจากเศษไม้ลักษณะชนิดเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม. รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ 2541 – 2542. เลขที่ ร.572. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลผลิตป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. หน้า 87 – 105.



วรรณม อุณจิตติชัย. 2545. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการใช้กากกับงานไม้. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้, สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.

Japanese Industrial Standard, Japanese Standards Association. 2003. JIS A 5908 Standard Specification for Particleboards. Hohbunsha Publ. Co. Inc. Tokyo. 21 p.



การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด
จากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส

TECHNICAL POSSIBILITY ON PARTICLEBOARDS MANUFACTURING
FROM BARK OF *EUCALYPTUS CAMALDULENSIS*

วรธรรม อุ่นจิตติชัย (Woratham Oonjittichai)¹
ลัดดาวัลย์ ชื่นอารมย์ (Luddawal Chunarom)¹

บทคัดย่อ

ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดวัตถุดิบหลักที่สำคัญ คือ ชันไม้และกาว ในส่วนของชันไม้ต้องมีการวิเคราะห์ขนาดของชันไม้ก่อนการผลิต ส่วนปริมาณกาวที่นำมาใช้จะต้องมีความเหมาะสมด้วย ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้กาวกับชันไม้ซึ่งจะมีผลทำให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตได้มีคุณภาพดีที่สุด

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ในครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบลักษณะขนาดของชันเปลือกไม้และปริมาณกาวที่ใช้ในการผลิตแผ่น โดยใช้ชันเปลือกไม้เบอร์ 1 (ขนาดรูตะแกรงร่อน 1 มม.) และเบอร์ 2 (ขนาดรูตะแกรงร่อน 0.6 มม.) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10 และ 15% เป็นตัวประสาน ก่อนการผลิตมีการวิเคราะห์ขนาดของชันเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสพบว่า ชันเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส เบอร์ 1 ชันเปลือกไม้ที่ค้างอยู่บนตะแกรง 20 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุดเท่ากับ 79.09 % มีสัดส่วนความเปรี้ยวเท่ากับ 8.49 ส่วนชันเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส เบอร์ 2 ชันเปลือกไม้ที่ค้างอยู่บนตะแกรง 40 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุดเท่ากับ 56.93% มีสัดส่วนความเปรี้ยวเท่ากับ 25.45 และเมื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าการพ่นความเป็นกรดของไม้พบว่า เปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่าไม้ยางพารา แต่จะมีค่าการพ่นความเป็นกรดของไม้ต่ำกว่าไม้ยางพารา

การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นพบว่า การใช้ลักษณะของชันเปลือกไม้ขนาดเล็กและปริมาณกาวสูงชันจะมีผลทำให้ค่าคุณสมบัติของแผ่นดีขึ้น และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า มีเพียงคุณสมบัติความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าและความชื้นของแผ่นที่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อขนาดของชันเปลือกไม้และปริมาณกาว ส่วนคุณสมบัติการพองตัวและการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ ความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่นและความหนาแน่นของแผ่นมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อขนาดของชันเปลือกไม้และปริมาณกาว เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards พบว่า มีเพียงความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าและความชื้นที่มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ทั้งนี้ผลการทดสอบพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้เปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสอายุ 5-7 ปี เบอร์ 2 ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% เป็นตัวประสาน มีค่าคุณสมบัติของแผ่นดีที่สุด

¹ งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้



จากการศึกษาข้างต้นทำให้ทราบว่า เปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาสดูลเลนซิสที่ทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดได้ แต่ต้องปรับเปลี่ยนสภาวะในการผลิตของแผ่นและปรับปรุงคุณสมบัติของแผ่นให้เหมาะสมด้วย

คำหลัก : ไม้ยูคาลิปตัสคามาสดูลเลนซิส เปลือกไม้ แผ่นชั้นไม้อัด ปาร์ติเกิลบอร์ด

ABSTRACT

The particleboards from bark of *Eucalyptus camaldulensis* aged 5-7 years. The bark chips of *Eucalyptus camaldulensis* number 1 were on the screen 20 mesh have highest quantity by the weight 79.09% and average slender ratio 8.49, number 2 on a screen 40 mesh have highest quantity by the weight 56.93% and average slender ratio 25.45. When analysis acid and buffering capacity showed that the bark chips of *Eucalyptus camaldulensis* have pH higher than Pararubber wood but have buffering capacity lower than Pararubber.

The results showed that the bark of *Eucalyptus camaldulensis* number 2 mixed with urea formaldehyde 15% had the best properties of thickness swelling, water absorption, modulus of rupture and modulus of elasticity. When analysis of variance the particleboards had internal bond and moisture content different was non significant at the 0.05 level, but thickness swelling, water absorption, modulus of rupture, modulus of elasticity and density were significant at the 0.05 level. The properties were tested by JIS A 5908-1994 : Particleboards . The boards had Internal bond and moisture content passed the standard.

The residue bark of *Eucalyptus camaldulensis* can utilization to particleboards, however particleboards should have adjust condition and quality.

Keywords : *Eucalyptus camaldulensis* , wood bark, particleboards

คำนำ

ไม้ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis*) เป็นไม้ที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศออสเตรเลีย และนำมาปลูกในประเทศไทยเนื่องจากเป็นไม้ที่โตเร็วสามารถเจริญเติบโตได้ในทุกสภาพของดินแทบทุกประเภท ตั้งแต่พื้นที่ริมน้ำ ที่ราบน้ำท่วมถึงบางระยะในรอบปี แม้แต่ดินที่เป็นทรายและมีความแห้งแล้งติดต่อกันเป็นเวลานาน พื้นที่ดินเลวที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 650 มิลลิเมตรต่อปี รวมทั้งพื้นที่ที่มีดินเค็ม ดินเปรี้ยว แต่ไม้ยูคาลิปตัส



จะไม่ทนทานต่อดินที่มีสภาพเป็นหินปูนสูง ลักษณะเนื้อไม้ มีแก่นสีน้ำตาล กระพี้สีน้ำตาลอ่อน ไม้ที่มีอายุน้อยมากจะมีสีน้ำตาลแดงเข้มกว่าไม้ที่อายุน้อย เนื้อไม้มีลักษณะค่อนข้างละเอียด เสี้ยนสั้น บางครั้งบิดไปตามแนวลำต้น เนื้อไม้แตกง่ายหลังจากตัดฟัน ตามแนวยาวขนานลำต้น มีการใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้างทั่วไป เช่น เป็นไม้โครงสร้างบ้าน ทำเสาเข็ม ไม้ค้ำยัน เครื่องเรือน ไม้พื้นไม้ปาร์เกต์ หีบ ลัง ที่รองของ ฟืนและถ่าน ทำชิ้นไม้สำหรับอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ แผ่นใยไม้อัด แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด และแผ่นชั้นไม้อัดสารแร่ และใบสามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยและใช้ในการย้อมเส้นไหม เป็นต้น

ความต้องการใช้ไม้ยูคาลิปตัสคามาเลนซิสเพื่อเป็นวัตถุดิบในโรงงานต่างๆ มีปริมาณมาก และจากการคาดการณ์ความต้องการใช้ไม้ในอนาคตมีแนวโน้มมากขึ้น และในการใช้ประโยชน์ไม้จะมีเศษเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตด้วย เช่น เศษไม้ เปลือก เปลือกเหลือทิ้งเหล่านี้บางโรงงานใช้ประโยชน์ในการทำเป็นเชื้อเพลิงหรือปล่อยทิ้งไว้ทำให้เกิดปัญหาเป็นขยะมูลฝอย

จากปริมาณเปลือกเหลือทิ้งดังกล่าวและจากการคาดการณ์ว่าปริมาณเปลือกเหลือทิ้งจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกในอนาคต ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดขยะมูลฝอยและเป็นการใช้ประโยชน์ไม้ได้อย่างสูงสุด จึงเกิดแนวคิดในการศึกษาการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากชิ้นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาเลนซิสขึ้น โดยงานวิจัยครั้งนี้ใช้ชิ้นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาเลนซิสอายุ 5-7 ปี จากจังหวัดขอนแก่นเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาเลนซิส มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด รวมถึงศึกษาอิทธิพลของขนาดของชิ้นเปลือกไม้และปริมาณกาวที่ใช้เป็นตัวประสานที่มีผลต่อคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาเลนซิส และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาเลนซิสให้ได้คุณภาพของแผ่นตามมาตรฐานต่างประเทศ

วิธีการศึกษา

นำเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาเลนซิสที่มีอายุ 5-7 ปี จากจังหวัดขอนแก่น ความหนาของเปลือกเฉลี่ย ณ สภาวะแห้งบรรยากาศ 0.29 เซนติเมตร เข้าเครื่องย่อยแล้วนำชิ้นไม้เบอร์ 1 (ขนาดรูตะแกรงร่อน 1 มม.) และเบอร์ 2 (ขนาดรูตะแกรงร่อน 0.6 มม.) เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด โดยกำหนดใช้กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde, UF) เป็นตัวประสาน ปริมาณกาวที่ใช้ 10 และ 15% ในการอัดแผ่นต่อน้ำหนักอบแห้งของไม้ และสารเร่งแข็งปริมาณ 2% แล้วนำแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ได้มาเปรียบเทียบค่าทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ โดยใช้มาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards โดยกำหนดให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีความหนาแน่น 850 kg/m^3

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ได้ดำเนินงานที่ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้



อุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่องสับชิ้นไม้ (Chipper)
2. เครื่องอัดร้อน (Hot – press)
3. เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง (Screening Machine)
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Electric Balance)
5. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ (Universal Testing Machine)

ขั้นตอนการศึกษา

1. การเตรียมวัสดุและกาวติดไม้

1.1 วัสดุที่ใช้ใช้ในการผลิตแผ่น

ใช้เปลือกไม้จากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสเพื่อให้ได้ชิ้นไม้ที่พร้อมจะนำไปใช้ในกระบวนการอัดแผ่น โดยสรุปเป็นขั้นตอนต่างๆ ในการเตรียมชิ้นไม้ได้ดังนี้

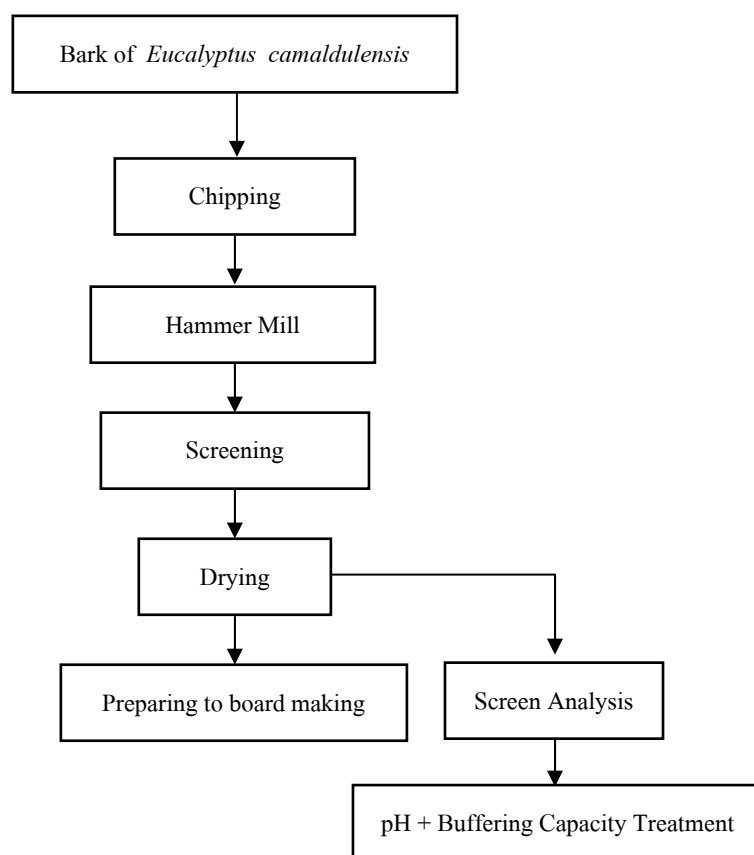


Figure 1. Wood preparation from bark of *Eucalyptus camaldulensis* before board making.



Figure 2. Quality of bark from *Eucalyptus camaldulensis*.

1.2 การเตรียมกาวในการศึกษาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ได้กำหนดระดับปริมาณเปอร์เซ็นต์กาวแห้งต่อน้ำหนักแห้งของชิ้นเปลือกไม้อยู่ที่ระดับ 10 และ 15 % กาวที่ใช้ในการอัดแผ่นคือ กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde)

1.3 สารเร่งแข็ง (Hardener) เป็นตัวช่วยเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาแข็งตัวของกาวให้เร็วขึ้นลดระยะเวลาการอัดร้อนให้สั้นลง (วรรณม, 2545) สารเร่งแข็งที่ใช้ในการผสมครั้งนี้ใช้สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH₄Cl) เมื่อเติมสารเร่งนี้ลงในเนื้อกาวแล้วปฏิกิริยาของกาวจะเกิดเร็วขึ้น จึงส่งผลให้อายุการใช้งานของกาวสั้นลงด้วย ซึ่งในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดนี้ มีการผสมสารเร่งแข็งลงในส่วนผสมกาวที่ระดับความเข้มข้น 2% ของน้ำหนักของสารเร่งแข็งต่อน้ำหนักของกาวแห้ง

1.4 การตรวจสอบหาคุณลักษณะของสารผสมระหว่างกาวและสารเติมแต่ง พิจารณาคุณลักษณะของสารผสมระหว่างกาวและสารเติมแต่งนี้ โดยทำการศึกษาคูณสมบัติของกาวผสม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และสรุปผลวิจารณ์การทดลอง

1.5 ปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตแผ่นขึ้นอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสตามาลดูเลนซีส์มีดังนี้
สถานะในการอัดแผ่น

ชิ้นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสตามาลดูเลนซีส์อายุ	5- 7	ปี
ความหนาแน่นกำหนด	850	กก./ลบ.ม.
ความหนาของแผ่น	10	มม.
ขนาดของแผ่น	400 x 400	มม.
ปริมาณกาว*	10 และ 15	%
ปริมาณสารเร่งแข็ง (Hd.)**	2	%
อุณหภูมิในการอัด	120	⁰ ซ.
แรงดันในการอัด	150	กก./ซม. ²
ระยะเวลาในการอัด	5	นาที

หมายเหตุ * เทียบเป็นน้ำหนักกาวแห้งต่อน้ำหนักแห้งของชิ้นไม้

** เทียบเป็นน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักของกาวแห้ง



2. วิธีการผสมและผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากชิ้นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลินซิส

2.1 ในการผสมกากกับชิ้นเปลือกไม้ ผสมเนื้อกากและสารเร่งแข็งได้ตามสัดส่วนที่กำหนด แล้วนำกากเทใส่กระบอกลบอัด แล้วชั่งชิ้นไม้ให้ได้น้ำหนักตามที่คำนวณ ใส่ในเครื่องผสมกากกับชิ้นไม้แล้วทำการสเปรย์กากไปบนชิ้นไม้ในเครื่อง

2.2 การโรยแผ่นเตรียมอัด นำชิ้นไม้ที่ผสมกากเรียบร้อยแล้วไปชั่งให้น้ำหนักตามที่คำนวณ แล้วนำชิ้นไม้มาโรยแผ่นลงบนแผ่นสแตนเลสขนาด 400 x 400 มม. เมื่อโรยชิ้นไม้หมดแล้ว วางแผ่นสแตนเลสทับบนชิ้นไม้ วางแท่งเหล็กหนา (Stopper) 10 มม. ด้านข้างทั้ง 2 ด้าน

2.3 การอัดร้อน หลังจากโรยแผ่นเตรียมอัดเสร็จแล้วให้นำไปเข้าเครื่องอัดร้อน โดยใช้แรงดันประมาณ 150 กก./ซม.² ใช้ระยะเวลาในการอัด 5 นาที แล้วจึงนำแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดออกจากเครื่องอัดร้อน

2.4 การปรับความชื้นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด เมื่ออัดด้วยเครื่องอัดร้อนแล้วจะมีความชื้นกระจายอยู่ไม่สม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งแผ่น ต้องนำไปปรับความชื้นเป็นระยะเวลานาน 7 วัน (วรรณม, 2541) แล้วจึงนำแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดไปทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ

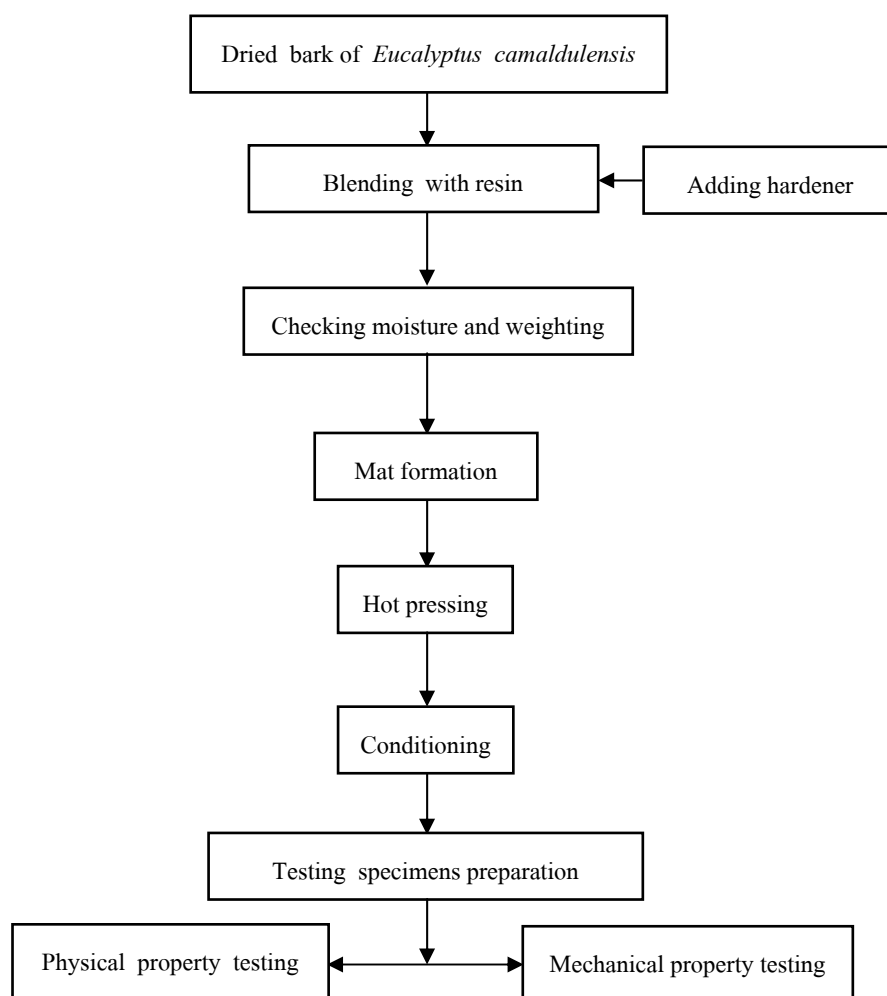


Figure 3. Production of particleboard from bark of *Eucalyptus camaldulensis*



3. การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตได้จากสภาวะทดลองทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การดูดซึมน้ำ และการพองตัวหลังแช่น้ำ และการทดสอบคุณสมบัติทางกล ได้แก่ ความต้านทานแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่น และแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิจัยได้วางแผนการวิจัยแบบสุ่ม (completely random design) โดยกำหนดปัจจัยที่จะศึกษา 4 ทรีทเมนต์ คือ เปลือกไม้ยูคาเบอร์ 1 ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% เปลือกไม้ยูคาเบอร์ 1 ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% เปลือกไม้ยูคาเบอร์ 2 ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% เปลือกไม้ยูคาเบอร์ 2 ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% โดยกำหนดให้แต่ละทรีทเมนต์ มีจำนวนซ้ำ 3 ซ้ำ และนำผลค่าการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้ One-way analysis of variance

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลเลนชีสมาเป็นวัตถุดิบในการผลิต

1. การวิเคราะห์ขนาดชั้นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลเลนชีส

โดยการนำเอาชั้นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลเลนชีสที่ได้จากการย่อยให้ได้ชิ้นขนาดเล็ก นำไปชั่งน้ำหนักนำเข้าเครื่องร่อน แล้วนำไปวิเคราะห์ขนาดชั้นไม้ ดังนี้

Table 1. Screen Analysis particles from bark of *Eucalyptus camaldulensis* No. 1 (Particle size on sieve ϕ 1 mm.).

Mesh No.	Average mesh aperture (mm.)	Average Particle dimension ^{1/}			Slenderness ratio	Amount of particle ^{2/} (%)
		Length (mm.)	Thickness (mm.)	Width (mm.)		
+ 5	4.000	-	-	-	-	0
- 5+12	2.840	4.30	0.70	1.57	6.15	12.96
- 12+20	1.275	3.42	0.40	1.06	8.49	79.09
-20 +40	0.638	3.48	0.09	0.51	39.71	5.97
- 40+60	0.337	0.337	3.22	0.09	0.24	0.45
- 60	0.250	0.250	3.17	0.05	0.15	0.55

1/ Each average value was measured from 100 particles.

2/ Percentage value based on the weight of total particles.



Table 2. Screen Analysis particles from bark of *Eucalyptus camaldulensis* No. 2 (Particle size on sieve $\varnothing$ 0.6 mm.)

Mesh No.	Average mesh aperture (mm.)	Average Particle dimension ^{1/}			Slenderness ratio	Amount of particle ^{2/} (%)
		Length (mm.)	Thickness (mm.)	Width (mm.)		
+ 5	4.000	-	-	-	-	0
- 5+12	2.840	3.55	0.86	1.61	4.12	0.03
- 12+20	1.275	2.67	0.29	0.61	9.11	18.26
-20 +40	0.638	3.50	0.14	0.35	25.45	56.93
- 40+60	0.337	2.46	0.07	0.21	34.89	17.70
- 60	0.250	2.05	0.06	0.15	34.73	5.93

1/ Each average value was measured from 100 particles.

2/ Percentage value based on the weight of total particles.

ชั้นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลินซิส เบอร์ 1 มีขนาดชั้นไม้ที่ค้ำอยู่บนตะแกรง 20 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด คือ 79.09 มีสัดส่วนความเพียวเท่ากับ 8.49 รองลงมาคือ ชั้นไม้ที่ค้ำอยู่บนตะแกรง 12 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักเท่ากับ 12.96 สัดส่วนความเพียว 6.15 ส่วนชั้นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลินซิสเบอร์ 2 มีขนาดชั้นไม้ที่ค้ำอยู่บนตะแกรง 40 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุดคือ 56.93 มีสัดส่วนความเพียวเท่ากับ 25.45 รองลงมาคือ ชั้นไม้ที่ค้ำอยู่บนตะแกรง 20 เมช ปริมาณโดยน้ำหนัก 18.26 สัดส่วนความเพียวเท่ากับ 9.11

2. ความเป็นกรดเป็นด่างของไม้และการผ่อนค่าความเป็นกรดของไม้

จากรายงานจะเห็นได้ว่าเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลินซิสจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.97 ซึ่งมีค่ามากกว่าไม้ยางพาราที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.78 ส่วนมีค่าการผ่อนค่าความเป็นกรดของไม้เฉลี่ยอยู่ที่ 19.90 น้อยกว่าไม้ยางพาราที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 40.80

Table 3. The analysis of pH and acid buffering capacity bark of *Eucalyptus camaldulensis* and Rubberwood.

Sample	pH Average	Acid Buffering Capacity, Milliequivalent (x 10 ⁻²)
Bark of <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	5.97	19.90
Rubberwood *	5.78	40.80

(*Oonjittichai , 2000)



3. สมบัติต่างๆ ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

ผลการศึกษาสมบัติต่างๆ ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้ในการผลิตแผ่นขึ้นอัดมี ดังนี้

Table 4. The properties of Urea Formaldehyde Resin.

Type	Urea Formaldehyde
pH	9.02
Viscosity (centipoises)	130.00
Non - volatile content (%)	47.99
Gel time (min : sec) at 100 °C (mix with ammonium chloride 2% base on dry resin)	39.00
Specific Gravity (at 31 °C)	1.182

Gel time was occurred more than 3 hours without adding hardener.

4. ผลการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

4.1 การพองตัวหลังแช่น้ำ (Thickness Swelling)

การศึกษากาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์จากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสตามาลดูละเลนชีสอายุ 5-7 ปี โดยใช้ขนาดของชิ้นเปลือกไม้และปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่แตกต่างกันคือ เบอร์ 1 (ขนาดรูตะแกรงร่อน 1 มม.) และเบอร์ 2 (ขนาดรูตะแกรงร่อน 0.6 มม.) ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10 และ 15% เป็นตัวประสานพบว่า การใช้ชิ้นเปลือกไม้ที่มีขนาดเล็กและใช้ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์สูงจะมีผลทำให้ค่าการพองตัวหลังแช่น้ำดีขึ้น จากการทดสอบการพองตัวหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง เบอร์ 1 ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10 และ 15% มีค่า 30.33 และ 17.14% ส่วนเบอร์ 2 มีค่า 18.51 และ 14.90% การพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง เบอร์ 1 มีค่า 37.16 และ 21.32% เบอร์ 2 มีค่าเท่ากับ 26.42 และ 20.85% เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า มีเพียงแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด เบอร์ 1 ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% เป็นตัวประสาน ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมงไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกแผ่น

4.2 การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

การดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมงของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด เบอร์ 1 มีค่า 61.96 และ 52.20% เบอร์ 2 มีค่า 44.80 และ 42.29% ส่วนการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง เบอร์ 1 มีค่า 78.85 และ 72.02% เบอร์ 2 มีค่า 72.05 และ 61.60% จากผลการทดสอบพบว่า การใช้ชิ้นไม้ที่มีขนาดเล็กและเพิ่มปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% มีค่าการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมงน้อยที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า การดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง มีเพียงแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเบอร์ 1 ใช้



กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% เป็นตัวประสาน และการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมงมีเพียงแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด เบอร์ 2 ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% เป็นตัวประสานที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3 ความต้านทานแรงดัด (Modulus Of Rupture)

การนำแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดไปใช้ประโยชน์เป็นวัสดุคืบในด้านต่างๆ เช่น นำไปประกอบเป็นเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ใช้ในสำนักงานและใช้ในครัวเรือนนั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะพิจารณาคุณสมบัติด้านความแข็งแรงของวัสดุคืบ ความต้านทานแรงดัดเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่สำคัญทางด้านความแข็งแรงของไม้จากการศึกษาการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากชิ้นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสตามาลดูเลนซิสอายุ 5-7 ปี โดยใช้ชิ้นเปลือกไม้และปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ต่างกันพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อขนาดของชิ้นเปลือกไม้ แต่จะมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากชิ้นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสเบอร์ 2 ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% เป็นตัวประสาน มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าความต้านทานแรงดัดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

4.4 โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus Of Elasticity)

ผลการทดสอบคุณสมบัติโมดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตได้ครั้งนี้มีค่าค่อนข้างต่ำคือ แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้ชิ้นเปลือกไม้เบอร์ 1 กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10 และ 15% เป็นตัวประสาน มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 560 และ 551 MPa เบอร์ 2 มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 780 และ 854 MPa และพบว่า ขนาดชิ้นเปลือกไม้ที่เล็กลงและปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่สูงขึ้นมีผลทำให้คุณสมบัติโมดูลัสยืดหยุ่นดีขึ้น เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสตามาลดูเลนซิส อายุ 5-7 ปี เบอร์ 2 ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเบอร์ 1 ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10 และ 15% แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับเบอร์ 2 ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ดังนั้นจึงควรใช้ชิ้นเปลือกไม้ที่มีขนาดเล็กลงเพื่อเป็นการเพิ่มคุณภาพของแผ่นในด้านคุณสมบัติโมดูลัสยืดหยุ่น

4.5 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal Bond)

เมื่อเพิ่มปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มากขึ้นคุณภาพของแผ่นด้านคุณสมบัติความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจะดีขึ้น จะเห็นได้จากผลการทดสอบแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากชิ้นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสตามาลดูเลนซิส อายุ 5-7 ปี เบอร์ 1 ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10 และ 15% มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเท่ากับ 0.49 และ 0.74 MPa ส่วนแผ่นที่ผลิตจากเบอร์ 2 มีค่าเท่ากับ 0.76 และ 0.65 MPa แต่เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อขนาดของชิ้นเปลือกไม้และปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard พบว่าแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกแผ่น

4.6 ความหนาแน่น (Density)

ประสิทธิภาพการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์กับชิ้นไม้เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของแผ่นที่ผลิตได้ (วรรณ, 2543) ในการศึกษาการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสตามาลดูเลนซิสในครั้งนี้พบว่า



การใช้ลักษณะขนาดของชิ้นไม้ที่เล็กลงและปริมาณกาวที่เพิ่มขึ้น โดยแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากชิ้นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสความดูแลนซีสอายุ 5-7 ปี เบอร์ 2 ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% เป็นตัวประสานมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสูงที่สุด คือ 905.07 กก./ลบ.ม. และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า มีเพียงแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด เบอร์ 1 และเบอร์ 2 ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% เป็นตัวประสานที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard พบว่า มีเพียงแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด เบอร์ 2 ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% เป็นตัวประสานที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดเล็กน้อย

4.7

ความชื้น (Board Moisture Content)

การศึกษาคูสมบัติแผ่นด้านความชื้นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเบอร์ 1 เบอร์ 2 ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10 และ 15% เป็นตัวประสานพบว่า แผ่นที่ผลิตได้มีค่าความชื้นใกล้เคียงกันทุกสภาวะที่กำหนด คือ ร้อยละ 11.02-12.38 และเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อขนาดของชิ้นเปลือกไม้และปริมาณกาว เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboard พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกแผ่น

Table 5. The result properties particleboard from bark of *Eucalyptus camaldulensis* aged 5-7 years No. 1 (Particle size on sieve ϕ 1 mm.) and No. 2 (Particle size on sieve ϕ 0.6 mm.) using urea formaldehyde (UF) 10 and 15% as binder, at board density 850 kg/m³ compared with JIS A 5908-1994 : Particleboards.

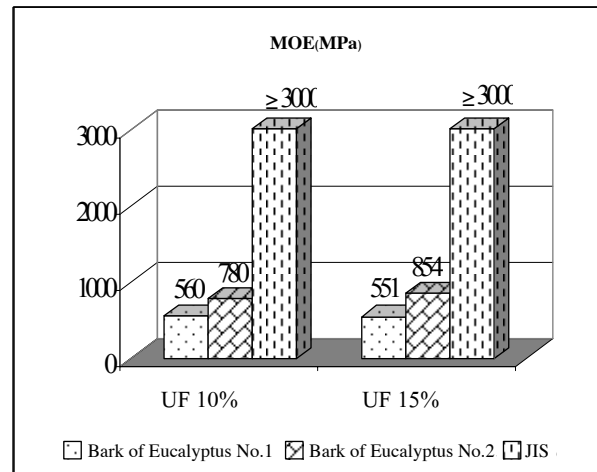
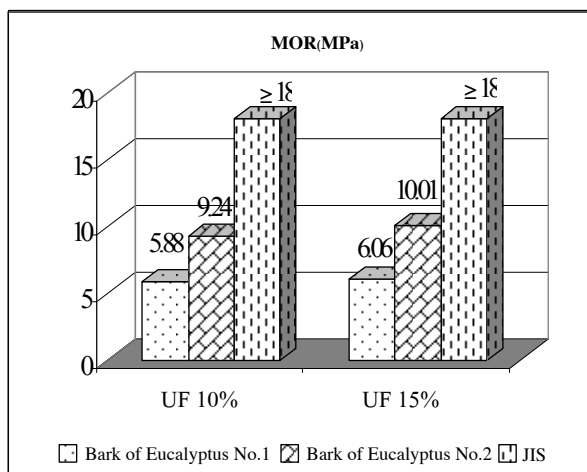
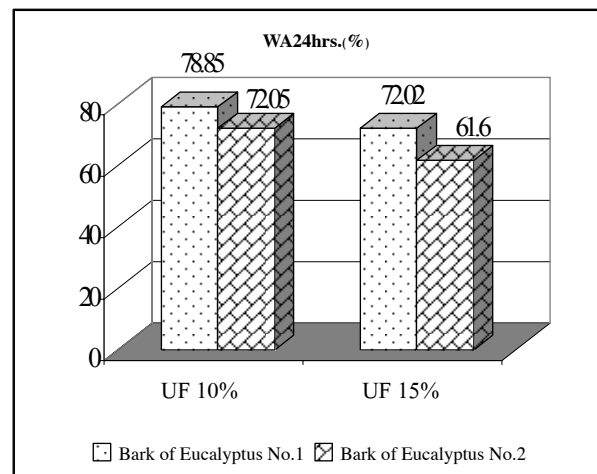
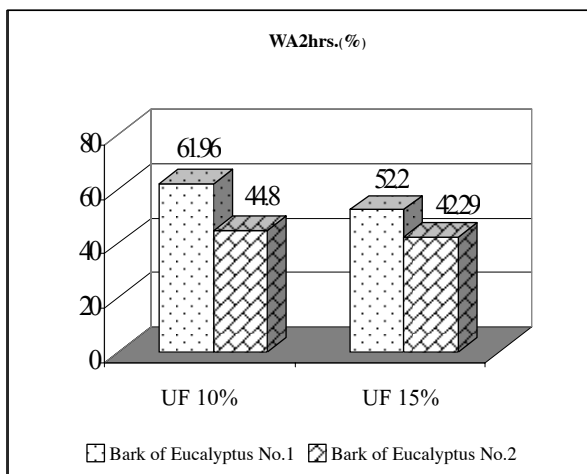
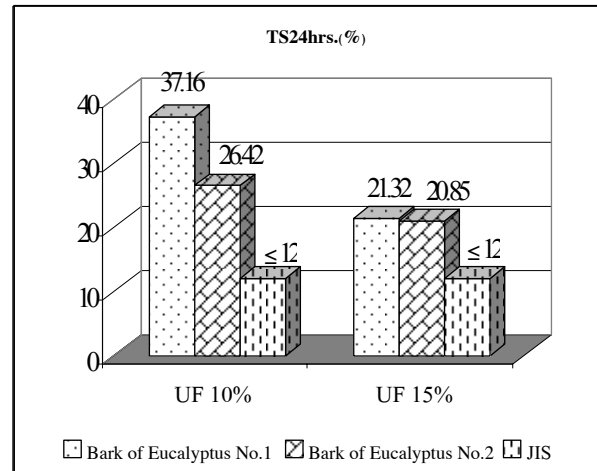
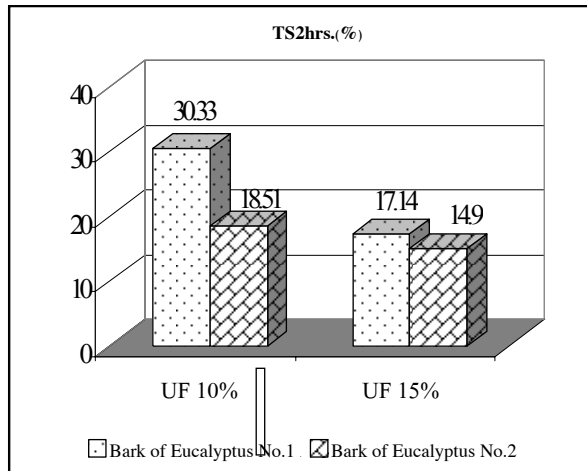
Sample	TS (%)		WA (%)		MOR (MPa)	MOE (MPa)	IB (MPa)	Density (kg/m ³)	Moisture Content (%)
	2 hrs.	24 hrs.	2 hrs.	24 hrs.					
Bark of Eucalyptus N0. 1 : UF 10 %	30.33 a*	37.16 a	61.96 a	78.85 a	5.88 a	560 a	0.49 a	863.09 ab	11.40 a
Bark of Eucalyptus N0. 1 : UF 15 %	17.14 b	21.32 b	52.20 ab	72.02 a	6.06 a	551 a	0.74 a	795.32 b	11.02 a
Bark of Eucalyptus N0. 2 : UF 10 %	18.51 b	26.42 b	44.80 b	72.05 a	9.24 b	780 ab	0.76 a	872.55 ab	11.74 a
Bark of Eucalyptus N0. 2 : UF 15 %	14.90 b	20.85 b	42.29 b	61.60 b	10.01 b	854 b	0.65 a	905.07 a	12.38 a
JISA 5908-1994 (18 type)	-	≤12	-	-	≥18	≥3000	≥0.3	400-900	5-13

* Same letters (a, b) in each column mean the non significant difference at 95 %.



Table 6. Analysis of variances of particleboard from bark of *Eucalyptus camaldulensis* aged 5-7 years No. 1 (Particle size on sieve $\varnothing$ 1 mm.) and No. 2 (Particle size on sieve $\varnothing$ 0.6 mm.) using urea formaldehyde (UF) 10 and 15% as binder, at board density 850 kg/m³.

Property		Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Ts 2 hr	Between Groups	428.713	3	142.904	17.027	.001
	Within Groups	67.142	8	8.393		
	Total	495.855	11			
Ts 24 hr	Between Groups	517.368	3	172.456	16.695	.001
	Within Groups	82.637	8	10.330		
	Total	600.005	11			
Wa 2 hr	Between Groups	702.319	3	234.106	6.379	.016
	Within Groups	293.577	8	36.697		
	Total	995.896	11			
Wa 24 hr	Between Groups	457.338	3	152.446	10.974	.003
	Within Groups	111.136	8	13.892		
	Total	568.474	11			
MOR	Between Groups	41.056	3	13.685	8.913	.006
	Within Groups	12.283	8	1.535		
	Total	53.339	11			
MOE	Between Groups	214276.67	3	71425.556	3.207	.083
	Within Groups	178162.00	8	22270.250		
	Total	392438.67	11			
IB	Between Groups	.135	3	4.494E-02	1.633	.257
	Within Groups	.220	8	2.752E-02		
	Total	.355	11			
Density	Between Groups	19139.851	3	6379.950	3.625	.064
	Within Groups	14080.450	8	1760.056		
	Total	33220.301	11			
MC	Between Groups	34.234	3	11.411	1.562	.273
	Within Groups	58.462	8	7.308		
	Total	92.696	11			



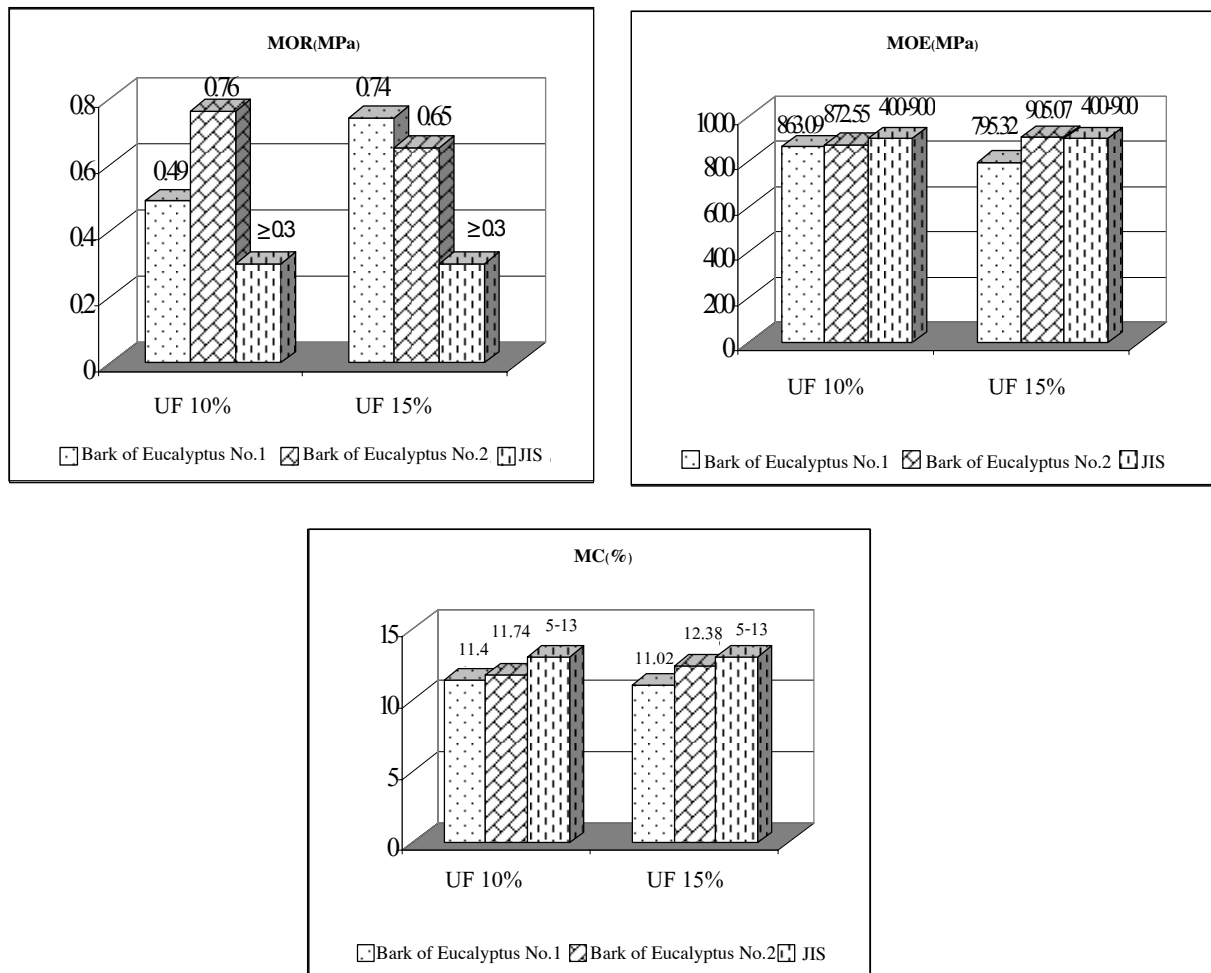


Figure 4. The properties of particleboard from bark of *Eucalyptus camaldulensis* aged 5-7 years No.1 (Particle size on sieve $\varnothing$ 1 mm.) and No. 2 (Particle size on sieve $\varnothing$ 0.6 mm.) using urea formaldehyde (UF) 10 and 15% as binder, at board density 850 kg/m³ compared with JIS A 5908-1994 : Particleboards.

สรุปผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ขนาดของชิ้นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลนชีสอายุ 5-7 ปี เบอร์ 1 (ขนาดรูตะแกรงร่อน 1 มม.) และเบอร์ 2 (ขนาดรูตะแกรงร่อน 0.6 มม.) พบว่า ชิ้นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลนชีสเบอร์ 1 ชิ้นเปลือกไม้ที่ค้ำอยู่บนตะแกรง 20 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด มีสัดส่วนความเพริยวเท่ากับ 8.49 ส่วนชิ้นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลนชีส เบอร์ 2 ชิ้นเปลือกไม้ที่ค้ำอยู่บนตะแกรง 40 เมช มีปริมาณโดยน้ำหนักมากที่สุด มีสัดส่วนความเพริยวเท่ากับ 25.45 และเมื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และการผ่อนค่าความเป็นกรดของไม้พบว่า เปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลนชีส มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่าไม้ยางพารา แต่จะมีค่าการผ่อนค่าความเป็นกรดของไม้ต่ำกว่าไม้ยางพารา

จากการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากชิ้นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสตามลดูเลนซีพบว่า การใช้ชิ้นไม้ที่มีขนาดเล็กและใช้กาวในปริมาณที่สูงขึ้นจะทำให้คุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีขึ้น และจากการเปรียบเทียบการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากชิ้นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสตามลดูเลนซีอายุ 5-7 ปี เบอร์ 1 (ขนาดรูตะแกรงร่อน 1 มม.) และเบอร์ 2 (ขนาดรูตะแกรงร่อน 0.6 มม.) ใช้กาวยูเรียฟอรัลมีลดีไฮด์ 10 และ 15 % เป็นตัวประสานพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้ชิ้นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสตามลดูเลนซีอายุ 5-7 ปี เบอร์ 2 ใช้กาวยูเรียฟอรัลมีลดีไฮด์ 15% เป็นตัวประสาน จะมีค่าคุณสมบัติการพองตัว และการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ ความต้านทานแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นดีที่สุด

เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า มีเพียงคุณสมบัติความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า และความชื้นของแผ่นที่มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อขนาดของชิ้นเปลือกไม้ ปริมาณกาว ส่วนคุณสมบัติการพองตัวและการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ ความต้านทานแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่น และความหนาแน่นของแผ่นมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อขนาดของชิ้นเปลือกไม้และปริมาณกาวที่กำหนด

เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าและค่าความชื้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด



Figure 5. Particleboard from bark of *Eucalyptus camaldulensis*

ข้อเสนอแนะ

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการอัดแผ่นควรมีความชื้นที่เหมาะสม เนื่องจากถ้าวัตถุดิบมีความชื้นสูงเกินไปจะทำให้แผ่นที่ผลิตได้เกิดการบวมของแผ่น แผ่นมีคุณภาพไม่ดี
2. การโรยชิ้นวัตถุดิบที่ผสมกาวเรียบร้อยแล้วในขั้นตอนการฟอรัลแผ่นก่อนอัดร้อน ควรโรยชิ้นวัตถุดิบให้สม่ำเสมอทั้งทั่วทั้งแผ่นจะได้แผ่นที่มีคุณภาพดีขึ้น
3. จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การใช้วัตถุดิบที่มีขนาดเล็กและใช้ปริมาณกาวเพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้คุณภาพของแผ่นดีขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาปรับปรุงสภาวะที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มคุณภาพของแผ่นและสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่ง จากเจ้าหน้าที่ของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็ก จังหวัดขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุคิปไม้ที่ใช้ในงานวิจัย

ขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโส สังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- วรรณม อุณจิตติชัย. 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล (แผ่นจีนไม้อัด) และกรรมวิธีผลิต. เอกสารวิชาการ เลขที่ ร. 514. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 202 หน้า.
- วรรณม อุณจิตติชัย. 2543. แผ่นปาร์ติเกิลจากเศษไม้คละชนิดเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม. รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ 2541 – 2542. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. หน้า 91.
- วรรณม อุณจิตติชัย. 2545. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการใช้กากกับงานไม้. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้, สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.
- Japanese Industrial Standard, Japanese Standards Association. 1994. JIS A 5908 Standard Specification for Particleboards. Hohbunsha Publ. Co. Inc. Tokyo. 24 p.



แผ่นใยไม้อัดแข็งจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลินซิส

HARDBOARD FROM EUCALYPTUS CAMALDULENSIS DEHNH.

ปิยะวดี บัวจงกล (PIYAWADE BAUCHONGKOL)¹

วัลยuth เฟื่องวิวัฒน์ (VALLAYUTH FUENGWIVAT)²

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้นำไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลินซิส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) จากสวนป่าในท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดฉะเชิงเทรา 4 ชั้นอายุ คือ 3 5 7 และ 10 ปี มาผลิตเป็นแผ่นใยไม้อัดแข็ง

ในการทดลองผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็งในห้องปฏิบัติการ ได้ใช้กรรมวิธีการผลิตแบบเปียก โดยใช้พาราฟินอิมัลชันเป็นสารปรับปรุงคุณภาพในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.0 1.0 และ 1.5% ของน้ำหนักเยื่อแห้ง ดำเนินการทดลองแบบ 2x4x3 แฟคตอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดที่มี 3 ซ้ำ หลังจากนั้นนำแผ่นที่ผลิตไปตัดตัวอย่างสำหรับทดสอบสมบัติเชิงกลและทางกายภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 180-2532 ข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลินซิส จากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ ชั้นอายุ 3 ปี ได้ผลผลิตเยื่อสูงสุดคือ 98.18% โดยแผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลินซิส จากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ ชั้นอายุ 5 ปี ไม่ใช้พาราฟินอิมัลชันในการผลิตมีค่ากลสมบัติดีที่สุด แต่เมื่อพิจารณาถึงสมบัติทางด้านการดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนา พบว่า แผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลินซิส จากทั้งสองท้องที่ ชั้นอายุ 10 ปี ทั้งที่ไม่ใช้และใช้พาราฟินอิมัลชันปริมาณที่แตกต่างกันในการผลิตมีค่าการดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนาที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 180-2532 กำหนด

คำหลัก : ปริมาณความชื้น ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ การพองตัวตามความหนา ความต้านแรงดัด มอดุลัส ยืดหยุ่น แผ่นใยไม้อัดแข็ง ยูคาลิปตัสคามาลดูลินซิส

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

² สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้



ABSTRACT

Research study for hardboard (HB) made by *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from Buriram and Chachoengsao province plantation with various age levels 3, 5, 7 and 10 years old.

The experiment wet processed with 3 different paraffin emulsion levels (0.0%, 1.0% and 1.5% by dry weight of pulp) and was conducted using 2x4x3 Factorial experiment in Completely Randomized Design (CRD) with three replications. Properties of boards were tested by TISI. 180-2532. The data gathered were analyzed by statistical method.

The results demonstrated that *E. camaldulensis* 3 years old from Buriram province was pulp yield 98.18%. The Best mechanical properties were HB made from *E. camaldulensis* 5 years old from Buriram province with 0.0% paraffin emulsion but the best water absorption and thickness swelling properties were HB made from *E. camaldulensis* 10 years old from two sites with different paraffin emulsion that passed TISI. 180-2532.

Keywords : Moisture content, Density, Water absorption, Thickness swelling, Modulus of rupture, Modulus of Elasticity, Hardboard, *Eucalyptus camaldulensis*

คำนำ

อุตสาหกรรมแผ่นไม้อัดไม้ประกอบ (wood-based panel industry) ที่ใช้ไม้โตเร็วเป็นวัตถุดิบในการผลิตมีด้วยกันหลายประเภท ได้แก่ แผ่นชิ้นไม้อัด (particleboard) แผ่นใยไม้อัด (fiberboard) แผ่นไม้อัดสารแร่ (wood mineral-bonded panel) เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ไม้เหล่านี้เริ่มเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันทั้งในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ โดยการนำไม้เนื้อแข็งหรือฟอรไมก้ามาปิดทับแล้วผลิตเป็นชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ ตลอดจนการใช้ตกแต่งภายใน ฝ้าผนังกันห้อง ล้วนแต่ต้องพึ่งพาวัสดุเหล่านี้

การใช้ไม้ยูคาลิปตัสเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็งปัจจุบันจะรับซื้อไม้จากผู้ขาย โดยกำหนดเฉพาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของไม้เท่านั้น คือ จะต้องมีความเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 2 นิ้วขึ้นไป โดยไม่คำนึงถึงอายุของไม้ ซึ่งอายุของไม้จะมีผลต่อลักษณะโครงสร้าง องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณสารแทรกต่างๆ ในเนื้อไม้ เมื่อนำไม้มาผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็งจะมีผลต่อสมบัติของแผ่นใยไม้อัดแข็ง จากการสอบถามผู้ประกอบการเกี่ยวกับปัญหาในการผลิตพบว่า ปัญหาที่สำคัญของการนำไม้ยูคาลิปตัสมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็ง คือ จะให้ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าการพองตัวตามความหนาสูงเกินมาตรฐานกำหนด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาวิจัยเกี่ยวกับชั้นอายุของไม้ยูคาลิปตัสที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็ง และวิธีการปรับปรุงคุณภาพของแผ่นใยไม้อัดแข็งให้มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน



วิธีการศึกษา

อุปกรณ์

1. ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลูเลซิส ชั้นอายุ 3 5 7 และ 10 ปี จากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ และฉะเชิงเทรา
2. เครื่องแยกเยื่อ
3. เครื่องบดละเอียดเยื่อ
4. เครื่องหาความเป็นอิสระของเยื่อ
5. เครื่องอัดเย็น
6. เครื่องอัดร้อน
7. เครื่องทดสอบสากล

วิธีการ

1. การเตรียมวัตถุดิบ (raw material preparation)

นำไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลูเลซิส จากจังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดฉะเชิงเทรา ชั้นอายุ 3 5 7 และ 10 ปี มาสับเป็นชิ้นไม้สับ (wood chip) ขนาดเล็กๆ ด้วยเครื่องสับชิ้นไม้ (chipper) โดยไม่ต้องปอกเปลือกออก จากนั้นจึงนำชิ้นไม้สับที่ได้ไปคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาด เพื่อคัดขนาดชิ้นไม้สับที่มีความกว้างยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร ความหนาประมาณ 5 มิลลิเมตร มาใช้ในการเตรียมเยื่อ

2. การเตรียมเยื่อ (pulp preparation)

นำชิ้นไม้สับไปแยกเยื่อด้วยเครื่องแยกเยื่อแบบ Asplund Difibrator ภายใต้สภาวะดังต่อไปนี้

ความดันไอน้ำ	10	กก./ตร.ซม. (อุณหภูมิประมาณ 180°C)
ระยะเวลาในการนึ่งวัตถุดิบ	4	นาที
ระยะเวลาในการแยกเยื่อ	1	นาที

จากนั้นนำเยื่อที่ได้ไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดเยื่อแบบ Single disc refiner ของ Sprout-Waldron D 2202 เอส A งานบดแบบ 17804 รัศมี 15 ซม. ภายใต้ความดันบรรยากาศปกติ จนได้เยื่อที่ละเอียดพอเหมาะ แล้ววัดความละเอียดของเยื่อด้วยเครื่อง Freeness Tester ได้ค่าความเป็นอิสระของเยื่อประมาณ 20±1 DS (defibrator seconds)

3. การทำแผ่น (mat formation)

นำเยื่อที่ได้จากข้อ 2 มาผสมน้ำเพื่อปรับความเข้มข้นของเยื่อให้มีความเข้มข้นของเยื่อประมาณ 2.0% จากนั้นนำเยื่อที่ผสมน้ำมาทำแผ่นด้วยเครื่องทำแผ่น (defibrator wet-sheet former) ขนาด 35x 35 ซม. โดยใช้น้ำหนักเยื่อแห้ง 367.5 กรัม/แผ่น เพื่อทำแผ่นใยไม้อัดแข็งขนาดความหนา 3.00 มม. และควบคุมความเข้มข้นของเยื่อในขณะทำแผ่นให้มีความเข้มข้นประมาณ 1.25% เมื่อทำแผ่นเสร็จแล้วนำแผ่นเยื่อเปียกที่ได้ไปบีบน้ำออกเพื่อให้แผ่นเยื่อมีปริมาณความชื้นประมาณ 60% ด้วยเครื่องอัดเย็น (cold press) โดยใช้แรงอัด 100 กก./ตร.ซม. แล้วจึงพันสารปรับปรุงคุณภาพที่ผิวหน้าของแผ่น ซึ่งสารปรับปรุงคุณภาพที่ใช้ในการทดลอง คือ พาราฟินอิมัลชันปริมาณ 0.0 1.0 และ 1.5% ของน้ำหนักเยื่อแห้ง



4. การอัดร้อน (hot pressing)

นำแผ่นเยื่อเปียก (wet format) ที่บีบน้ำออกจนมีความชื้นประมาณ 60% มาอัดด้วยเครื่องอัดร้อน (hot press) ขนาดของแท่นอัด 40x 40 ซม. โดยใช้สภาวะในการอัดเพื่อให้ได้แผ่นใยไม้อัดแข็งที่มีขนาดความหนา 3.00 มม. (Figure 1) ดังนี้

	ระยะที่ 1	ระยะที่ 2	ระยะที่ 3
แรงอัดจำเพาะ (กก./ตร.ซม.)	50	22	40
ระยะเวลา (วินาที)	40	180	60
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	180	180	180

5. การอบร้อน (heat treatment)

นำแผ่นใยไม้อัดแข็งที่ได้ผ่านการอัดร้อนไปอบร้อนที่อุณหภูมิ 160 °C เป็นเวลา 4 ชม. เพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านการเพิ่มความแข็งแรงแก่แผ่นใยไม้อัดแข็ง

6. การทดสอบสมบัติทางกายภาพและกลสมบัติของแผ่นใยไม้อัดแข็ง (test for physical and mechanical properties of experimental hardboard)

แผ่นใยไม้อัดแข็งที่ผ่านการอบร้อนแล้ว จะนำไปเก็บไว้ในสภาวะอากาศปกติ ณ อุณหภูมิห้อง $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24 ชม. จากนั้นจึงนำมาทดสอบคุณสมบัติด้านต่างๆ ตามมาตรฐาน มอก.180-2532 (Table 1) ดังนี้

- 6.1 ความหนา (thickness)
- 6.2 ความหนาแน่น (density)
- 6.3 ปริมาณความชื้น (moisture content)
- 6.4 การดูดซึมน้ำและการพองตัวตามความหนา (water absorption and thickness swelling)
- 6.5 ความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น (modulus of rupture and modulus of elasticity)

7. การวิเคราะห์ผล

การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นใยไม้อัดแข็งจากไม้ยูคาลิปตัสตามลक्षणและสีจากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดละโว้ต่างชั้นอายุ คือ 3 5 7 และ 10 ปี และใส่พาราฟินอิมัลชันเป็นสารปรับปรุงคุณภาพในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.0 1.0 และ 1.5% ของน้ำหนักเยื่อแห้ง โดยวางแผนการทดลองแบบ 2x4x3 แฟกตอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (2x4x3 Factorial experiment in completely randomized design) การทดลองมี 24 ทรีเมนต์ แต่ละระดับมีจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดสอบ คือ ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าการพองตัวตามความหนา ค่าความต้านแรงดัด และค่ามอดูลัสยืดหยุ่น มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ว่าผลการทดสอบนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ ถ้าปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ก็จะนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT)

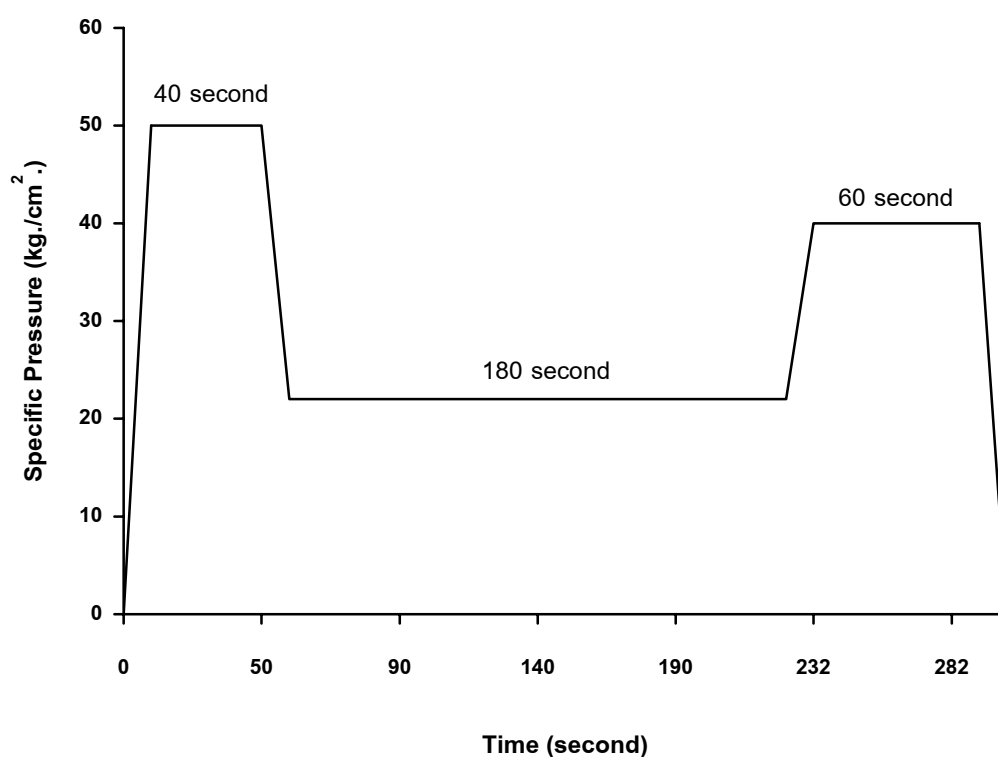


Figure 1. Pressure - Time diagram

Table 1. Thai Industrial Standard for Hardboards: TISI 180-2532

Properties	Standard	Unit
1. Density	800-1,200	kg./m ³ .
2. Moisture content	5-13	%
3. Water absorption after 24 hrs.		%
3.1 Thickness < 4.0 mm.	≤ 40	
3.2 Thickness ≥ 4.0 mm.	≤ 30	
4. Thickness swelling after 24 hrs.		%
4.1 Thickness < 4.0 mm.	≤ 30	
4.2 Thickness ≥ 4.0 mm.	≤ 20	
5. Modulus of rupture		MPa
5.1 Thickness < 4.0 mm.	≥ 38	
5.2 thickness ≥ 4.0 mm.	≥ 35	



ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ผลผลิตเยื่อ

จากการนำชิ้นไม้สับจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสไปแยกเป็นเยื่อโดยกรรมวิธีแอสพลุนด์ พบว่าผลผลิตเยื่อจากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดฉะเชิงเทรา ต่างชั้นอายุ คือ 3 5 7 และ 10 ปี มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 93.51 - 98.18 % (Table 2 และ Figure 2)

Table 2. Means of fiber yields of *Eucalyptus camaldulensis*

Location	Age level (year)	Fiber yield (%)
Buriram	3	98.18
	5	93.84
	7	97.77
	10	95.76
Chachoengsao	3	93.51
	5	94.23
	7	93.61
	10	94.43

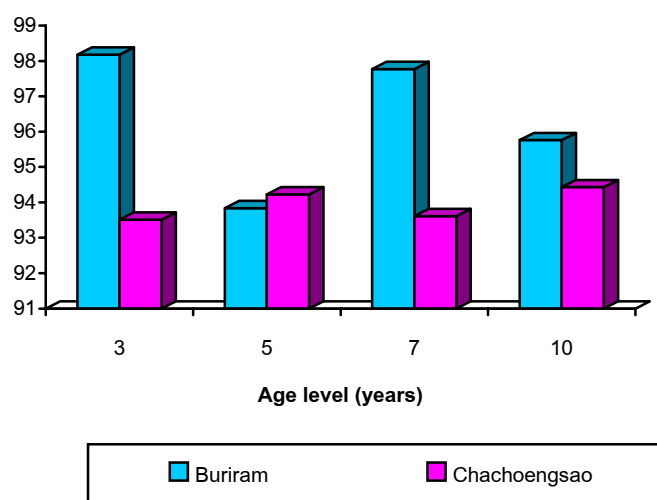


Figure 2. Percentage fiber yield of *Eucalyptus camaldulensis*

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง (Table 3) พบว่า ปีจัยร่วมระหว่างแหล่งที่มา กับชั้นอายุของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส มีผลต่อผลผลิตเยื่อเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ปรากฏว่า ผลผลิตเยื่อจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ชั้นอายุ 3 และ 7 ปี ในท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ แตกต่างจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ชั้นอายุ 5 ปี และ 10 ปี จากจังหวัดบุรีรัมย์ และไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส



ทุกชั้นอายุจากท้องที่จังหวัดยะลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 4 และ Figure 3)

Table 3. Analysis of variance (ANOVA) of the results of fiber yield

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Location	1	35.795	35.795	105.644 **
Age level	3	12.188	4.063	11.991 **
Location * Age level	3	25.758	8.586	25.341 **
Error	16	5.421	0.339	
Total	23	79.163		

** significant at 1% probability level

Table 4. Comparison of fiber yield of *Eucalyptus camaldulensis*

Location	Age level (years)	Fiber yield (%) ^{1/}
Buriram	3	98.18 a
Buriram	7	97.77 a
Buriram	10	95.76 b
Chachoengsao	10	94.43 b
Chachoengsao	5	94.23 b
Buriram	5	93.84 b
Chachoengsao	7	93.61 b
Chachoengsao	3	93.51 b

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

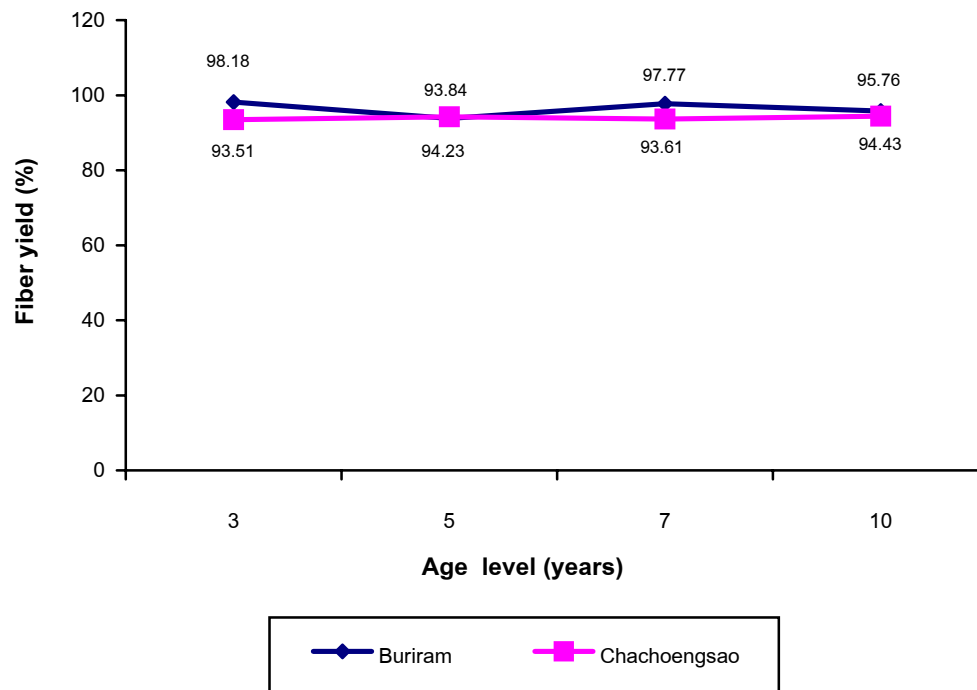


Figure 3. Percentage fiber yield of *Eucalyptus camaldulensis*

การทดสอบคุณภาพนำเอาเยื่อที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัสคามาสดูลเลนซิสจากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดฉะเชิงเทรา ต่างชั้นอายุ คือ 3 5 7 และ 10 ปี มาผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็ง โดยใช้พาราฟินอิมัลชันเป็นสารปรับปรุงคุณภาพในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.0 1.0 และ 1.5% ของน้ำหนักเยื่อแห้ง เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 80-2532 แสดงให้เห็นว่า

1. ลักษณะทางกายภาพของแผ่นใยไม้อัดแข็ง

แผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาสดูลเลนซิสจะมีสีน้ำตาลเข้ม ตามสภาพของวัตถุดิบที่ใช้ โดยแผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาสดูลเลนซิส ชั้นอายุ 10 ปี จะมีสีเข้มมากที่สุด รองลงมาคือ 7 5 และ 3 ปี ตามลำดับ

2. ความหนา

ความหนาของแผ่นใยไม้อัดแข็ง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.22 - 3.91 มม. (Table 5)



Table 5. Means of thickness of the hardboards

Location	Age level (years)	Paraffin emulsion (%)	Thickness (mm.)
TISI 180-2532			3.00±0.40
Buriram	3	0.0	3.22
		1.0	3.44
		1.5	3.91
	5	0.0	3.55
		1.0	3.53
		1.5	3.55
	7	0.0	3.48
		1.0	3.53
		1.5	3.48
	10	0.0	3.63
		1.0	3.66
		1.5	3.64
Chachoengsao	3	0.0	3.47
		1.0	3.67
		1.5	3.71
	5	0.0	3.65
		1.0	3.64
		1.5	3.73
	7	0.0	3.45
		1.0	3.47
		1.5	3.51
	10	0.0	3.35
		1.0	3.42
		1.5	3.32

3. ความหนาแน่น

ความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดแข็งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 933.69 – 1039.80 กก./ลบ.ม. (Table 6 และ Figtre 4) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2532 คือ มีความหนาแน่นในช่วง 800-1,200 กก./ลบ.ม.



5. ปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นของแผ่นใยไม้อัดแข็งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 7.49 – 9.40 (Table 7 และ Figure 5) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2532 ที่กำหนดให้มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 5-13 %

6. การดูดซึมน้ำ

การดูดซึมน้ำของแผ่นใยไม้อัดแข็งเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2532 ซึ่งกำหนดให้ มีค่าการดูดซึมน้ำไม่เกิน 40% นั้น ปรากฏผลการทดลอง ดังนี้ (Table 8 และ Figure 6)

1. แผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส จากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ ชั้นอายุ 7 และ 10 ปี ที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพในปริมาณ 0.0 1.0 และ 1.5% มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 21.13 – 33.06% มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2532

2. แผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส จากท้องที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ชั้นอายุ 5 ปี ที่ไม่เติมสารปรับปรุงคุณภาพ และชั้นอายุ 10 ปี ซึ่งเติมสารปรับปรุงคุณภาพในปริมาณ 0.0 1.0 และ 1.5% มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 37.46 35.65 22.91 25.04 ตามลำดับ มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2532

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง (Table 9) พบว่า มีเพียงปัจจัยร่วมระหว่างแหล่งที่มา กับชั้นอายุของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ปรากฏว่า ค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นใยไม้อัดแข็งจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ชั้นอายุ 10 ปี จากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดฉะเชิงเทรา มีค่าเท่ากับ 21.46 และ 28.87% ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (table 10 และ Figure 7) และเมื่อใช้ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสชั้นอายุมากขึ้นมีผลให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 11 และ Figure 8)

Table 6. Means of densities of hardboards

Location	Age level (years)	Paraffin emulsion (%)	Density (kg./m ³ .)
TISI 180-2532	3	0.0	933.69
		1.0	1001.31
		1.5	1001.12
	5	0.0	964.67
		1.0	960.86
		1.5	944.16
Buriram	7	0.0	981.23
		1.0	970.21
		1.5	980.41

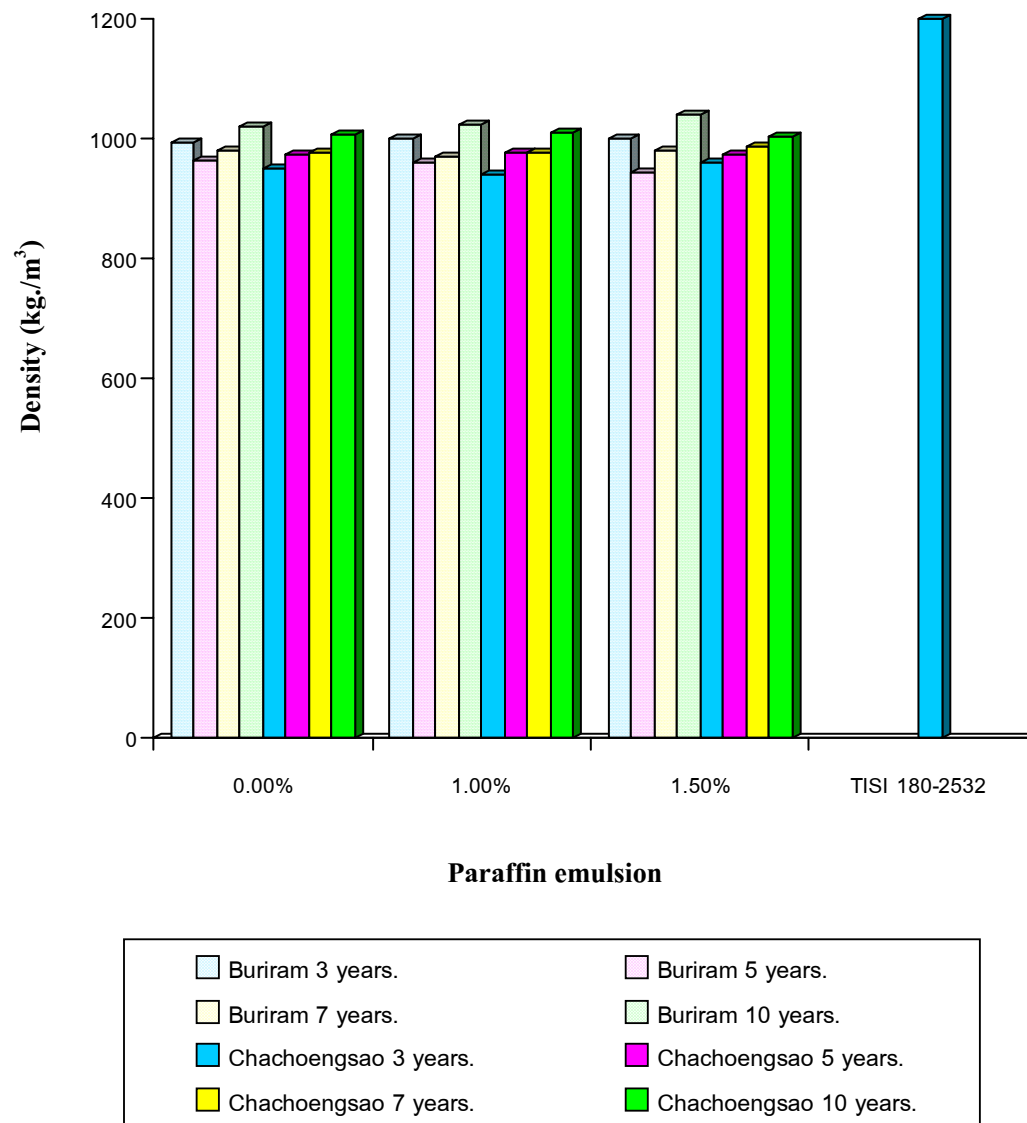


Figure 4. The densities of the various hardboards



Table 7. Means of moisture content of hardboards

Location	Age level (years)	Paraffin emulsion (%)	Moisture content (%)
TISI 180-2532			5 - 13
Buriram	3	0.0	8.90
		1.0	8.75
		1.5	8.84
	5	0.0	8.99
		1.0	9.01
		1.5	9.00
	7	0.0	8.07
		1.0	8.18
		1.5	7.49
	10	0.0	7.87
		1.0	7.93
		1.5	7.91
Chachoengsao	3	0.0	9.27
		1.0	9.40
		1.5	9.28
	5	0.0	8.47
		1.0	8.55
		1.5	8.56
	7	0.0	8.63
		1.0	8.46
		1.5	8.64
	10	0.0	8.02
		1.0	8.07
		1.5	8.13

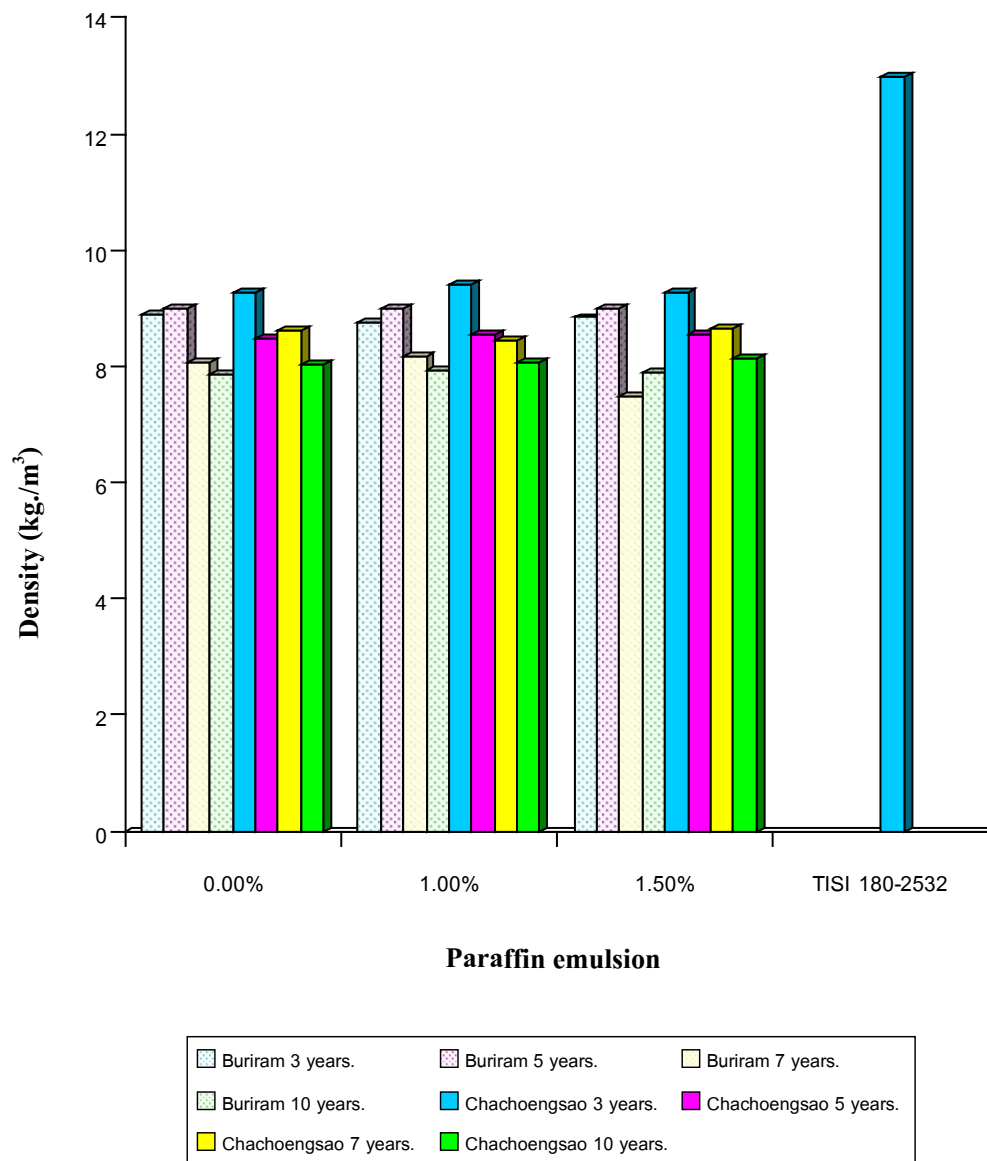


Figure 5. Percentage moisture content of the various hardboards



Table 8. Water absorption for each board after 24 h of soaking in water

Location	Age level (years)	Paraffin emulsion (%)	Water absorption (%)	
TISI 180-2532			≤40	
	3	0.0	66.63	
		1.0	65.68	
		1.5	62.41	
	5	0.0	60.91	
		1.0	61.33	
		1.5	59.58	
	Buriram	0.0	30.45	
		7	1.0	33.06
			1.5	31.76
10	0.0	21.13		
	1.0	21.49		
	1.5	21.77		
	3	0.0	67.75	
		1.0	71.58	
		1.5	71.77	
	5	0.0	37.46	
		1.0	50.87	
		1.5	47.58	
	Chachoengsao	0.0	48.08	
		7	1.0	45.29
			1.5	40.59
10	0.0	35.65		
	1.0	22.91		
	1.5	25.04		

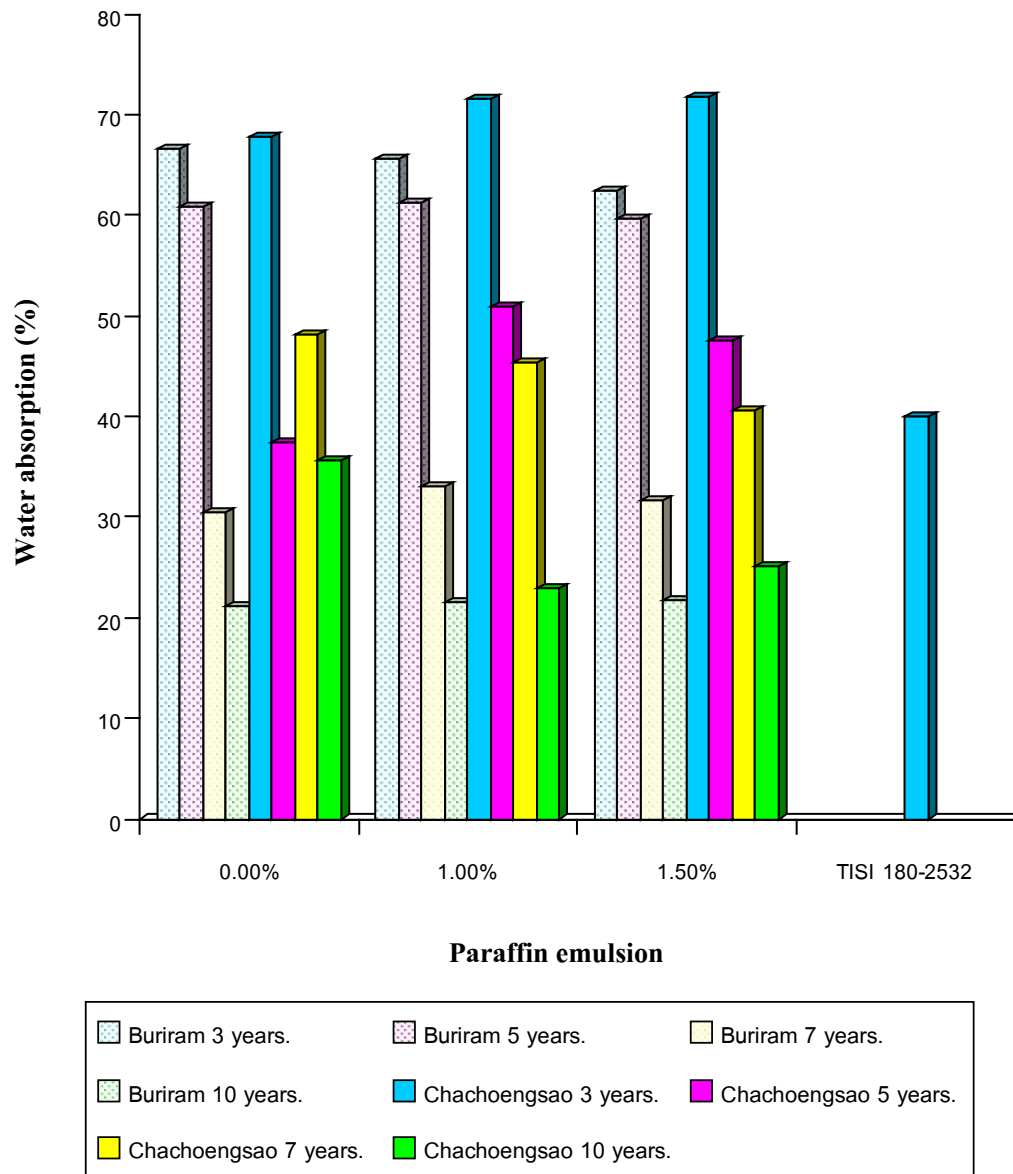


Figure 6. Percentage water absorption of the hardboards



Table 9. Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on water absorption

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Location	1	100.607	100.607	2.149 ^{ns}
Age	3	18582.959	6194.320	132.299**
Sizing	2	26.540	13.270	0.283 ^{ns}
Location * Age	3	2020.522	673.507	14.385**
Location * Sizing	2	0.104	5.180E-02	0.001 ^{ns}
Age * Sizing	6	295.543	49.257	1.052 ^{ns}
Location * Age * Sizing	6	412.236	68.706	1.467 ^{ns}
Error	48	2247.395	46.821	
Total	72	175144.061		

^{ns} not significant

** significant at 1% probability level

Table 10. Comparison of the effects of various location and age levels on water absorption of the hardboards

Location	Age level (years)	Water absorption (%) ^{1/}
Chachoengsao	3	70.37 a
Buriram	3	64.91 b
Buriram	5	60.61 b
Chachoengsao	5	45.30 c
Chachoengsao	7	44.65 c
Buriram	7	31.76 d
Chachoengsao	10	28.87 de
Buriram	10	21.46 e

^{1/} Means followed by the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

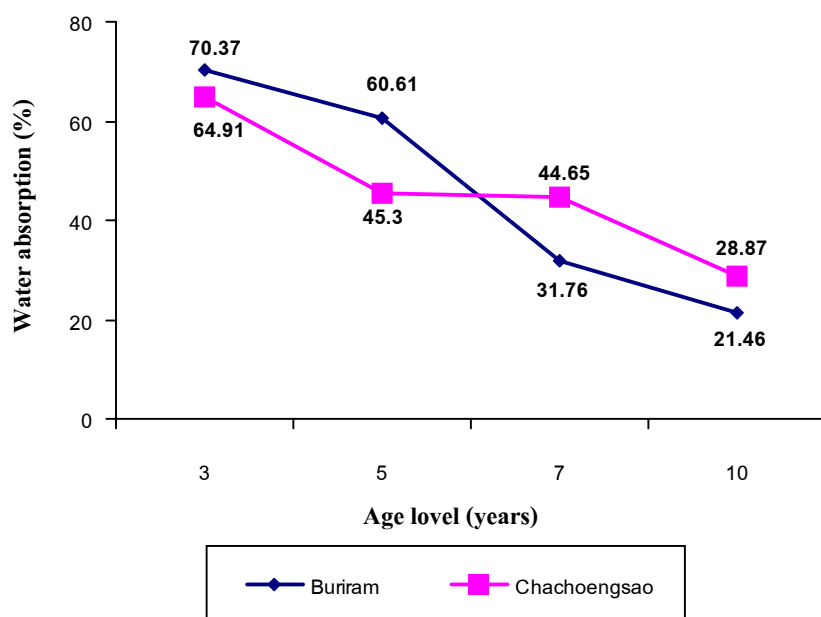


Figure 7. Percentage water absorption of the hardboards with various location and age levels

Table 11. Comparison of the effects of various age levels on water absorption of the hardboards

Age level (years)	Water absorption (%) ^{1/}
3	67.64 a
5	52.96 b
7	38.21 c
10	24.66 d

^{1/} Means followed by the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

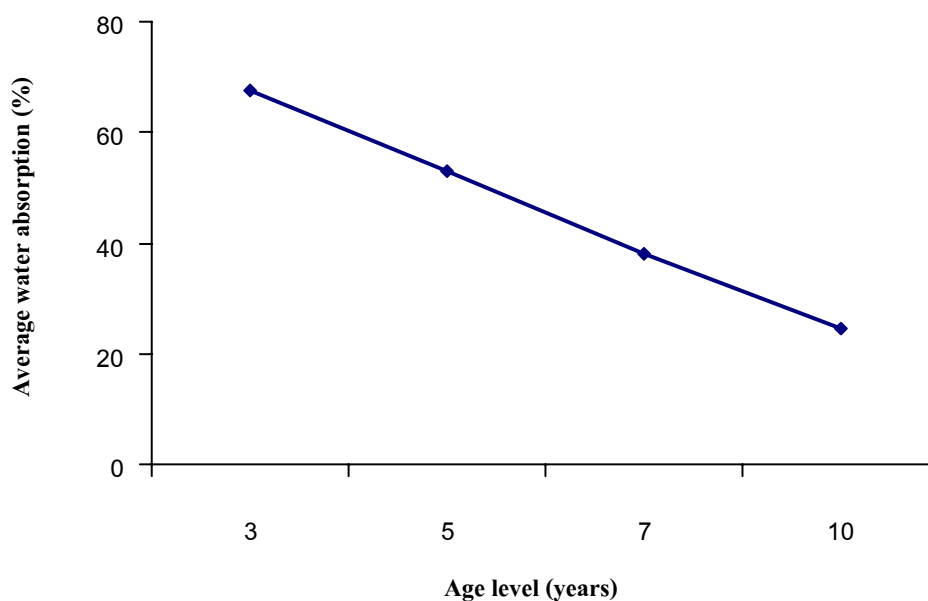


Figure 8. Percentage water absorption of the hardboards with various age levels



7. การพองตัวตามความหนา

แผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาเลกุลเลนซิส จากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดฉะเชิงเทรา ชั้นอายุ 5 7 และ 10 ปี ซึ่งเติมสารปรับปรุงคุณภาพในปริมาณ 0.0 1.0 และ 1.5% มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยอยู่ในช่วง 11.50 – 27.81% ซึ่งผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2532 ซึ่งกำหนดให้ค่าการพองตัวตามความหนาไม่เกิน 30% (Table 12 และ Figure 9)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง (Table 13) พบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างแหล่งที่มาและชั้นอายุของไม้ยูคาลิปตัสคามาเลกุลเลนซิสกับปริมาณสารปรับปรุงคุณภาพมีผลต่อค่าการพองตัวตามความหนา เฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดแข็งอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Table 14 และ Figure 10) ปรากฏว่าแผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาเลกุลเลนซิส ในท้องที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ชั้นอายุ 3 และ 10 ปี ที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพในปริมาณที่แตกต่างกันมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

8. ค่าความต้านแรงดัด

ค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดแข็งแผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาเลกุลเลนซิส จากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ ชั้นอายุ 3 และ 5 ปี ที่ไม่เติมสารปรับปรุงคุณภาพมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยเท่ากับ 42.51 และ 44.24 เมกกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2532 ซึ่งกำหนดให้ค่าความต้านแรงดัดไม่น้อยกว่า 38 เมกกะพาสคัล (Table 15 และ Figure 11)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลองพบว่า

1. ปัจจัยร่วมระหว่างแหล่งที่มา และชั้นอายุของไม้ยูคาลิปตัสคามาเลกุลเลนซิส มีผลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดแข็งอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 16) และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Table 17 และ Figure 12) ปรากฏว่า แผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาเลกุลเลนซิส ในท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ ชั้นอายุ 3 และ 5 ปี มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยแตกต่างกัน อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



Table 12. Thickness swelling for each board after 24 h of soaking in water

Location	Age level (years)	Paraffin emulsion (%)	Thickness swelling (%)
TISI 180-2532			≤ 30
Buriram	3	0.0	33.14
		1.0	32.74
		1.5	33.26
	5	0.0	27.81
		1.0	27.61
		1.5	26.69
	7	0.0	16.42
		1.0	16.04
		1.5	17.24
	10	0.0	11.50
		1.0	12.84
		1.5	13.30
Chachoengsao	3	0.0	33.04
		1.0	35.25
		1.5	36.63
	5	0.0	23.63
		1.0	24.52
		1.5	23.81
	7	0.0	21.91
		1.0	21.96
		1.5	21.41
	10	0.0	17.13
		1.0	15.42
		1.5	16.14

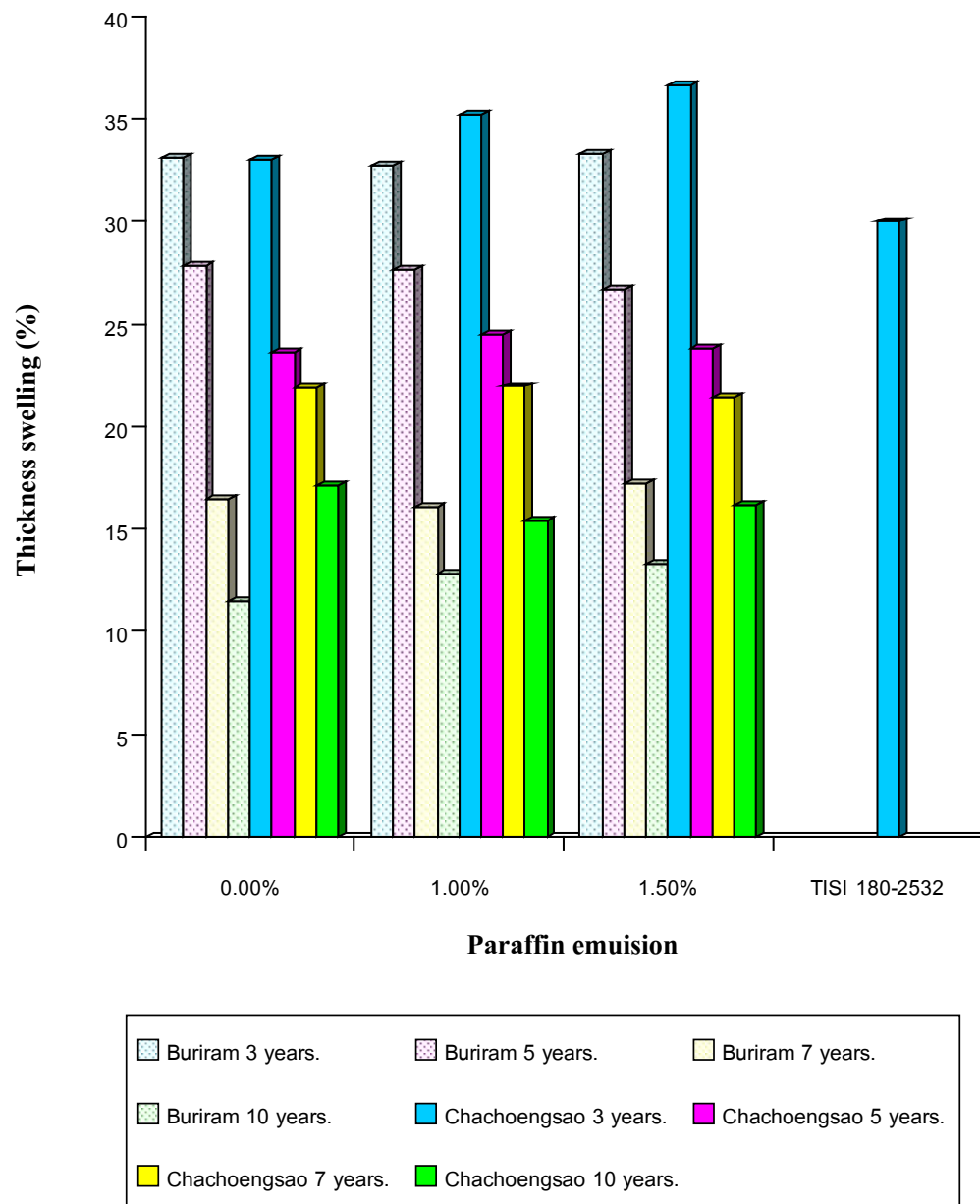


Figure 9. Percentage thickness swelling of the hardboards



Table 13. Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on thickness swelling

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Location	1	61.864	61.864	96.674**
Age	3	3904.352	1301.451	2033.751**
Sizing	2	2.857	1.429	2.232 ^{ns}
Location * Age	3	188.513	62.838	98.195**
Location * Sizing	2	0.214	0.107	0.167 ^{ns}
Age * Sizing	6	10.884	1.814	2.835**
Location * Age * Sizing	6	22.163	3.694	5.772**
Error	48	30.716	.640	
Total	72	43344.135		

^{ns} not significant at 5% probability level

** significant at 1% probability level

Table 14. Comparison of the effects of various location, age levels and paraffin emulsion on thickness swelling of the hardboards

Location	Age level (years)	Paraffin emulsion (%)	Thickness swelling ^{1/} (%)
Chachoengsao	5	1.5	36.63 a
Chachoengsao	5	1.0	35.25 b
Buriram	3	1.5	33.26 c
Buriram	3	0.0	33.14 c
Chachoengsao	5	0.0	33.04 c
Buriram	3	1.0	32.74 c
Buriram	5	0.0	27.81 d
Buriram	5	1.0	27.61 d
Buriram	5	1.5	26.69 d
Chachoengsao	7	1.0	24.52 e
Chachoengsao	7	1.5	23.81 ef
Chachoengsao	7	0.0	23.63 efg
Chachoengsao	3	1.5	22.62 fgh
Chachoengsao	3	1.0	22.31 fgh
Chachoengsao	3	0.0	22.22 gh
Chachoengsao	10	1.0	21.96 h
Chachoengsao	10	0.0	21.91 h
Chachoengsao	10	1.5	21.41 h
Buriram	7	1.5	17.24 i
Buriram	7	0.0	16.42 i
Buriram	7	1.0	16.04 i
Buriram	10	1.5	13.30 j
Buriram	10	1.0	12.84 jk
Buriram	10	0.0	11.50 k

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

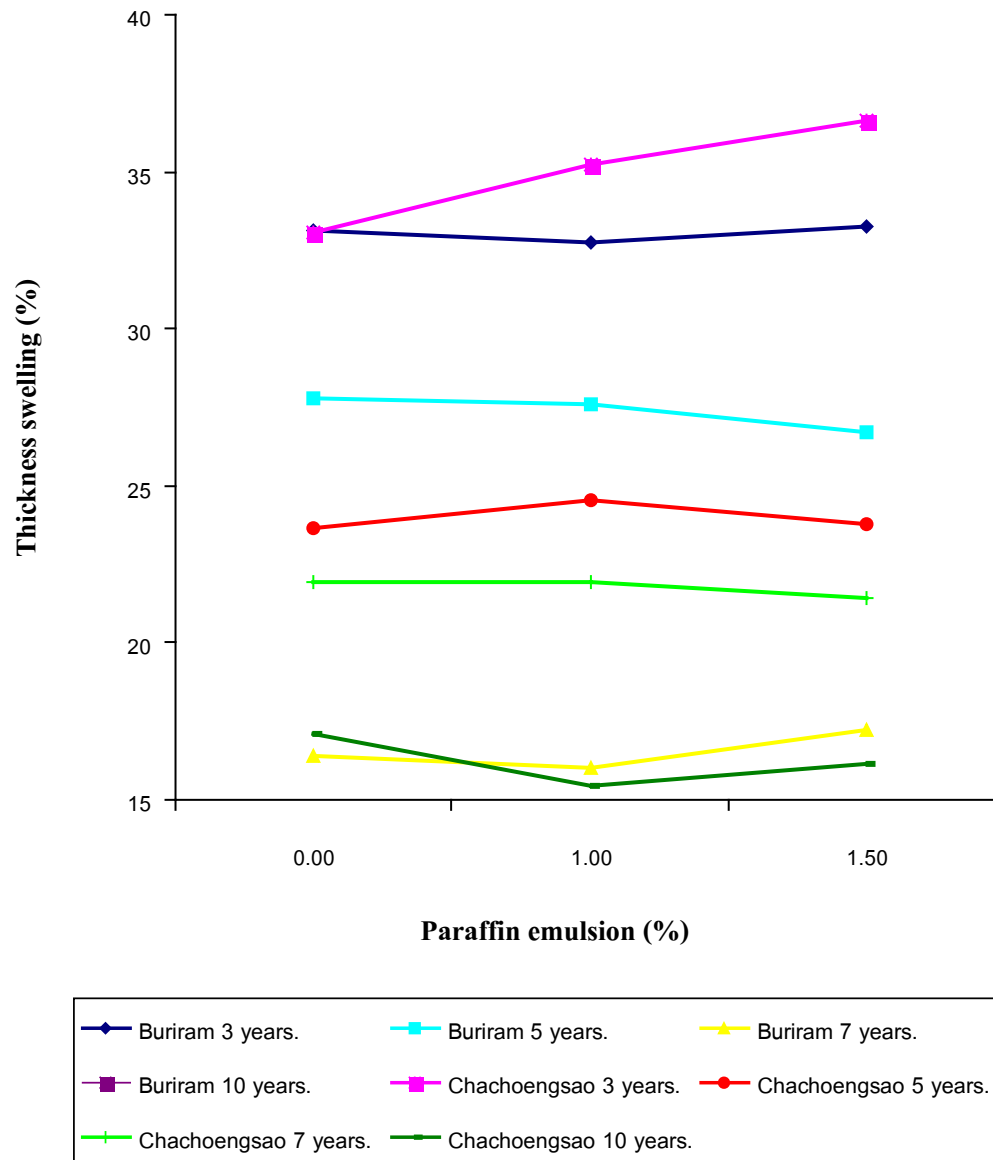


Figure 10. Percentage thickness swelling of the hardboards with various location, age levels and paraffin emulsion



Table 15. Modulus of rupture for the hardboards

Location	Age level (years)	Paraffin emulsion (%)	Modulus of rupture (MPa)
TISI 180-2532			≤ 38
Buriram	3	0.0	42.51
		1.0	37.68
		1.5	35.91
	5	0.0	44.24
		1.0	36.25
		1.5	34.78
	7	0.0	28.52
		1.0	23.29
		1.5	21.60
	10	0.0	31.85
		1.0	30.45
		1.5	27.77
Chachoengsao	3	0.0	29.39
		1.0	23.60
		1.5	22.76
	5	0.0	33.03
		1.0	30.53
		1.5	30.01
	7	0.0	33.11
		1.0	29.59
		1.5	29.19
	10	0.0	29.37
		1.0	30.78
		1.5	28.06

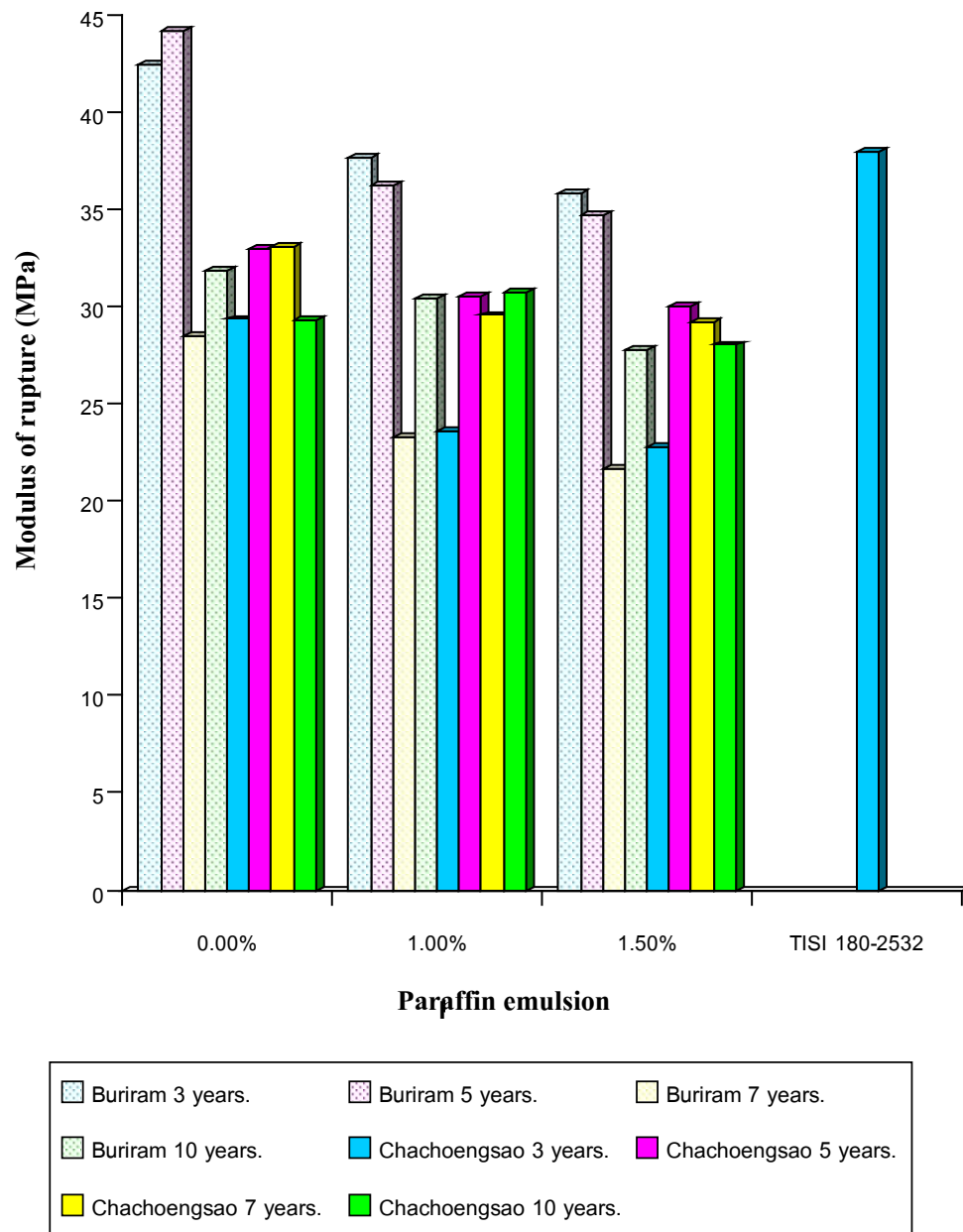


Figure 11. Modulus of rupture of the hardboards



Table 16. Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on modulus of rupture

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Location	1	258.554	258.554	89.869**
Age	3	520.516	173.505	60.307**
Sizing	2	348.620	174.310	60.587**
Location * Age	3	962.449	320.816	111.510**
Location * Sizing	2	29.770	14.885	5.174**
Age * Sizing	6	61.139	10.190	3.542**
Location * Age * Sizing	6	21.602	3.600	1.251 ^{ns}
Error	48	138.097	2.877	
Total	72	71596.000		

^{ns} not significant

** significant at 1% probability level

Table 17. Comparison of the effects of various location and age levels on modulus of rupture of the hardboards

Location	Age level (years)	Modulus of rupture ^{1/} (MPa)
Buriram	3	38.70 a
Buriram	5	38.42 a
Chachoengsao	5	31.19 b
Chachoengsao	7	30.63 b
Buriram	10	30.02 b
Chachoengsao	10	29.40 b
Chachoengsao	3	25.25 c
Buriram	7	24.49 c

^{1/} Means followed by the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

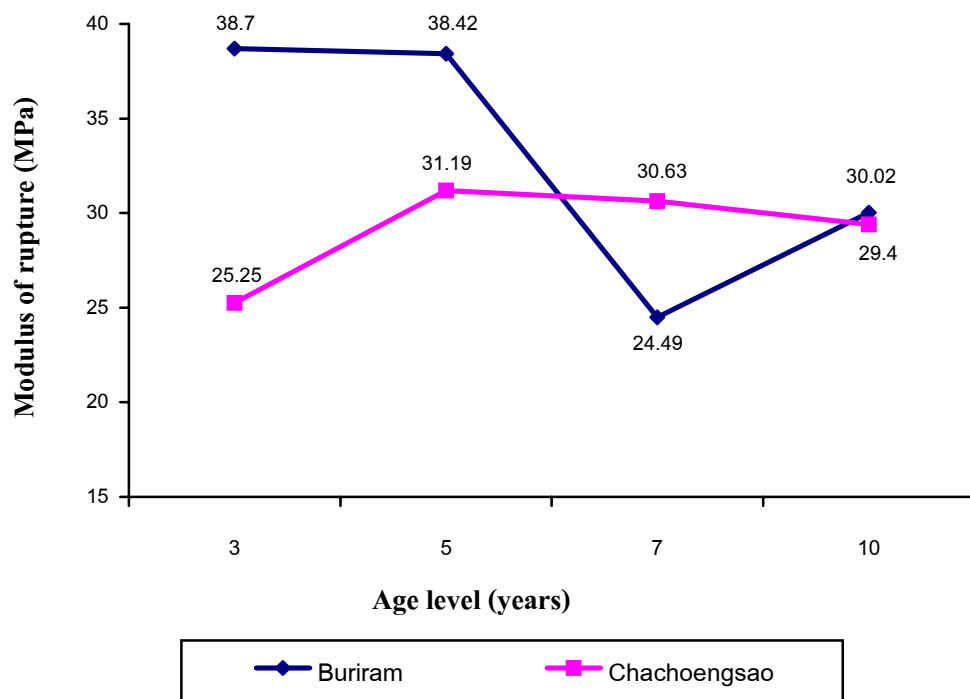


Figure 12. Modulus of rupture of the hardboards with various location and age levels

2. ปัจจัยร่วมระหว่างแหล่งที่มาและปริมาณสารปรับปรุงคุณภาพมีผลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 16) และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Table 18 และ Figure 13) ปรากฏว่า แผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลเลนซิส ในท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ ที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพในปริมาณแตกต่างกันมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่แผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลเลนซิส ในท้องที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพในปริมาณ 1.0 และ 1.5% ค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3. ปัจจัยร่วมระหว่างชั้นอายุของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลเลนซิสและปริมาณสารปรับปรุงคุณภาพมีผลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 16) และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Table 19 และ Figure 14) ปรากฏว่า แผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส ชั้น อายุ 3 ปี 5 ปี และ 7 ปี ที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพในปริมาณ 1.0 และ 1.5% ของน้ำหนักเยื่อแห้ง มีค่าความต้านแรงดัดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

8. ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น

ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลเลนซิส จากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดฉะเชิงเทรา ต่างชั้นอายุ คือ 3 5 7 และ 10 ปี ใช้พาราฟินอิมัลชันในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.0 1.0 และ 1.5% ของน้ำหนักเยื่อแห้ง มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,874 - 2,791 เมกกะพาสคัล (Table 20 และ Figure 15)



เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลองพบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างแหล่งที่มาและชั้นอายุของไม้ยูคาลิปตัสความลาดชันกับปริมาณสารปรับปรุงคุณภาพมีผลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 21) และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Table 22 และ Figure 16) ปรากฏว่า แผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสความลาดชัน ในท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ ชั้นอายุ 3 ปี ที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพในปริมาณที่แตกต่างกันมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

Table 18. Comparison of the effects of various location and paraffin emulsion on modulus of rupture of the hardboards

Location	Paraffin emulsion (%)	Modulus of rupture ¹ (MPa)
Buriram	0	36.78 a
Buriram	1	31.92 b
Chachoengsao	0	31.23 bc
Buriram	1.5	30.03 cd
Chachoengsao	1	28.63 de
Chachoengsao	1.5	27.51 e

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

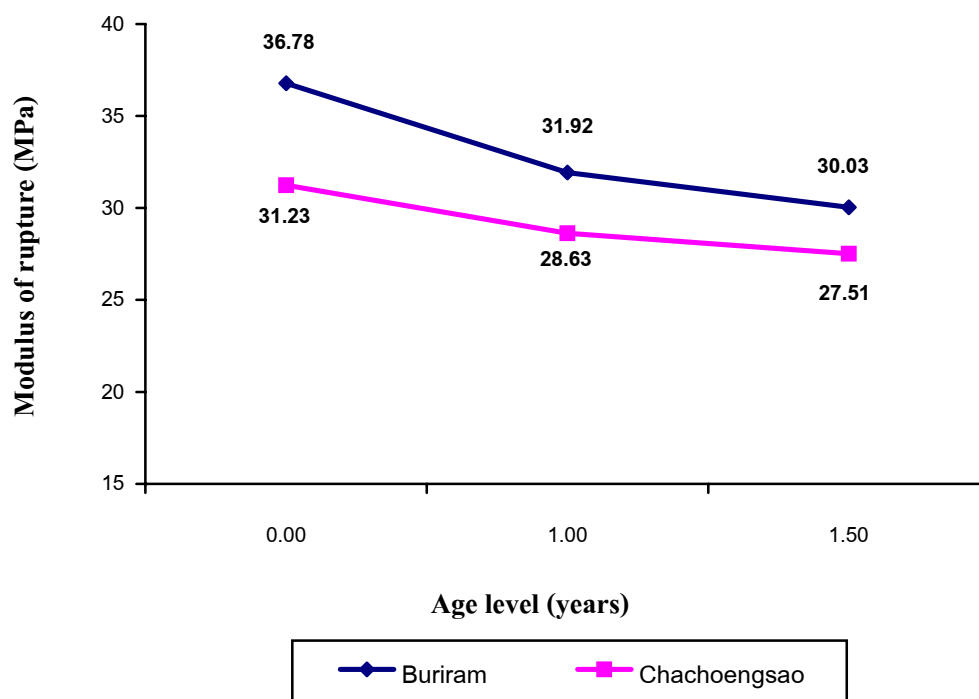


Figure 13. Modulus of rupture of the hardboards with various location and paraffin emulsion



Table 19. Comparison of the effects of various age levels and paraffin emulsion on modulus of rupture of the hardboards

Age level (years)	Paraffin emulsion (%)	Average of modulus of rupture (MPa) ^{1/}
5	0	38.64 a
3	0	35.95 b
5	1	33.39 c
5	1.5	32.40 cd
7	0	30.82 de
3	1	30.64 de
10	0	30.61 de
10	1	30.61 de
3	1.5	29.34 ef
10	1.5	27.92 fg
7	1	26.44 gh
7	1.5	25.43 h

^{1/} Means followed by the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

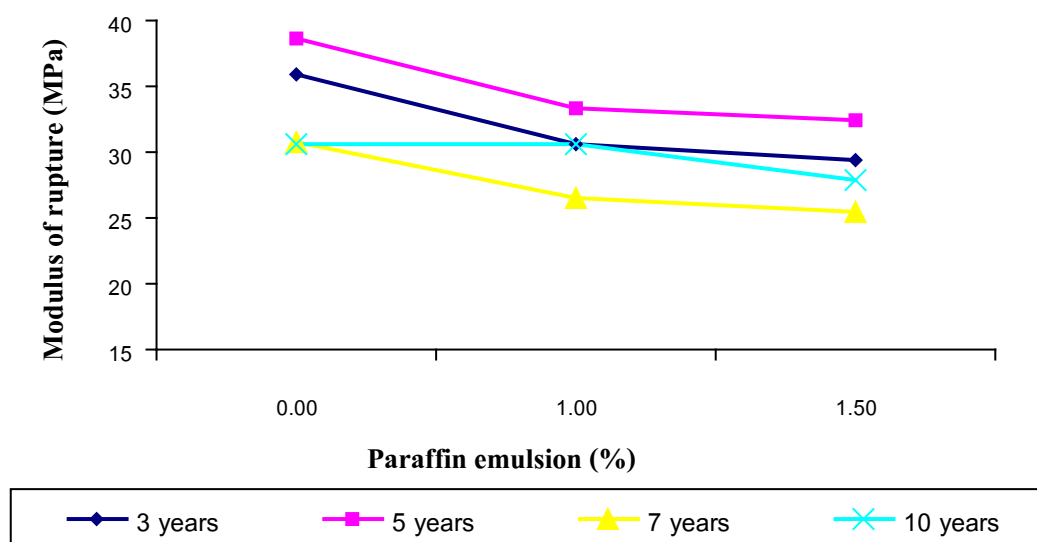


Figure 14. Modulus of rupture of the hardboards with various age levels and paraffin emulsion



Table 20. Modulus of elasticity of the hardboards

Location	Age level (years)	Paraffin emulsion (%)	Modulus of elasticity (MPa)
Buriram	3	0.0	2991
		1.0	2858
		1.5	2863
	5	0.0	2709
		1.0	2368
		1.5	2412
	7	0.0	2491
		1.0	2185
		1.5	2136
	10	0.0	2530
		1.0	2398
		1.5	2408
Chachoengsao	3	0.0	2445
		1.0	2051
		1.5	1874
	5	0.0	2116
		1.0	1975
		1.5	2328
	7	0.0	2791
		1.0	2613
		1.5	2646
	10	0.0	2485
		1.0	2674
		1.5	2480

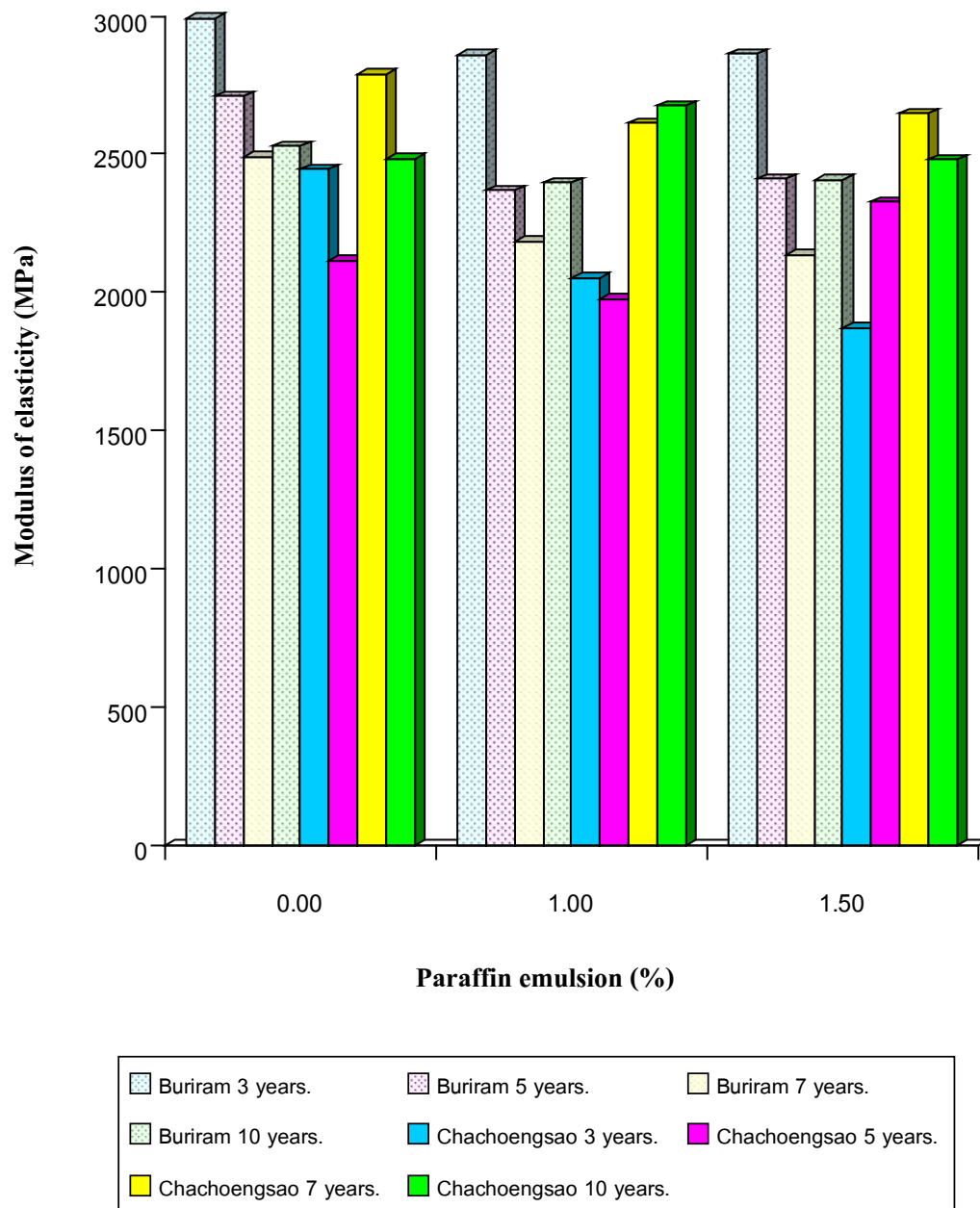


Figure 15. Modulus of elasticity of the hardboards



Table 21. Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on modulus of elasticity

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Location	1	437477.226	437477.226	17.017**
Age	3	436657.633	145552.544	5.662**
Sizing	2	507153.399	253576.700	9.864**
Location * Age	3	3689511.664	1229837.221	47.839**
Location * Sizing	2	38052.249	19026.125	0.740 ^{ns}
Age * Sizing	6	359391.884	59898.903	2.330*
Location * Age * Sizing	6	420833.416	70138.903	2.728*
Error	48	1233973.367	25707.778	
Total	72	439696806.485		

^{ns} not significant

* significant at 5% probability level

** significant at 1% probability level

Table 22. Comparison of the effects of various location, age levels and paraffin emulsion on modulus of elasticity

Location	Age level (years)	Paraffin emulsion (%)	Modulus of elasticity ^{1/} (MPa)
Buriram	3	0	2991 a
Buriram	3	1.5	2863 ab
Buriram	3	1	2858 ab
Chachoengsao	7	0	2791 abc
Buriram	5	0	2709 abcd
Chachoengsao	10	1	2674 bcde
Chachoengsao	7	1.5	2646 bcdef
Chachoengsao	7	1	2613 bcdef
Buriram	10	0	2530 cdef
Buriram	7	0	2491 cdefg
Chachoengsao	10	0	2485 cdefg
Chachoengsao	10	1.5	2480 cdefg
Chachoengsao	3	0	2445 defgh
Buriram	5	1.5	2412 defghi
Buriram	10	1.5	2408 defghi
Buriram	10	1	2398 defghi
Buriram	5	1	2368 efghij
Chachoengsao	5	1.5	2328 fghij
Buriram	7	1	2185 hijk
Buriram	7	1.5	2136 hijk
Chachoengsao	5	0	2116 ijk
Chachoengsao	3	1	2051 jk
Chachoengsao	5	1	1975 k
Chachoengsao	3	1.5	1874 k

^{1/} Means followed by the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

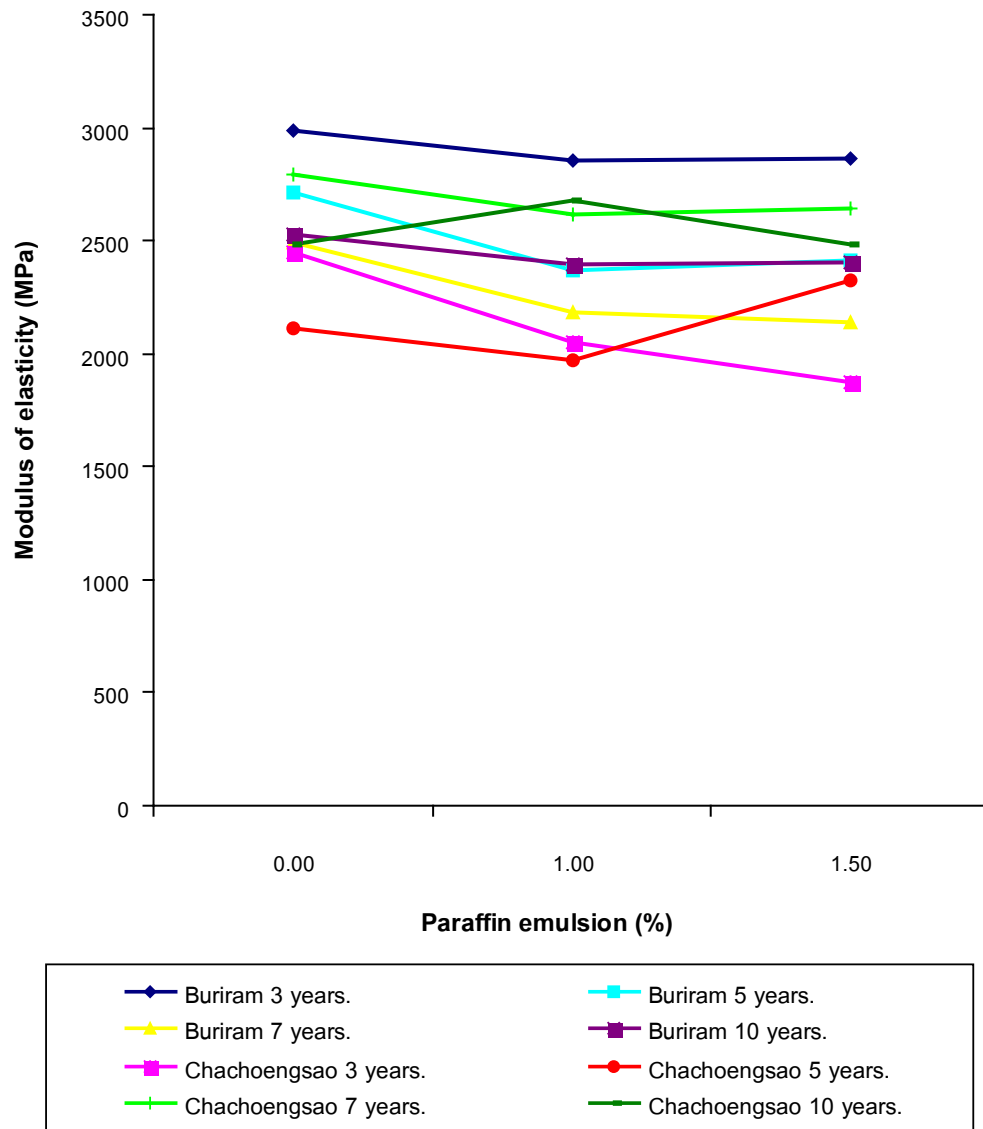


Figure 16. Modulus of elasticity of the hardboards with various location, age levels and paraffin emulsion

สรุปผล

จากการศึกษาทดลองผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็งจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลนซิส จากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดฉะเชิงเทรา ต่างชั้นอายุ คือ 3 5 7 และ 10 ปี ใช้พาราฟินอิมัลชันในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.0 1.0 และ 1.5% ของน้ำหนักเยื่อแห้ง แล้วทดสอบค่าตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2532 ผลสรุปได้ดังนี้

1. ผลผลิตเยื่อ ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลนซิส จากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดฉะเชิงเทรา ต่างชั้นอายุ คือ 3 5 7 และ 10 ปี มีผลผลิตเยื่อเฉลี่ยในช่วง 93.51 - 98.18 % โดยไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลนซิส จากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ ชั้นอายุ 3 ปี ให้ผลผลิตเยื่อสูงสุด คือ 98.18%

2. ลักษณะทางกายภาพของแผ่นใยไม้อัดแข็ง แผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลนซิส จะมีสีน้ำตาลเข้ม ตามสภาพของวัตถุดิบที่ใช้ โดยแผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลนซิส ชั้นอายุ 10 ปี จะมีสีเข้ม มากที่สุด รองลงมาคือ 7 5 และ 3 ปี ตามลำดับ

3. ความหนาและความหนาแน่นแผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลนซิสจากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดฉะเชิงเทรา ต่างชั้นอายุ คือ 3 5 7 และ 10 ใช้พาราฟินอิมัลชันในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.0 1.0 และ 1.5% ของน้ำหนักเยื่อแห้ง มีค่าความหนาเฉลี่ยในช่วง 3.22 - 3.91 มม. และค่าความแน่น เฉลี่ยในช่วง 933.69 - 1039.80 กก./ลบ.ม. ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2532 คือ มีความแน่นในช่วง 800-1,200 กก./ลบ.ม.

4. ปริมาณความชื้นแผ่นใยไม้อัดแข็ง มีค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยในช่วง 7.49 - 9.40% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 180-2532 ที่กำหนดให้มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 5-13 %

5. การดูดซึมน้ำแผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลนซิส จากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดฉะเชิงเทรา ชั้นอายุ 10 ปี มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2532 ซึ่งกำหนดให้มีค่าการดูดซึมน้ำ ไม่เกิน 40% และเมื่อใช้ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลนซิสชั้นอายุมากขึ้นมีผลให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ชั้นอายุของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลนซิส มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)

การใช้พาราฟินอิมัลชันพ่นที่ผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดแข็งไม่มีผลทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดแข็งลดลง

6. การพองตัวตามความหนาของแผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลนซิส จากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดฉะเชิงเทรา ชั้นอายุ 5 7 และ 10 ปี ที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพในปริมาณแตกต่างกันมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยในช่วง 11.50 - 27.81% ซึ่งผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2532 กำหนด โดยปัจจัยร่วมของแหล่งที่มาและชั้นอายุของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลนซิส กับปริมาณสารปรับปรุงคุณภาพที่ใช้ มีผลต่อค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดย



แผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลูเลนซิส ในท้องที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ชั้นอายุ 3 ปี และ 10 ปี ที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพในปริมาณที่แตกต่างกันมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ชั้นอายุของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลูเลนซิส มีผลต่อค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลูเลนซิส ที่มีอายุนานจะให้ค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยต่ำ

การลดค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดแข็งโดยการพ่นพาราฟินอิมัลชันที่ผิวของแผ่นก่อนการอัดร้อนไม่มีผลทำให้แผ่นใยไม้อัดแข็งมีค่าการพองตัวตามความหนาลดลงแต่อย่างใด

7. ค่าความต้านแรงดัดแผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลูเลนซิส จากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ ชั้นอายุ 3 และ 5 ปี ที่ไม่เติมสารปรับปรุงคุณภาพมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยเท่ากับ 42.51 และ 44.24 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2532 ซึ่งกำหนดให้มีค่าความต้านแรงดัดไม่น้อยกว่า 38 เมกะพาสคัล โดย

7.1 แผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลูเลนซิส ในท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ ชั้นอายุ 3 และ 5 ปี มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

7.2 แผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลูเลนซิส ในท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ ที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพในปริมาณแตกต่างกันมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

7.3 แผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลูเลนซิส ชั้น อายุ 3 5 และ 7 ปี ในแต่ละชั้นอายุที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพในปริมาณ 1.0 และ 1.5% ของน้ำหนักเยื่อแห้ง มีค่าความต้านแรงดัดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

7.4 การใช้พาราฟินอิมัลชันในปริมาณแตกต่างกันมีผลต่อค่าความต้านแรงดัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยปริมาณพาราฟินอิมัลชันเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความต้านแรงดัดลดลง

8. ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลูเลนซิส จากท้องที่ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดฉะเชิงเทรา ต่างชั้นอายุกัน ซึ่งใช้พาราฟินอิมัลชันในปริมาณที่แตกต่างกันมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่น เฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,874 - 2,991 เมกะพาสคัล โดยแผ่นใยไม้อัดแข็งที่ทำจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลูเลนซิส ในท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์ ชั้นอายุ 3 ปี ที่เติมสารปรับปรุงคุณภาพในปริมาณที่แตกต่างกันมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การใช้พาราฟินอิมัลชันในปริมาณที่แตกต่างกันพ่นที่ผิวหน้าของแผ่นจะมีผลทำให้ค่าความต้านแรงดัดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) กล่าวคือ ปริมาณพาราฟินอิมัลชันที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นลดลงเช่นเดียวกับค่าความต้านแรงดัด



ข้อเสนอแนะ

การผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็งจากไม้ยูคาลิปตัสคามาเลนซิส จากท้องที่จังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดฉะเชิงเทรา ต่างชั้นอายุกัน และใช้พาราฟินอิมัลชันในปริมาณที่แตกต่างกันจะมีผลต่อสมบัติของแผ่นใยไม้อัดแข็งเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.180-2532 โดยพบว่า ชั้นอายุของไม้ยูคาลิปตัสที่มากขึ้นมีผลให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อใช้พาราฟินอิมัลชันในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าความต้านแรงดัดของแผ่นลดลงเช่นกัน ดังนั้นหากต้องการใช้ไม้ยูคาลิปตัสที่มีอายุน้อยเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็งจะต้องคำนึงถึงปริมาณของพาราฟินอิมัลชันที่จะใช้ด้วย หากใช้ในปริมาณมากจะมีผลให้ค่าความต้านแรงดัดไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้จะไม่สามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ได้หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์วัตถุดิบจากบริษัท ไม้อัดไทย จำกัด อีกทั้งให้ความช่วยเหลือทางด้านเครื่องจักร สารเคมี และแรงงานในการเตรียมวัตถุดิบตลอดทั้งการปฏิบัติงานวิจัย ซึ่งคณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2532. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดแข็ง มอก.180-2532.
สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ ฯ.



การศึกษาเบื้องต้นฤทธิ์ของน้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัส
ต่อการเจริญเติบโตของพืช

PRELIMINARY STUDY ON PLANT GROWTH REGULATION ACTIVITY OF WOOD
VINEGAR FROM EUCALYPTUS

วิชณี บุญญะปฎิภาค (VITCHANEE BOONYAPATIPARK)¹

บทคัดย่อ

การศึกษาฤทธิ์ของน้ำส้มควันไม้จากการเผาถ่านไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูละเลน้ำในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช โดยทดสอบกับเมล็ดพืช 3 ชนิด คือ ผักกาดหัว (Radish) ผักกาดหอม (Lettuce) และหญ้ามัลฟาลฟา (Alfalfa) ในวุ้นอาหารที่มีน้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 0.1% และ 1% พบว่า น้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 1% มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ โดยยับยั้งการเจริญเติบโตด้านความยาวของรากผักกาดหอม และหญ้ามัลฟาลฟา และยับยั้งการเจริญเติบโตด้านความยาวของต้นอ่อนผักกาดหอม ส่วนที่ความเข้มข้น 0.1% มีฤทธิ์เร่งการเจริญเติบโตด้านความยาวของรากและต้นอ่อนหญ้ามัลฟาลฟาเมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่ฤทธิ์ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหัวไม่ชัดเจน เนื่องจากร้อยละในการยับยั้งมีค่าน้อยกว่า 50

คำหลัก : น้ำส้มควันไม้ การควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

¹ กลุ่มงานพัฒนาผลผลิตป่าไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ E-mail : rfd@forest.go.th



ABSTRACT

Plant growth regulation of wood vinegar trapping from charcoal kiln on *Eucalyptus camaldulensis* carbonization process was tested on radish, lettuce and alfalfa seeds in agar media containing 0.1% and 1% of wood vinegar. It was found that radicle growth of lettuce and alfalfa and hypocotyl growth of lettuce were inhibited by 1% wood vinegar. On the other hand, 0.1% wood vinegar accelerated radicle and hypocotyl growth of alfalfa but inhibition on the growth of radish could not be confirmed since percent inhibition was lower than 50 with respect to control.

Keywords : wood vinegar, plant growth regulation

คำนำ

การปลูกไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทยเริ่มมีขึ้นในปีพ.ศ. 2493 ที่สถานีวิจัยกรมดอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ ชนิดที่ปลูกมีเพียงไม่กี่ชนิด เช่น ยูคาลิปตัสอัลบ้า ยูคาลิปตัสซิทริโอโตร่า ยูคาลิปตัสซาลิกนา และยูคาลิปตัสแกรนด์คัส ต่อมาในปี พ.ศ.2507 กรมป่าไม้ได้จัดตั้งโครงการสำรวจวัตถุดิบเพื่อทำเชื้อและกระดาษร่วมกับองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ และได้รับเมล็ดยูคาลิปตัสจากรัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย ซึ่งยูคาลิปตัสที่ปลูกได้ผลในประเทศไทยมีอยู่ไม่กี่ชนิดและชนิดที่ดีที่สุด ได้แก่ ยูคาลิปตัสคามาลดูลินซิส เพราะมีอัตราการเจริญเติบโตเร็วมาก ซึ่งต่อมาในปี พ.ศ.2516 เกิดวิกฤตขาดแคลนพลังงาน กรมป่าไม้จึงสนใจไม้ยูคาลิปตัสมากขึ้นเพราะเห็นว่าเป็นไม้โตเร็วและนำมาทำเป็นไม้เชื้อเพลิงได้ดี (จำนงค์, 2528) โดยที่ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลินซิส อายุ 3 5 7 และ 10 ปี มีค่าความร้อนของการสันดาป 4,110 4,220 4,250 และ 4,480 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ และเมื่อแปรสภาพเป็นถ่าน ถ่านไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลินซิส จะมีค่าความร้อนของการสันดาปเพิ่มขึ้นเป็น 6,815 7,108 7,422 7,680 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งถ่านไม้ที่ได้ไม่มีการแตกปะทุมีการคิดไฟดี มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการหุงต้มในครัวเรือน (จิระพงษ์, 2549)

ในการเผาถ่านไม้หรือการแปรสภาพจากไม้ให้กลายเป็นถ่าน (Carbonization) โดยการเผาไม้ในที่จำกัดอากาศจะเกิดปฏิกิริยาความร้อนในเตาเผาที่เรียกว่า การกลั่นทำลายไม้หรือไพโรไลซิส (pyrolysis) ซึ่งจะเริ่มเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิประมาณ 180 - 200 องศาเซลเซียส สืบเนื่องจากสีขาวหนาที่บของควัน และมีกลิ่นฉุนแสบจมูก เมื่ออุณหภูมิเตาสูงขึ้นปริมาณควันจะหนาที่บขึ้นเรื่อยๆ (วิชณี, 2544) ถ้าทำการควบแน่นควันสีขาว (condensed) จะทำให้ได้ของเหลวที่มีส่วนผสมของน้ำส้มควันไม้และน้ำมันดิน เมื่อแยกส่วนที่เป็นน้ำมันดินออกแล้วจะได้น้ำส้มควันไม้เป็นของเหลวที่มีสีน้ำตาลใสแต่มีกลิ่นควันไฟ มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ น้ำ ประมาณ 85 % กรดอินทรีย์ประมาณ 3 % และสารอินทรีย์อื่นๆ อีกประมาณ 12 % น้ำส้มควันไม้มีค่าความเป็นกรด (pH) ประมาณ 3 ความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.012-1.024 ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของไม้ที่นำมาเผาถ่าน น้ำส้มควันไม้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร ในการป้องกันศัตรูพืช และช่วยในการเจริญเติบโตของพืช ตลอดจนเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร (จิระพงษ์, ไม่ระบุปี)



การยับยั้งการเจริญของเมล็ด (Seedling Growth Inhibitors) จะศึกษา 2 ส่วน คือ ราก (radicle) และ ต้นอ่อน (hypocotyl) ซึ่งสารปราบวัชพืชส่วนมากจะยับยั้งการเจริญของรากมากกว่าต้น สารยับยั้งการเจริญของรากจะหยุดการแบ่งเซลล์ โดยจะยับยั้งความยาวในส่วนต้นและความกว้างในส่วนราก (Anonymous, -) การทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นและรากผักกาดหอมและผักกาดหัวเป็นวิธีการตรวจสอบคุณสมบัติทางชีวภาพของสารสกัด และเป็นการทดลองพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่จะบอกฤทธิ์ทางชีวภาพ ประสิทธิภาพ และความปลอดภัยของสารสกัดธรรมชาติวิธีการหนึ่ง ซึ่งสารสกัดคลอโรฟอร์มจากเปลือกต้น ทำม้งแสดงผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นและรากผักกาดหอมและผักกาดหัว (พรรณี, 2550) น้ำมันที่สกัดได้จากใบ *Melaleuca bracteata* มีผลอย่างรุนแรงต่อการงอกและยับยั้งการเจริญเติบโตของเมล็ดผักกาดหัว (Mitsuyoshi *et al*, 1997)

การศึกษาเบื้องต้นฤทธิ์ของน้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัสต่อการเจริญเติบโตของพืช เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะใช้น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาถ่านไม้ยูคาลิปตัสตามาลดอุณหภูมิของดินไปควบคุมการเจริญเติบโตของพืชได้หรือไม่ และมีฤทธิ์ในการเป็นสารยับยั้งหรือสารเร่งการเจริญเติบโตของพืชอย่างไร โดยใช้เมล็ดพืชทดสอบ 3 ชนิด คือ ผักกาดหัว (radish, *Raphanus sativus* L. var. radicula Pers.) ผักกาดหอม (lettuce, *Lactuca sativa* L.) และหญ้าม้าอัสฟีลา (alfalfa, *Medicago sativa* L.) และผลที่ได้จากการทดลองนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในใช้ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้เพื่อต่อขยายการวิจัยและพัฒนาเกษตรธรรมชาติของประเทศต่อไป

วิธีการศึกษา

อุปกรณ์

1. เตาเผาไฟฟ้า
2. ชุบกถัน
3. ตู้ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (light-controlled growth cabinet)
4. จานเลี้ยงเชื้อ (petri dish) เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 ซม. ลึก 2 ซม.

วิธีการศึกษา

1. เตรียมน้ำส้มควันไม้ นำเศษไม้ยูคาลิปตัสตามาลดอุณหภูมิไปเผาในเตาเผาไฟฟ้า โดยกำหนดให้เตามีอุณหภูมิสูงสุดเป็น 800 องศาเซลเซียส และเริ่มทำควบนั่นควันที่ได้จากเตาเผาที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ของเหลวที่ได้ทิ้งไว้จนมีการแยกเป็น 3 ชั้น ดูดของเหลวส่วนกลางไปทำการทดสอบ

นำน้ำส้มควันไม้ที่ได้ 0.2 มิลลิลิตร มาเติม DMSO solution (Dimethyl sulfoxide) 0.2 มิลลิลิตร แล้วจึงเติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 20 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ 1% แบ่งสารละลายน้ำส้มควันไม้ 1% ไปทำให้เจือจางเป็นความเข้มข้น 0.1% ด้วยน้ำกลั่น

2. การเตรียมวุ้นอาหาร ชั่งผงวุ้น (Agar powder) 4.5 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ (Flask) ขนาด 3,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร แล้วต้มจนกระทั่งสารละลายใส



3. เติมสารละลายน้ำส้มควันไม้จากข้อ 1 ความเข้มข้น 1 % และ 0.1% ปริมาตร 1 มิลลิตรลงในจานเลี้ยงเชื้อ ตามลำดับ แล้วเติมสารละลายวุ้น (agar solution) 9 มิลลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นจึงใส่เมล็ดผักกาดหัวจำนวน 7 เมล็ด ผักกาดหอมและหญ้าอัลฟัลฟา อย่างละ 10 เมล็ด ชนิดละ 2 ชุด นำไปใส่ในตู้ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 4 วัน จึงนำออกจากตู้ สังเกตความแตกต่างและทำการนับจำนวนเมล็ดที่งอก และวัดความยาวของราก (radicle) และต้นอ่อน (hypocotyl) ทุกเมล็ดที่มีการงอก โดยมีชุดควบคุม (control) เป็นวุ้นอาหารที่ใส่น้ำกลั่นผสม DMSO ทำการทดลอง 2 ซ้ำ คำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตและการยับยั้งการเจริญเติบโตของรากและต้นอ่อนของผักกาดหัว ผักกาดหอม และหญ้าอัลฟัลฟา เทียบกับชุดควบคุมโดยใช้สมการ (Finney,1971)

$$\begin{aligned}\text{อัตราการเจริญเติบโต (\%)} &= (LT \times 100) / LC \\ \text{การยับยั้งการเจริญเติบโต (\%)} &= [(LC - LT) / LC] \times 100 \\ \text{เมื่อ } LT &\text{ คือ ความยาวเฉลี่ยของราก หรือต้นอ่อนในแต่ละชุดทดสอบ (Treatment)} \\ LC &\text{ คือ ความยาวเฉลี่ยของราก หรือต้นอ่อนในแต่ละชุดควบคุม (Control)}\end{aligned}$$

ผลการศึกษา

เมื่อนำจานเลี้ยงเชื้อที่มีเมล็ดผักกาดหัว ผักกาดหอม และหญ้าอัลฟัลฟา ออกจากตู้ควบคุมเมล็ดพืชทั้ง 3 ชนิด มีการงอกของเมล็ดที่แตกต่างกัน เมื่อนับจำนวนเมล็ดที่งอก วัดความยาวของราก (radicle) และต้นอ่อน (hypocotyl) ในวุ้นอาหารที่ใส่น้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 0.1% และ 1% เปรียบเทียบกับชุดควบคุมปรากฏผลดัง Table 1

Table. 1 Effect of wood vinegar from *E. camaldulensis* on radicle growth of radish lettuce and alfalfa

Concentration of wood vinegar (%)	Averaged radicle length (mm.)		
	radish	lettuce	alfalfa
0.10	29.93	29.12	28.00
1	20.57	0.89	2.67
control	22.29	27.72	11.83

Table 2 Effect of wood vinegar from *E. camaldulensis* on hypocotyl growth of radish lettuce and alfalfa

Concentration of wood vinegar (%)	Averaged hypocotyl length (mm.)		
	radish	lettuce	alfalfa
0.10	23.77	16.47	32.57
1	18.82	4.68	11.14
control	19.33	17.06	10.40



Table 3 Growth inhibitory effect of wood vinegar from *E. camaldulensis* on radish lettuce and alfalfa seeds. (the percentages based on the control.)

Concentration of wood vinegar (%)	Inhibition (%)					
	radish		lettuce		alfalfa	
	radical	hypocotyl	radical	hypocotyl	radical	hypocotyl
0.1	-34.28	-22.97	-5.05	3.46	-136.69	-213.17
1	7.72	2.64	96.76	72.57	77.43	-7.12

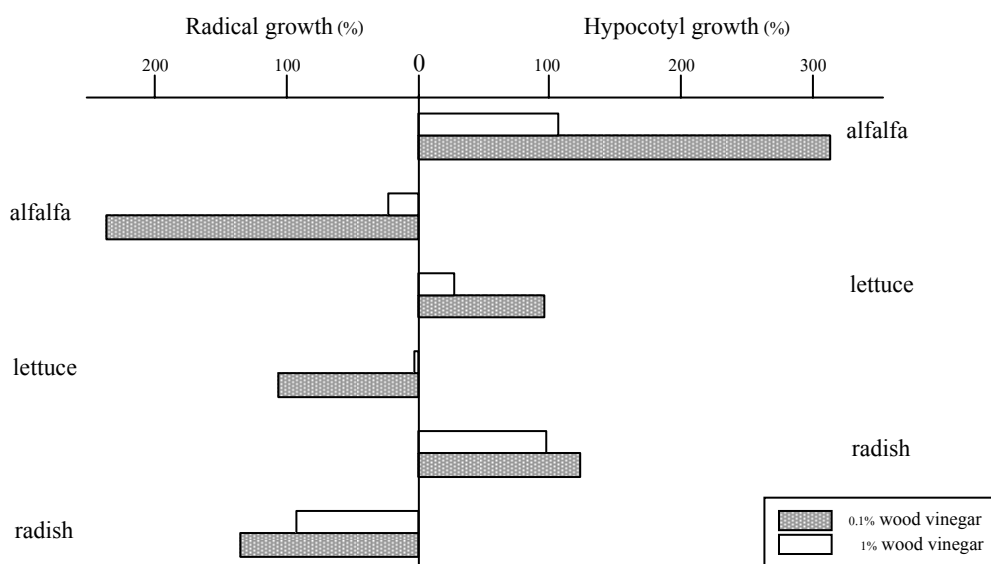


Figure 1 Growth regulation effects of wood vinegar from *E. camaldulensis* on radish lettuce and alfalfa seeds. Graph shows the percentages based on the control.

น้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้น 1 % มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตด้านความยาวรากของผักกาดหอม 96.76 % และหัวอัลฟัลฟา 77.43 % เทียบกับชุดควบคุม และมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตด้านความยาวต้นอ่อนของผักกาดหอม 72.57 % เทียบกับชุดควบคุม และมีฤทธิ์ในการเร่งการเจริญเติบโตด้านความยาวรากและต้นอ่อนของหัวอัลฟัลฟา 136.69 % และ 213.17 % เทียบกับชุดควบคุม ตามลำดับ

น้ำส้มควันไม้เป็นของเหลวที่มีฤทธิ์เป็นกรด ที่มีอินทรีย์สารหลายชนิดเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นปัจจัยหนึ่งที่จะถูกนำไปเป็นตัวกำหนดวิธีการนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ คือ ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ ซึ่งจากผลการศึกษาเบื้องต้นฤทธิ์ของน้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัสต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้ทราบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้น 1 % มีฤทธิ์เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเมล็ดผักกาดหัว ผักกาดหอม และหัวอัลฟัลฟา มากกว่าที่ความเข้มข้น 0.1 % ซึ่งควรจะได้มีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยอื่นๆ เช่น วิธีการเพาะชนิดของวัสดุปลูก และอื่นๆ ตลอดจนการนำไปใช้ในการเป็นสารกำจัดศัตรูพืช เพื่อให้เกิดการพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับน้ำส้มควันไม้ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น



สรุปผล

การศึกษาเบื้องต้นฤทธิ์ของน้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัส ต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้ทราบถึงแนวทางในการใช้ประโยชน์น้ำส้มควันไม้ในด้านการเกษตรว่า ความเข้มข้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเป็นสารยับยั้งหรือสารเร่งการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งจากการใช้เมล็ดพืชทดสอบ 3 ชนิด คือ หัวผักกาด ผักกาดหอม และหน่ออัลฟัลฟา พบว่า ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้มีผลต่อการเจริญเป็นต้นกล้าของพืชทั้ง 3 ชนิด โดยที่ความเข้มข้น 1 % น้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัสจะมีแนวโน้มในการยับยั้งการเจริญเติบโตด้านความยาวของรากและต้นอ่อนมากกว่าที่ความเข้มข้น 0.1 % เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

ฤทธิ์ของน้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัส แสดงผลในการควบคุมการเจริญเติบโตอย่างชัดเจนต่อพืชทดสอบ 2 ชนิด คือ ผักกาดหอมและหน่ออัลฟัลฟา ทั้งในด้านการยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition) และการเร่งการเจริญเติบโต (growth acceleration) ดังนี้

1. น้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้น 1% มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตด้านความยาวของรากและต้นอ่อนของผักกาดหอมมากที่สุด 99.76 % และ 72.57 % เทียบกับชุดควบคุมตามลำดับ และยับยั้งการเจริญเติบโตด้านความยาวของรากหน่ออัลฟัลฟา 77.43 % เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

2. น้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้น 0.1% มีผลในการเร่งการเจริญเติบโตด้านความยาวของรากและต้นอ่อนของหน่ออัลฟัลฟา 136.69 % และ 213.17 % เทียบกับชุดควบคุม ตามลำดับ

การศึกษานี้ไม่สามารถบ่งชี้ชัดถึงฤทธิ์ของน้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัสในการยับยั้งหรือการเร่งการเจริญเติบโตด้านความยาวของรากและต้นอ่อนของผักกาดหัวได้ เนื่องจากร้อยละของการยับยั้งการเจริญเติบโตมีค่าน้อยกว่า 50 เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ Dr.Tatsuro Ohira นักวิจัย และ เจ้าหน้าที่ทุกท่านของสถาบัน FFPRI ที่ได้ให้แนวทางคำแนะนำ ตลอดจนช่วยเหลือให้เกิดผลการศึกษา และขอขอบคุณ JICA ที่เปิดโอกาสให้ไปทำงานร่วมกับนักวิจัยในประเทศญี่ปุ่น

เอกสารอ้างอิง

จำนงค์ โพธิสาโร. 2528. การปลูกไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทย. ใน รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส ความสำเร็จและปัญหา. กรมป่าไม้. กรุงเทพมหานคร. หน้า 11-13.

จิระพงษ์ คูหากาญจน์. 2549. ศักยภาพด้านพลังงานของไม้ยูคาลิปตัสตามลุ่มน้ำชั้น 4 ชั้นอายุ. กรมป่าไม้. กรุงเทพมหานคร. 13 หน้า.



จิระพงษ์ คูหากาญจน์. ไม้ระบุรี. เอกสารเผยแพร่ เรื่องน้ำส้มควันไม้และการใช้ประโยชน์. กรมป่าไม้. กรุงเทพมหานคร. 7 หน้า.

พรรณี เค้นรุ่งเรือง. 2550. ผลของสารสกัดจากเปลือกต้นวงศ์อบเชยต่อการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ. ใน การสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 8. กรมป่าไม้. กรุงเทพมหานคร. หน้า 258-269.

วิชณี บุญอยู่ปฎิภาค. 2544. ไม้พิน. กรมป่าไม้. กรุงเทพมหานคร. 50 หน้า.

Anonymous. -. Seedling Growth inhibitors. (Online.) <http://www.sbreb.org/brochures/herbicide/seed.htm>. (วันที่ค้นข้อมูล 18 มีนาคม 2551)

Finney D J. 1971. cited by Rong Tsao, Frieda E Romanchuk, Chris J Peterson and Joel R Coats. 2002. (Online) HYPERLINK <http://www.biomedcentral.com/1472-6785/2/1>. (วันที่ค้นข้อมูล 18 มีนาคม 2551)

Mitsuyoshi Yatagai, Tatsuro Ohira and Kiyoshi Nakashima . 1997. Composition, miticidal activity and growth regulation effect on radish seeds of extracts from Melaleuca species. ; Biochemical systematics and ecology 26 (1998) : 713-722 p.

4

การใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่า
ผลิตภัณฑ์ป่าไม้







ผลของสารสกัดจากเปลือกต้นทำมัง หมีเหม็น และยางบงต่อไมยราบยักษ์

EFFECTS OF BARKS EXTRACTS FROM *LITSEA PETIOLATA*,
LITSEA GLUTINOSA AND *PERSEA KURZII* ON GIANT SENSITIVE PLANT

พรรณี เค้นรุ่งเรือง (PANNEE DENRUNGRUANG)¹

บทคัดย่อ

จากการศึกษาผลของสารสกัดจากเปลือกต้นทำมัง (*Litsea petiolata* Hook. f.) หมีเหม็น (*Litsea glutinosa* C.B. Robins.) และยางบง (*Persea kurzii* Kosterm.) ต่อการงอกและเจริญเติบโตของเมล็ดไมยราบยักษ์ (*Mimosa pigra*) ที่ความเข้มข้น 1 0.5 0.1 0.05 0.01 และ 0.005 พบว่า สารสกัดของพืชดังกล่าวแสดงคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตต้นอ่อนของไมยราบยักษ์ ยกเว้นสารสกัดเมทธานอลจากเปลือกต้นยางบงที่ความเข้มข้นน้อยกว่า 0.5% และสารสกัดแอลกอฮอล์อย่างหยาบจากเปลือกต้นยางบงที่ความเข้มข้นน้อยกว่า 0.05% แสดงคุณสมบัติส่งเสริมการเจริญเติบโตต้นอ่อนของไมยราบยักษ์

คำหลัก : ทำมัง หมีเหม็น ยางบง ไมยราบยักษ์ การยับยั้งการเจริญเติบโต การส่งเสริมการเจริญเติบโต

¹ กลุ่มงานพัฒนาผลผลิตป่าไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ E-mail : rfd@forest.go.th



ABSTRACT

The germination and growth regulation effects of the extract from stem bark of *Litsea petiolata* Hook. f., *Litsea glutinosa* C.B. Robins. and *Persea kurzii* Kosterm. on the seed of giant sensitive plant (*Mimosa pigra*) at a concentration of 1%, 0.5%, 0.1%, 0.05%, 0.01% and 0.005% were investigated. The extracts of those species showed inhibitory effects on root and shoot growth of giant sensitive plant except the methanol extract of *Persea kurzii* at a concentration less than 0.5% and the crude alkaloid extract of *Persea kurzii* at a concentration less than 0.05% showed acceleration effect on the growth of giant sensitive plant seedling.

Keywords : *Litsea petiolata*, *Litsea glutinosa*, *Persea kurzii*, giant sensitive plant (*Mimosa pigra*), growth inhibition effects, growth acceleration effects.

คำนำ

การใช้สารธรรมชาติเพื่อควบคุมศัตรูพืชเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้สารเคมีให้น้อยลง ซึ่งกำลังเป็นที่สนใจและได้มีการศึกษาทดลองเพื่อนำสารจากพืชสมุนไพร พืชป่า และวัชพืช ตลอดจนสารธรรมชาติจากแหล่งอื่นๆ มาใช้ในการควบคุมศัตรูพืชทั้งในด้านแมลงศัตรูพืช โรคพืช และวัชพืช (ชอุ่มและศิริพร, 2533; วิชัยและคณะ, 2534; มยุรา, 2543) โดยมีรายงานเป็นจำนวนมากที่ยืนยันว่าพืชและจุลินทรีย์หลายชนิดมีการสร้างสารเคมี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) และปลดปล่อยสารนั้นออกมาสู่สภาพแวดล้อม ทำให้เกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชและจุลินทรีย์อื่นๆ ซึ่งเรียกปรากฏการณ์ดังกล่าวที่เกิดขึ้นว่า allelopathy และเรียกสารที่ผลิตและปลดปล่อยออกมานั้นว่า allelopathic substances หรือ allelochemicals (Rice, 1984 ; Rizvi and Rizvi, 1992) แนวทางหนึ่งของการวิจัยและพัฒนาสารชีวภาพเพื่อการควบคุมวัชพืชคือ การใช้สารสกัดที่มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืชจากส่วนต่างๆ ของพืชที่ปลูกหรือขึ้นอยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งสารธรรมชาติที่สกัดได้อาจนำมาใช้เป็นสารควบคุมวัชพืชโดยตรงหรืออาจใช้สารดังกล่าวเป็นต้นแบบในการสังเคราะห์สารควบคุมวัชพืชชนิดใหม่ซึ่งมีอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยลง (Chou, 1995 ; Duke and Abbas, 1995 ; Kim, 1995 ; Macias, 1995)

จากผลการศึกษาก่อนหน้านี้ พรณี (2550) พบว่า สารสกัดจากคลอโรฟอร์มและสารสกัดแอลกอฮอล์อย่างหยาบของเปลือกต้นตำมั้งที่ความเข้มข้น 500 ppm มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านความยาวรากและความยาวต้นของต้นอ่อนผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บไว้เพียง 1 วันทำให้รากมีลักษณะผิดปกติ กุดสั้น มีสีน้ำตาลเข้ม หรือสีดำคล้ำ และหยุดการเจริญ ส่วนสารสกัดคลอโรฟอร์มของเปลือกต้นตำมั้งและสารสกัดแอลกอฮอล์อย่างหยาบของเปลือกต้นหมีเหม็นที่ความเข้มข้น 500 ppm สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านความยาวรากของต้นอ่อนผักกาดหัว (*Raphanus sativus* L.) สูงสุดเมื่อเทียบกับชุดควบคุม จากผลการทดลองดังกล่าวผู้เขียนคิดว่าสารสกัดจาก



เปลือกต้นตำมั่งและเปลือกต้นหมีเหม็นน่าจะมีศักยภาพในการเป็นสารกำจัดวัชพืช (herbicides) เพื่อหาแนวทางในการนำสารจากธรรมชาติมาใช้ทดแทนสารเคมีที่เป็นสารควบคุมวัชพืช ลดปัญหาเรื่องสารเคมีตกค้างในสิ่งแวดล้อม ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการทดลองนี้เป็นการนำสารสกัดเปลือกต้นตำมั่ง เปลือกต้นหมีเหม็น และเปลือกต้นยางบก มาศึกษาว่ามีคุณสมบัติยับยั้งหรือสนับสนุนการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืช โดยใช้ไมยราบยักษ์ (*Mimosa pigra*) เป็นพืชทดสอบ

วิธีการศึกษา

1. วัตถุดิบ

เปลือกต้นตำมั่ง เก็บจากจังหวัดตรัง เปลือกต้นหมีเหม็นและเปลือกต้นยางบก เก็บจากศูนย์วิจัยผลิตผลป่าไม้ จังหวัดสกลนคร ทั้งหมดเก็บเมื่อเดือนมิถุนายน 2548 นำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่มประมาณ 7 วัน แล้วบดตัวอย่างให้ละเอียดด้วยเครื่องบด สกัดผงเปลือกต้นด้วยคลอโรฟอร์ม และเมทิลแอลกอฮอล์ที่อุณหภูมิห้อง นำส่วนที่สกัดได้จากคลอโรฟอร์มและเมทิลแอลกอฮอล์ทำให้เข้มข้นภายใต้ความดันต่ำแล้วซัง นำสารสกัดเมทิลแอลกอฮอล์มาส่วนหนึ่งเพื่อทำการสกัดสารแอลคาลอยด์อย่างหยาบ (crude alkaloid extract) ตามวิธีการสกัด alkaloid ทั่วไป

เมล็ดไมยราบยักษ์ (*Mimosa pigra* Linn.) จากกลุ่มงานวิทยาการวัชพืช กองพฤกษศาสตร์และวัชพืช กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

2. อุปกรณ์และสารเคมี

1. เครื่องบด เครื่องระเหยสุญญากาศ ตู้ควบคุมอุณหภูมิและแสง ตู้เย็น และโถแก้วสำหรับสกัดเปลือกต้น หม้ออังไอน้ำ
2. พงวุ้น สารเคมีทุกชนิดใช้ AR grade และน้ำกลั่น
3. กระดาษกรอง (Whatman, เบอร์ 2) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มม. จานแก้ว (petri dishes) ขนาด 95 มม. หลอดแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มม. สูง 120 มม. เครื่องแก้ว และอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็น

3. วิธีการทดลอง

สารสกัดต่อการงอกของไมยราบยักษ์

1. นำสารสกัดคลอโรฟอร์ม เมทิลแอลกอฮอล์ และแอลคาลอยด์อย่างหยาบที่ได้ เตรียมเป็นสารละลายความเข้มข้น 1 0.5 0.1 0.05 0.01 และ 0.005 โดยใช้เมทิลแอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลาย
2. เติมน้ำกลั่นลงในจานแก้วที่มีสารตัวอย่างที่ตัวทำละลายระเหยแห้งแล้ว (ข้อ 2) 5 มล. เติมน้ำกลั่นลงในจานแก้วที่มีสารตัวอย่างที่ตัวทำละลายระเหยแห้งแล้ว (ข้อ 2) 5 มล. ตั้งทิ้งไว้ให้ตัวทำละลายระเหยที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งแต่ละการทดลองจะทำ 3 ซ้ำ และทำชุดควบคุมโดยใช้ตัวทำละลายเมทิลแอลกอฮอล์
3. เติมน้ำกลั่นลงในจานแก้วที่มีสารตัวอย่างที่ตัวทำละลายระเหยแห้งแล้ว (ข้อ 2) 5 มล.
4. วางเมล็ดไมยราบยักษ์ที่ทำลายการพักตัวโดยการแช่น้ำอุ่นประมาณ 3 ชั่วโมง นับใส่จานแก้ว



(ในข้อ 3) จานละ 50 เม็ด ปิดฝา เก็บที่อุณหภูมิห้อง (28-32°C 8-ชม.-แสง/16-ชม.-มืด) นับจำนวนเมล็ดงอก หลังทดลอง 5 วัน คำนวณเปอร์เซ็นต์การงอกโดยเทียบกับชุดควบคุม

สารสกัดต่อการเจริญเติบโตของไมยราบยักษ์

1. นำสารสกัดคลอโรฟอร์ม เมทิลแอลกอฮอล์ และแอลกอฮอล์อย่างหาบที่ได้ เตรียมเป็นสารละลายความเข้มข้น 1 0.5 0.1 0.05 0.01 และ 0.005 โดยใช้เมทิลแอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลาย
2. เติมสารสกัดความเข้มข้นตามที่กำหนด 5 มล. ลงในหลอดแก้ว ระบายให้แห้งบนเครื่องอังไอน้ำ (water bath) ซึ่งแต่ละการทดลองจะทำ 3 ซ้ำ และทำชุดควบคุมโดยใช้ตัวทำละลายเมทิลแอลกอฮอล์
3. เตรียมเมล็ดไมยราบยักษ์ที่ทำลายการพักตัวโดยการแช่น้ำอุ่นประมาณ 3 ชั่วโมง แล้วแช่ด้วยน้ำกลั่นเก็บที่อุณหภูมิห้องในที่ไม่มีแสงค้างคืน 1 คืน เพื่อให้เมล็ดมีความยาวรากประมาณ 1-2 มม.
4. ละลายผงวุ้นให้ได้ความเข้มข้นของวุ้น 0.5% ใส่สารละลายผงวุ้นที่เตรียมไว้ 10 มล. ลงในหลอดแก้วที่ระเหยตัวทำละลายแห้งแล้วในข้อ 2 คนสารสกัดผสมกับสารละลายวุ้นให้เข้ากันแต่ละ treatment ปล่อยให้วุ้นเย็น
5. นำเมล็ดไมยราบยักษ์ที่มีความยาวรากประมาณ 1-2 มม. (ข้อ 3) ใส่หลอดละ 6 ต้น แล้วเติมน้ำกลั่น 300 ไมโครลิตร ลงในแต่ละหลอด ปิดฝาด้วยพาราฟิล์ม (parafilm) วางที่อุณหภูมิห้อง (28-32°C, 8-ชม.-แสง/16-ชม.-มืด) เป็นเวลา 7 วัน
6. นำกล้าไมยราบยักษ์มาวัดความยาวราก ความยาวต้น หลังปลูก 7 วัน คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง โดยเทียบกับชุดควบคุม

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ผลของการงอก และการยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านความยาวรากและความยาวต้นของต้นอ่อนไมยราบยักษ์ที่เพาะในสารสกัดจากเปลือกต้นตำมั่ง เปลือกต้นหมีเหม็น และเปลือกต้นยางบก เทียบกับชุดควบคุม (ไม่ได้รับสารสกัด) ดังนี้

ผลของสารสกัดจากเปลือกต้นตำมั่ง หมีเหม็น และยางบกต่อการงอกของเมล็ดไมยราบยักษ์

สารสกัดจากเปลือกต้นตำมั่ง หมีเหม็น และยางบก ที่ความเข้มข้น 1 0.5 0.1 0.05 0.01 และ 0.005% มีผลต่อการยับยั้งการงอกของเมล็ดไมยราบยักษ์น้อยเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

ผลของสารสกัดจากเปลือกต้นตำมั่งต่อการเจริญเติบโตของไมยราบยักษ์ (Figure 1).

สารสกัดเมทิลแอลกอฮอล์ (crude methyl alcohol extract) ที่ความเข้มข้น 1 0.5 0.1 0.05 และ 0.01 มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านความยาวรากมากกว่า 50% และที่ความเข้มข้น 1, 0.5 และ 0.1 มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านความยาวต้นมากกว่า 50% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

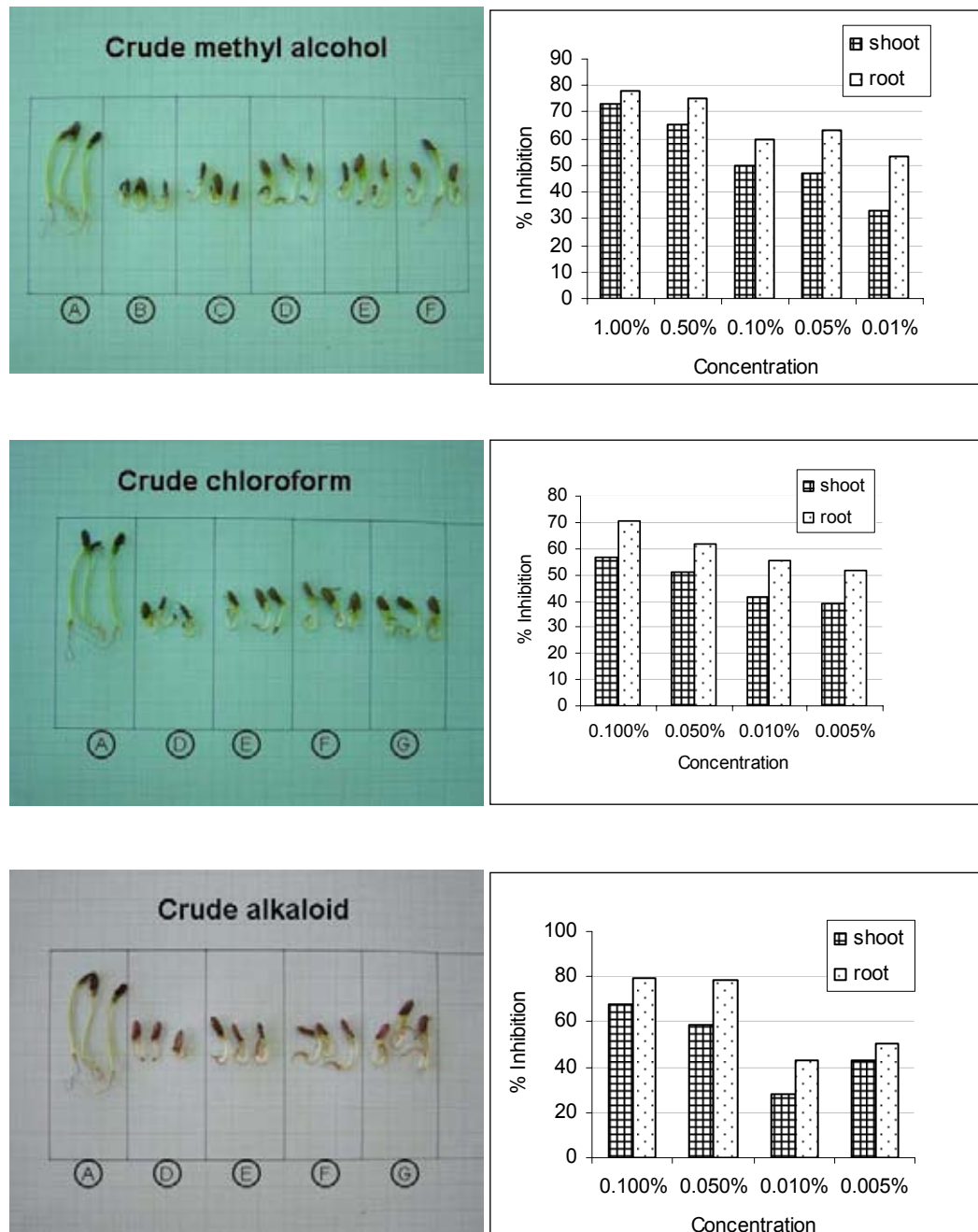


Figure 1. Growth inhibition effect of crude methyl alcohol, chloroform and alkaloid extracts from *Litsea petiolata* bark (A: control, B: 1%, C: 0.5%, D: 0.1%, E: 0.05%, F: 0.01%, G: 0.005%) on seed of giant sensitive plant. Graphs show the percentage based on the control.



สารสกัดคลอโรฟอร์ม (crude chloroform extract) ที่ความเข้มข้น 0.1 0.05 0.01 และ 0.005% มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านการขยายรากมากกว่า 50% และที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.05% มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านการยวดยานมากกว่า 50% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

สารสกัดแอลคาลอยด์อย่างหยาบ (crude alkaloid extract) ที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.05% มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านการขยายรากและความยวดยานมากกว่า 50% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

ผลของสารสกัดจากเปลือกต้นหมีเหม็นต่อการเจริญเติบโตของไมยราบยักษ์ (Figure 2).

สารสกัดเมทิลแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้น 1 0.5 0.1 และ 0.05% มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านการขยายรากและความยวดยานมากกว่า 60% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

สารสกัดคลอโรฟอร์มที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.05% มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านการขยายรากมากกว่า 50% และที่ความเข้มข้น 0.1 0.05 0.01 และ 0.005% มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านการยวดยานมากกว่า 50% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

สารสกัดแอลคาลอยด์อย่างหยาบ ที่ความเข้มข้น 0.1 0.05 และ 0.01% มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านการขยายรากมากกว่า 60% และที่ความเข้มข้น 0.1 0.05 และ 0.01% มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านการยวดยานมากกว่า 50% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

ผลของสารสกัดจากเปลือกต้นยางบกต่อการเจริญเติบโตของไมยราบยักษ์ (Figure 3)

สารสกัดเมทิลแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้น 1% มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านการขยายรากและความยวดยานมากกว่า 80% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

สารสกัดคลอโรฟอร์มที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.05% มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านการขยายรากและความยวดยานมากกว่า 60% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

สารสกัดแอลคาลอยด์อย่างหยาบที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.05% มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านการขยายรากและความยวดยานมากกว่า 50% และที่ความเข้มข้น 0.01 และ 0.005% มีคุณสมบัติส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้านการขยายรากและความยวดยาน เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

สรุปผล

จากการทดสอบสารสกัดจากเปลือกต้นทำม้ง หมีเหม็น และยางบกต่อการเจริญเติบโตของไมยราบยักษ์พบว่า ต้นอ่อนไมยราบยักษ์ที่เพาะในสารสกัดเมทิลแอลกอฮอล์จากเปลือกต้นหมีเหม็นที่ความเข้มข้น 1 และ 0.5% สารสกัดเมทิลแอลกอฮอล์จากเปลือกต้นยางบกที่ความเข้มข้น 1% สารสกัดคลอโรฟอร์มจากเปลือกต้นหมีเหม็นที่ความเข้มข้น 0.1% สารสกัดแอลคาลอยด์อย่างหยาบจากเปลือกต้นหมีเหม็นที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.05% สารสกัดแอลคาลอยด์อย่างหยาบที่จากเปลือกต้นยางบกที่ความเข้มข้น 0.1% ทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วมีการเจริญเติบโต ในด้านการยวดยานและรากของไมยราบยักษ์ผิดปกติเมื่อเทียบกับที่เพาะในน้ำกลั่น ซึ่งพบว่ามีการยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นและรากมากกว่า 80%

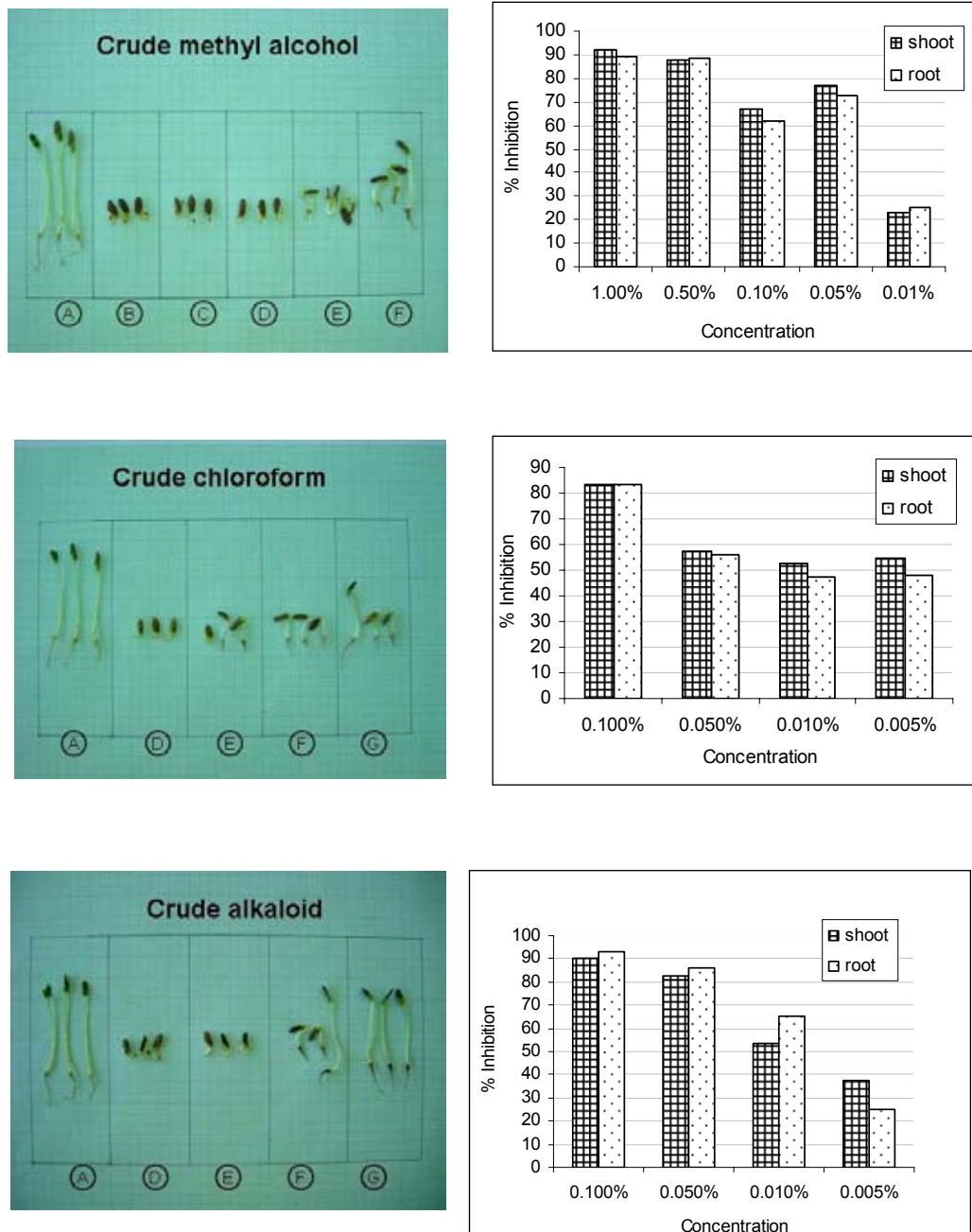


Figure 2. Growth inhibition effect of crude methyl alcohol, chloroform and alkaloid extracts from *Litsea glutinosa* bark (A: control, B: 1%, C: 0.5%, D: 0.1%, E: 0.05%, F: 0.01%, G: 0.005%) on seed of giant sensitive plant. Graphs show the percentage based on the

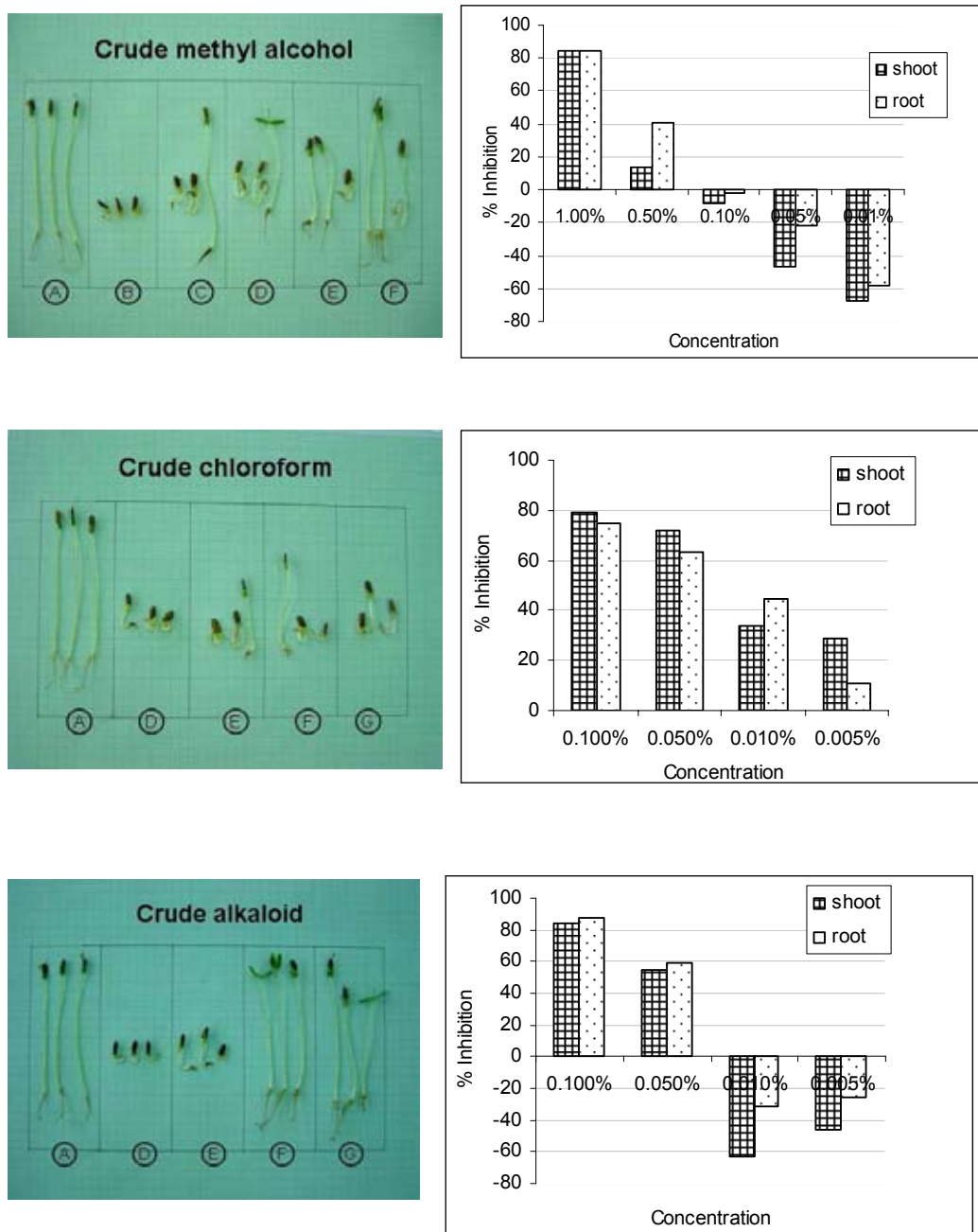


Figure 3. Growth inhibition effect of crude methyl alcohol, chloroform and alkaloid extracts from *Persea kurzii* bark (A: control, B: 1%, C: 0.5%, D: 0.1%, E: 0.05%, F: 0.01%, G: 0.005%) on seed of giant sensitive plant. Graphs show the percentage based on the control.



ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้พบว่าสารสกัดจากเปลือกต้นตำมั่ง และหมีเหม็นมีประสิทธิภาพต่อการยับยั้งการเจริญของต้นและรากของต้นอ่อนไมยราบยักษ์ดีที่สุดที่สุด ทำให้รากมีลักษณะผิดปกติ กุดสั้น มีสีน้ำตาลเข้มหรือสีดำคล้ำ และหยุดการเจริญ ดังนั้นควรมีการทดลองต่อยอดโดยนำสารสกัดไปทดลองในภาคสนามต่อไป เพื่อจะนำมาใช้เป็นสารกำจัดวัชพืช (herbicides) และจะเป็นแนวทางในการนำสารสกัดดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ทางด้านอื่นด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ดร. ศิริพร ซึ่งสนธิพร กลุ่มงานวิทยาการวัชพืช กองพฤกษศาสตร์และวัชพืช กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900 ที่อนุเคราะห์เมล็ดไมยราบยักษ์ (*Mimosa pigra* Linn.) เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยพัฒนาผลิตผลป่าไม้ จังหวัดสกลนคร สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ ที่ช่วยเก็บตัวอย่างเปลือกไม้ และนางสาวศศิธร สุขสบาย นางสาวปัทมา สีดาทอง ผู้ช่วยนักวิจัย ที่ช่วยในการทดลองในห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

- ช่อม เปรมชัย และ ศิริพร ซึ่งสนธิพร. 2533. อิทธิพลของสารสกัดจากผักปอดนาต่อการเจริญเติบโตของวัชพืช. วารสารวิชาการเกษตร 8(1) : 29- 34.
- พรณี เคนรุ่งเรือง. 2550. ผลของสารสกัดจากเปลือกต้นวงศ์อบเชยต่อการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ. ใน การสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 8 “เทคโนโลยีวนวัฒนเพื่อจัดการความยากจน”. คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. หน้า 259-270.
- มยุรา สุนัยวีระ. 2543. ประสิทธิภาพของสารสกัดจากสมุนไพรบางชนิดในการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก *Plutella xylostella* (L.). วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 18(1) : 45 – 50.
- วิชัย ก่อประดิษฐ์สกุล ชัยณรงค์ รัตนศรีทากุล และ รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล. 2534. การใช้สารสกัดจากพืช การป้องกันการเกิดโรคแอนแทรกคโนสนบนผลมะม่วง (บทคัดย่อ). ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 29. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. หน้า 95.



- Chou, C-H. 1995. Allelopathic compounds as naturally occurring herbicides.. *In* Proceedings of the 15th Asian-Pacific Weed Science Society Conference. Tsukuba, Japan. pp. 154-163
- Duke, S.O. and Abbas, H.K. 1995. Natural products with potential use as herbicides. *In* Inderjit, K.M.M. Dakshini, and F.A. Einhellig (eds.). Allelopathy: Organisms, Process, and Applications. ACS Symposium Society, Washington D.C., U.S.A. pp. 348-362.
- Kim, K-U. 1995. Possible utilization of plants and allelochemicals for weed control. *In* Proceedings of the 15th Asian-Pacific Weed Science Society Conference. Tsukuba, Japan. pp. 292-299.
- Macias, F.A. 1995. Allelopathy in the search for natural herbicide models. *In* Inderjit, K.M.M. Dakshimi, and F.A. Einhellig (eds.). Allelopathy : Organisma, Processes, and applications. ACS Symposium Series 582. American Chemical Society, Washington D.C., U.S.A. pp. 310-329.
- Rice, E.L. 1984. Allelopathy, 2nd ed. Academic Press, Inc., Florida, U.S.A. 422 p.
- Rizvi, S.J.H. and Rizvi, V. 1992. Allelopathy: Basic and Applied Aspects. Chapman and Hall, London, U.K. 482 p.



การศึกษาดอกเห็ดเห็ดโคน
CULTIVATION OF TERMITE MUSHROOMS

ลีลา กัญญนันท์ (LEELA KAYIKANANTA)¹
นัยนา ทองเจียม (NAIYANA THONGJIEM)¹
อภิชัย หมุกก้อน (APHICHAJ MUKORN)²

บทคัดย่อ

การศึกษาดอกเห็ดเห็ดโคนโดยสำรวจและเก็บตัวอย่างปลวก แมลงเม่า และเห็ดโคน เพื่อจำแนกชนิดและใช้ทดลองศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดเห็ดโคนและปลวกเห็ดโคน ผลจากการสำรวจและเพาะเลี้ยงพบว่า ปลวกหนึ่งชนิดสามารถเกิดเห็ดโคนได้หลายชนิด และเห็ดโคนชนิดหนึ่งอาจเกิดบนรังปลวกที่ต่างชนิดกัน แสดงว่าชนิดเห็ดโคนไม่จำเพาะกับชนิดปลวก การทดลองเพาะเลี้ยงเส้นใยเชื้อเห็ดโคนบนอาหารเลี้ยงเชื้อจากสูตรพืชธรรมชาติและทดลองใส่ในรังปลวก พบว่าสูตรอาหาร T5+G+B เป็นสูตรอาหารที่ดีที่สุด โดยมีส่วนผสมน้ำปลา 300 ก. Dextrose 10 ก. ไข่ผง 15 ก. Blood and bone 20 ก. Gentamycin sulfate 4 มล. Benomyl 15 ppm 1 มล. และน้ำกลั่น 1 ลิตร เชื้อเส้นใยเห็ดโคน *Termitomyces fuliginosus* และ *T. clypeatus* สามารถเจริญเต็มจานเลี้ยงเชื้อขนาด 9 ซม. ภายใน 20-30 วัน และเมื่อทดลองนำเชื้อเส้นใยเห็ดโคนที่เพาะได้ไปใส่ในรังปลวกพบว่า ไม่สามารถทำให้เกิดเห็ดโคน การเพาะเลี้ยงเห็ดโคนได้ทำการทดลอง 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 ขุดย้ายรังปลวกเห็ดโคนมาเลี้ยงพบว่า ยังไม่ประสบความสำเร็จ ปลวกไม่สามารถเพิ่มประชากร และตายหลังเพาะเลี้ยงนาน 6-14 เดือน วิธีที่ 2 ปล่อยแมลงเม่าเพาะเลี้ยงจำนวน 20 คู่ในพื้นที่ทดลอง พบว่าประสบความสำเร็จหลังจากเลี้ยงแมลงเม่าปลวก *Macrotermes gilvus* เป็นเวลานานสองปีมีเห็ดโคน *Termitomyces globulus* ออกมาจำนวน 2 รุ่ง ในเดือนมิถุนายนและเดือนสิงหาคม ซึ่งแสดงว่าการเพาะเลี้ยงเห็ดโคนสามารถเพาะได้โดยไม่ต้องเลี้ยงปลวกเห็ดโคนเพื่อชักนำให้เกิดเห็ดโคน และใช้วิธีเลี้ยงจากรยะแมลงเม่าเป็นวิธีที่สะดวกที่สุด

คำหลัก : การเพาะเลี้ยง เห็ดโคน ปลวก

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

² สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้



ABSTRACT

Samples of termite mushrooms and fungus-growing termites were collected for identification and cultivation. Firstly, the study of the association between termites and mushrooms can be concluded that one species of termite can produce many species of mushrooms and vice versa. This showed that mushrooms are not specific with termites species. Secondly, pure cultures of mushrooms were grown in artificial media prepared from local food crops. It was founded that *Termitomyces fuliginosus* and *T. clypeatus* grew well on media, T5+G+B which consists of cassava 300 gm., dextrose 10 gm., agar 15 gm., blood and bone 20 gm., gentamycin sulfate 4 ml., benomyl 15 ppm 1 ml. and distilled water 1 litre. The mycelium occupied the whole surface of the 9 cm. plates at room temperature within 20-30 days. Direct inoculation of pure culture into termite mounds and the feeding termites were unsuccessful. The promising way to produce termite mushrooms was to release 20 alates of both sexes of *Macrotermes gilvus* for 2 years, then fruitbodies of mushroom, *Termitomyces globulus* could be collected in June and August.

Keywords : Cultivation, termite mushroom, fungus-growing termite

คำนำ

เห็ดโคนอยู่ในสกุล *Termitomyces* (อนงค์, 2520) พบกระจายอยู่ทั่วไปในแถบแอฟริกาและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คือ *Termitomyces aurantiacus*, *T. clypeatus*, *T. heimii*, *T. globulus* และ *T. eurhizus* เห็ดโคนใหญ่ที่สุด คือ *T. titanicus* พบในประเทศแซมเบียมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอก 63 ซม.หนัก 2.5 กก. (Batra and Batra, 1979) เห็ดโคนออกดอกตั้งแต่ต้นฤดูฝนเดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายน เห็ดแต่ละชนิดมีช่วงการเกิดแตกต่างกัน เห็ดที่พบในจังหวัดเพชรบุรี และทางตะวันตกของกาญจนบุรีมีคุณภาพและรสชาติที่ดีที่สุดและราคาสูง (ประไพศรี, 2543) และน้ำสกัดเห็ดโคนมีฤทธิ์ต้านเชื้อโรคได้หลายตัว เช่น ไทฟอยด์ และเชื้อ *Enterobacteria* (Sangvichien and Taylor-Hawthorn, 2002)

Batra และ Batra (1979) รายงานว่า การเกิดเห็ดโคนนี้มีความสัมพันธ์กับปลวกแบบพึ่งพาอาศัยกัน (obligate symbiosis) กล่าวคือ ปลวกอาศัยเห็ดในการย่อย cellulose และ lignin จากเศษไม้ในรังปลวกให้เป็นโมเลกุลของน้ำตาล ส่วนเห็ดมีชีวิตรอยู่ได้ในรังปลวกโดยใช้สารเคมีที่ปลวกขับถ่ายออกมา ปลวกที่มีความสัมพันธ์กับดอกเห็ดโคนพบปลวกเห็ดโคนสกุล *Macrotermes*, *Microtermes*, *Canthothotermes*, *Hypotermes* และ *Protermes* (ยุพาพร และจารุณี, 2547) ปลวกเพาะเลี้ยงเชื้อราจัดอยู่ใน Family Termitidae Subfamily Macrotermitinae ยุพาพร และสุรางค์ (2548) ได้จำแนกปลวกในประเทศไทยไว้ 15 ชนิด จัดอยู่ใน 5 สกุล ดังนี้ สกุล *Odontotermes* พบ 8 ชนิด สกุล *Macrotermes* พบ 4 ชนิด สกุล *Hypotermes* พบ 1 ชนิด สกุล *Ancistrotermes* พบ 1 ชนิด และสกุล *Microtermes* พบ 1 ชนิด ปลวกที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงเชื้อรา



คือ ปลวก *Macrotermes gilvus* และ *Hypotermes makhamensis* (ปัญญา และกิตติพงษ์, 2538) อุณหภูมิภายในรังปลวกขณะที่ยังสดอยู่ระหว่าง 28-30 °ซ. ความชื้นในรังปลวก 70-80% สภาพความเป็นกรดด่างของรังปลวก 5.5

เห็ดโคนเป็นเห็ดกินได้ที่มีรสชาติเป็นที่นิยมบริโภค คุณค่าทางอาหารของเห็ดโคนแต่ละชนิดจะมีปริมาณคุณค่าอาหารต่างกัน เห็ดโคนมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยมีค่าโปรตีนเฉลี่ย 24 ก. ต่อน้ำหนักแห้งของเห็ด 100 ก. เห็ดปลวกฟานเทามีค่าโปรตีนสูงสุด 33.9 ก. เห็ดปลวกข้าวตอกมีค่าโปรตีนต่ำสุด 9.6 ก. (อุษา และวินัย, 2546) ปลวกแต่ละรังจะออกเห็ดโคนได้เพียงหนึ่งหรือสองครั้งต่อปีเท่านั้น และมีจำนวนจำกัดจึงทำให้เห็ดโคนมีราคาแพง เห็ดโคนสดราคากิโลกรัมละ 80-500 บาท ขึ้นอยู่กับลักษณะของดอกเห็ด ชนิดดอกตูมหรือดอกบาน และสถานที่วางจำหน่าย ดังนั้นเห็ดโคนจึงเป็นเห็ดเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมมากจึงสมควรศึกษาทดลองเพื่อหาวิธีเพาะเลี้ยง การวิจัยเพาะเลี้ยงเห็ดโคนโดยวิธีเพาะเลี้ยงเชื้อเห็ดโคนในถุงมีผู้ทดลองทำหลายคนแต่ยังไม่ประสบความสำเร็จ ทั้งนี้เพราะการเกิดเห็ดโคนจะเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณที่มีรังปลวกเท่านั้น ดังนั้นแนวคิดการเพาะเลี้ยงเห็ดโคนจึงเห็นควรเลี้ยงปลวกเพื่อชักนำให้เกิดเห็ดโคนในพื้นที่ต้องการ และชนิดปลวกที่นำมาเลี้ยงจะต้องเป็นปลวกชนิดที่เพาะเลี้ยงเชื้อเห็ดโคนเท่านั้นไม่ใช่ปลวกกินไม้ทำลายบ้าน และผลการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อเศรษฐกิจประเทศ ช่วยสร้างอาชีพสร้างรายได้ และเป็นแหล่งโปรตีนที่มีประโยชน์ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ (1) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดปลวกกับชนิดเห็ดโคน และรายละเอียดเกี่ยวกับชนิดปลวก แมลงเม่า และเห็ดโคน (2) ทดลองเพาะเลี้ยงเชื้อเส้นใยเห็ดโคนในอาหารเลี้ยงเชื้อจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ และทดลองใส่เชื้อเส้นใยเพาะเลี้ยงลงในรังปลวก (3) ทดลองเพาะเลี้ยงปลวกเห็ดโคน และเลี้ยงแมลงเม่าเพื่อชักนำให้เกิดเห็ดโคน

วิธีการศึกษา

การวิจัยเพาะเลี้ยงเห็ดโคน ได้ดำเนินการสำรวจเพื่อศึกษาข้อมูลรายละเอียดลักษณะเห็ดโคน ปลวกเห็ดโคน และแมลงเม่า เก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาจำแนกชนิด โดยดำเนินการสำรวจในพื้นที่จังหวัดลพบุรี ราชบุรี กาญจนบุรี นนทบุรี ลำปาง สกลนคร และอุดรธานี และดำเนินการทดลองวิจัยในห้องที่จังหวัดลำปาง ราชบุรี อุดรธานี และกรุงเทพฯ ระยะเวลาการวิจัยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 - 2550 รวม 5 ปี

1. การศึกษาความสัมพันธ์ชนิดเห็ดโคนกับชนิดปลวกเห็ดโคน ศึกษารายละเอียดปลวก แมลงเม่า และเห็ดโคน ได้ดำเนินการดังนี้

1.1 สำรวจเก็บตัวอย่างเห็ดโคน บันทึกรายละเอียดลักษณะภายนอกของดอกเห็ด เช่น ขนาดและสี ดอกเห็ด ก้านดอก วันที่เก็บ สถานที่เก็บ สภาพพื้นที่ ลักษณะดิน ถ่ายภาพและดองตัวอย่างเห็ดโคนเพื่อใช้ประกอบการศึกษาจำแนกชนิด และเก็บเห็ดโคนสดชนิด *T. fuliginosus* และ *T. clypeatus* เพื่อใช้ทดลองเพาะเลี้ยงในสูตรอาหารธรรมชาติ

1.2 เก็บตัวอย่างปลวกเห็ดโคนจดบันทึกลักษณะรายละเอียดสีตัวปลวก ลักษณะภายในรังปลวก ขนาดรัง ถ่ายภาพและดองตัวอย่างเพื่อใช้จำแนกชนิดปลวก และติดตามพฤติกรรมขบวนปลวกออกหาอาหาร



และเก็บอาหารเข้ารัง

1.3 จำแนกชนิดเห็ดโคนโดยเทียบเคียงกับหนังสือเห็ดโคนและลูกผสมฟิวส์ของสุมาลี (2547)

1.4 นำปลวกทหารส่งกล้องสเตอริโอไมโครสโคปเพื่อวัดขนาดและจำแนกชนิดปลวกด้วยคู่มือ Key ปลวกของ Ahmad (1965) และยุพาพร (2547)

1.5 จำแนกชนิดของแมลงเม่าตัวผู้ และตัวเมียภายใต้กล้องสเตอริโอไมโครสโคป

1.6 ติดตามการเกิดเห็ดโคน

2. การทดลองเลี้ยงเส้นใยเชื้อเห็ดโคนในอาหารเลี้ยงเชื้อจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ และทดลองใส่เชื้อเส้นใยเห็ดเพาะเลี้ยงลงในรังปลวก มีขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้

2.1 การเก็บตัวอย่างเห็ดโคน โดยเก็บตัวอย่างเห็ดโคนที่สมบูรณ์ชนิด *Termitomyces clypeatus* จากจังหวัดบุรีรัมย์ และชนิด *Termitomyces fuliginosus* จากอำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยใส่ไว้ในห่อกระดาษไข เพื่อใช้ทดลองเลี้ยงเชื้อ

2.2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ ใช้สูตรอาหาร 2 สูตร คือ สูตร T₅+G+B และสูตร T₇+G+B โดยมีส่วนผสมอาหารเหมือนกัน แตกต่างกันที่ปริมาณความเข้มข้นของสารป้องกันเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ดังนี้

	สูตร T ₅ +G+B	สูตร T ₇ +G+B	
มันสำปะหลัง	300	300	กรัม
Dextrose	10	10	กรัม
วุ้นผง	15	15	กรัม
Blood and bone	20	20	กรัม
Gentamycin sulfate	4	16	มิลลิลิตร
Benomyl 15 ppm	1	7	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	1	1	ลิตร

วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. นำมันสำปะหลังมาปอกเปลือก ล้างน้ำให้สะอาด
2. ชั่งน้ำหนักมันสำปะหลัง 300 ก. (กรัม) นำมาหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมลูกเต๋า
3. นำมันที่หั่นแล้วมาใส่หม้อและเติมน้ำ 500 มล. (มิลลิลิตร)
4. นำมันมาต้มใช้ไฟอ่อนจนมันสุก ใช้ส้อมกดมันดูว่านิ่ม นำมันที่ต้มมากรองผ่านผ้าขาวบาง

เอาแต่น้ำมาใช้

5. นำ blood and bone (เลือดหมู และกระดูกสัตว์ป่นในสัดส่วน 1:1 จำนวน 20 ก. มาใส่น้ำ 500 มล. นำไปต้มที่ไฟอ่อนประมาณ 20-30 นาที แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง เอาแต่น้ำมาใช้

6. นำน้ำที่ได้จากข้อ 4 และ 5 มาผสมรวมกัน วัดปริมาตรของส่วนผสมนี้ให้ได้ 1 ลิตร ถ้าไม่ถึงให้เติมน้ำเพิ่มจนได้ปริมาตร 1 ลิตร



7. เติมน้ำตาล dextrose ลงไป 10 ก. และวุ้นผง 15 ก. คนให้เข้ากัน นำไปตั้งไฟอ่อนๆ ใช้พายคนจนวุ้นละลายหมด

8. นำส่วนผสมดังกล่าวมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำ gentamycin sulfate จำนวน 4 มล. และ benomyl 15 ppm จำนวน 1 มล. ใส่ลงไปในส่วนผสมนี้คนให้เข้ากันแล้ว เทลงขวดแก้วหนาที่มีฝาเกลียวปิดเทให้สูงประมาณ 2 ใน 3 ของขวด อย่าให้อาหารเปอะปากขวด

9. นำขวดดังกล่าวไปนั่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C. นาน 30 นาที

10. เก็บอาหารเลี้ยงเชื้อในขวดนี้ไว้ที่อุณหภูมิห้อง หรือเก็บไว้ในตู้เย็นถ้าต้องการเก็บไว้ให้นานขึ้น

2.3 การเลี้ยงเชื้อบริสุทธิ์จากดอกเห็ด ดำเนินการดังนี้

2.3.1 นำดอกเห็ดโคนดำ *Termitomyces fuliginosus* และเห็ดโคนชนิด *Termitomyces clypeatus* ที่เก็บได้ใหม่ๆ และไม่เปียกน้ำมาฉีกออกเป็นสองซีก

2.3.2 นำเข็มเย็บเชื้อไปลงไฟเพื่อฆ่าเชื้อ และใช้ปลายเข็มเย็บเอาเนื้อดอกเห็ดโคนที่สะอาดมาวางลงในจานเลี้ยงเชื้อขนาด 9 ซม. ที่อาหารสูตร T5+G+B และ T7+G+B จำนวน 20 มล. จากขวดที่เตรียมไว้ในขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยทำในสภาพปลอดเชื้อ

2.3.3 บ่มจานเลี้ยงเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อการเจริญเติบโตของเชื้อ จนเส้นใยเจริญเกือบเต็มจานเลี้ยงเชื้อ

2.4 การเปรียบเทียบการเจริญของเชื้อเห็ดในอาหารเลี้ยงเชื้อ

2.4.1 นำขวดอาหารมาอุ่นด้วย waterbath จนอาหารละลายหมด และทำการเทอาหารที่เตรียมไว้ในข้อ 2.2 ลงในจานเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 ซม. ใช้อาหาร 20 มล. ต่อจานเลี้ยงเชื้อเห็ดแต่ละชนิดใช้อาหารแต่ละสูตรจำนวน 20 จานเลี้ยงเชื้อ

2.4.2 ใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มล.เจาะเชื้อบริสุทธิ์ที่เตรียมไว้ในข้อ 2.3 โดยเจาะริมโคโลนีของเชื้อมาใส่ในอาหารแต่ละชนิดที่เทไว้ในข้อ 2.4.1

2.4.3 ดูการเจริญของเส้นใยเห็ด ลักษณะเส้นใย ระยะเวลาที่เส้นใยเจริญเต็มจานเลี้ยงเชื้อ

2.5 การทดลองใส่เชื้อเส้นใยเห็ดโคนลงในรังปลวก

2.5.1 นำจานแก้วเลี้ยงเชื้อที่มีเชื้อเห็ดโคนขึ้นเกือบเต็มจาน ใส่น้ำสะอาด 20 มล. ลงไปในจานเลี้ยงเชื้อและใช้ไม้สะอาดหรือเข็มเย็บเชื้อช้อนออกจากจานเลี้ยงเชื้อให้หมด

2.5.2 เทเชื้อจากข้อ 2.5.1 ลงบนรังปลวก รดน้ำให้ชุ่มชื้น ปิดทับด้วยแผ่นพลาสติกนาน 1 เดือน และทิ้งไว้เพื่อรอการเกิดดอกเห็ด ซึ่งต้องใช้เวลาน้อยสองปีในสภาพธรรมชาติ

ดำเนินการทดลองใส่เชื้อเส้นใยเห็ดโคนเพาะเลี้ยงสูตร T5+G+B บนรังปลวกจำนวน 3 รัง รังละ 3 จาน รวม 9 จาน

ดำเนินการทดลองใส่เชื้อเส้นใยเห็ดโคนเพาะเลี้ยงสูตร T7+G+B บนรังปลวกจำนวน 9 รัง รังละ 3 จาน รวม 27 จาน



3. การทดลองเพาะเลี้ยงปลวกเห็ดโคน และแมลงเม่าเพื่อชักนำให้เกิดเห็ดโคน

3.1 วิธีการทดลองเพาะเลี้ยงปลวกเห็ดโคน โดยวิธีขุดย้ายรังปลวกเพื่อเพาะเลี้ยง ดำเนินการทดลอง 2 วิธี คือ

3.1.1 ทดลองเลี้ยงในภาชนะ

(1) เตรียมภาชนะเลี้ยงปลวก เช่น ถังน้ำมันและท่อบางซีเมนต์ โดยใช้ถังน้ำมันขนาดจุ 200 ลิตร โดยเจาะรูด้านข้างถึงจำนวนสองแถว แถวละ 5 รู ขนาดเจาะรูกว้าง 1 นิ้ว เพื่อให้ระบายน้ำไหลออกได้สะดวก และใช้ท่อบางซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 120 ซม. สูง 50 ซม. เป็นภาชนะเลี้ยงและเตรียมดินขุยไผ่หรือดินปนทรายละเอียดเป็นวัสดุเลี้ยง

(2) เลือกตำแหน่งที่ตั้งภาชนะเลี้ยงให้ปลอดภัยจากน้ำท่วม และสะดวกต่อการเฝ้าระวัง

(3) สำรวจขุดเก็บรังปลวกในพื้นที่ป่าเบญจพรรณและป่าชุมชนบริเวณที่มีเห็ดโคนขึ้น ใส่ถังน้ำแข็งขนาด 40 ลิตร เพื่อป้องกันสูญเสียความชื้น ขนย้ายรังปลวกที่มีลักษณะดินเป็นก้อนโปร่งคล้ายสมองคนหรือฟองน้ำด้วยความระมัดระวังไม่ให้รังแตกกระจายมาก และระวังมดเข้าทำลายกัดกินปลวก โดยแยกเก็บปลวกแต่ละชนิดแต่ละรังใส่แยกถัง เพื่อป้องกันไม่ให้ปลวกต่างรังกัดกัน เก็บใบไม้แห้งรอบรังปลวกเดิมเป็นอาหารเลี้ยง และขุดเก็บดินรอบรังปลวกมาใช้เลี้ยง

(4) ใส่ดินร่อนก้นภาชนะเลี้ยงสูงประมาณ 20 ซม. และกดเป็นหลุมเพื่อใส่รังปลวก โดยแยกเลี้ยงชนิดละหนึ่งบ่อหรือถัง ใส่ใบไม้แห้งอาหารคั่นรอบรังปลวก และใส่ดินกลบทับรังปลวก ใช้รังปลวกจำนวน 5-10 รังต่อภาชนะ และปิดทับข้างบนด้วยใบไม้แห้ง ทำการทดลองรวม 7 ซ้ำ

(5) รดน้ำพอประมาณทำให้ดินชื้น เพื่อปลวกสามารถก่อดินปกปิดรังได้ รดน้ำเพิ่มในช่วงอากาศร้อนแห้งแล้งพร้อมกับให้อาหารเพิ่ม

(6) ติดตามการเจริญเติบโตของปลวกและการเกิดดอกเห็ดโคนนานติดต่อกันสองปี

3.1.2 ทดลองเลี้ยงในพื้นที่ดิน

(1) เตรียมพื้นที่ทดลอง โดยเลือกพื้นที่มีแดดส่องถึง อากาศถ่ายเทดี ไม่มีหลังคาคลุม มีพืชอาหารที่ให้ใบอยู่ใกล้ๆ

(2) ขุดย้ายรังปลวกใส่ถังน้ำแข็งมาลงเลี้ยงในพื้นที่ดินที่เตรียมไว้

(3) ขุดหน้าดินเดิมออกทำให้เป็นหลุมลึกประมาณ 20 ซม. นำรังปลวกใส่ในหลุมจำนวน 2 รัง คลุมทับด้วยดินปิดรังปลวก และใส่ใบไม้แห้งที่หน้าดินเพื่อเป็นอาหารปลวก ทำการทดลองรวม 10 ซ้ำ

(4) รดน้ำให้ดินชื้นพอประมาณ ปลวกจะสร้างประธานดินปิดรัง เพื่อความปลอดภัยจากศัตรูที่สำคัญของปลวก คือ มด

(5) ให้อาหารและรดน้ำให้ชื้น

(6) ติดตามการเจริญเติบโตของปลวกและการเกิดเห็ดโคน ใช้เวลานานสองปี

3.2 วิธีการทดลองเพาะเลี้ยงแมลงเม่า มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1. เลือกและเตรียมพื้นที่ทดลอง โดยขุดหน้าดินออกทำให้ดินร่วนโปร่ง

2. จับแมลงเม่าของปลวกเห็ดโคนชนิดที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งจะออกจากรังปีละหนึ่งครั้งหลังฝน



ตก โดยจับแมลงเม่าใส่กล่องพลาสติกและรอให้เข้าคู่กัน

3. ปลอ่ยแมลงเม่าจำนวน 20 คู่ ในพื้นที่ทดลอง ทำการทดลองรวม 3 ซ้ำ พร้อมให้อาหารใบไม้แห้งผบนหน้าดิน เพื่อให้ปลวกสร้างรัง และขยายรังเอง

4. ให้อาหารเพิ่มและรดน้ำในช่วงดินแห้งแล้ง และติดตามการเจริญเติบโตและการเกิดดอกเห็ดโคนนานสองปี

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดเห็ดโคนและชนิดปลวก และศึกษารายละเอียดปลวก แมลงเม่า และเห็ดโคน

ผลการสำรวจเก็บตัวอย่างปลวก พบชนิดปลวกเห็ดโคนหรือปลวกเพาะเลี้ยงเชื้อรา (Fungus-growing termites) ได้รวม 5 ชนิด คือ *Ancistrotermes pakistanicus*, *Hypotermes makhamensis*, *Macrotermes annandaleii*, *Macrotermes carbonarius* และ *Macrotermes gilvus* ปลวกชนิดหนึ่งสามารถเพาะเห็ดโคนได้หลายชนิด เช่นปลวก *Macrotermes gilvus* สามารถชักนำให้เกิดเห็ดโคนได้หลายชนิด เช่น *Termitomyces globulus*, *Termitomyces aurantiacus* หรือ *Termitomyces clypeatus* และปลวกต่างชนิดกันสามารถชักนำให้เกิดเห็ดโคนชนิดเดียวกันได้ (Table 1) ในพื้นที่ใกล้เคียงบริเวณเดียวกันอาจพบปลวกได้หลายชนิด ในทำนองเดียวกันชนิดเห็ดโคนอาจเกิดขึ้นได้จากปลวกต่างชนิดกัน

Table 1. Relationship of termite mushrooms and species fungus-growing termites.

Species of fungus-growing termite	Species of termite mushroom
<i>Macrotermes carbonarius</i>	<i>Termitomyces striatus</i>
<i>Macrotermes gilvus</i>	<i>Termitomyces globulus</i>
	<i>Termitomyces clypeatus</i>
	<i>Termitomyces aurantiacus</i>
<i>Macrotermes annandalei</i>	<i>Termitomyces aurantiacus</i>
	<i>Termitomyces clypeatus</i>
	<i>Termitomyces robustus</i>
<i>Hypotermes makhamensis</i>	<i>Termitomyces globulus</i>
	<i>Termitomyces clypeatus</i>
<i>Ancistrotermes pakistanicus</i>	<i>Termitomyces clypeatus</i>



การเกิดเห็ดโคนแต่ละจุดพื้นที่ที่มีรังปลวกจะเกิดขึ้นเพียงหนึ่งหรือสองครั้งต่อปีพบว่า ช่วงการเกิดเห็ด โคนในท้องที่ต่างๆ จะผันแปรตามสภาพความแปรปรวนของดินฟ้าอากาศที่ทำให้ฝนตกเร็วหรือช้า และปริมาณน้ำฝนมากน้อยเพียงใด ถ้าปีใดฝนตกเร็วกว่าทุกปีและมีปริมาณน้ำฝนมากเพียงพอต่อความต้องการเห็ดโคนก็จะออกเร็วขึ้น ในพื้นที่เดียวกันเห็ดโคนแต่ละชนิดจะเกิดไม่พร้อมกันต่างเดือนกัน แต่บางชนิดอาจจะเกิดพร้อมกันได้ เช่น *Termitomyces globulus* เกิดพร้อมกับ *Termitomyces clypeatus* (Table 2)

จากการสำรวจเก็บตัวอย่างเห็ดโคน เมื่อชุดดินรอบดอกเห็ดโคนออกเพื่อดูความลึกยาวของก้านดอกที่อยู่ในดินจนถึงรังปลวก และจุดที่กำเนิดเชื้อดอกเห็ดพบว่าดอกเห็ดโคน *Termitomyces globulus* ส่วนปลายโคนก้านดอกที่อยู่ในดินจนถึงรังปลวกจะลึกยาวประมาณ 20 ซม. และพบตุ่มเชื้อเห็ดโคนสีขาวมีขนาดโตเท่าหัวเข็มหมุดกระจายอยู่ในรังปลวก (comb) ที่มีตัวอ่อนจำนวนมากอยู่ในรัง ซึ่งแสดงว่าเห็ดโคนเกิดขึ้นได้จากเชื้อเห็ดโคนที่มีอยู่ในรังปลวก และเชื้อเห็ดโคนไม่สามารถเจริญขึ้นที่ใดได้นอกจากในรังปลวกเท่านั้น ดังนั้นสถานะในรังปลวกจึงเป็นบริเวณที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดโคน

Table 2. Collection time of termite mushrooms in different location.

Scientific name	Province	Month
<i>Termitomyces striatus</i>	Kanchanaburi	August
	Lampang	August
<i>Termitomyces globulus</i>	Ratchaburi	May, September
	Udonthani	May — August
	Sakon Nakhon	July
	Lopburi	August
<i>Termitomyces aurantiacus</i>	Udonthani	July
	Sakon Nakhon	July — August
	Lampang	August
<i>Termitomyces clypeatus</i>	Sakon Nakhon	June — July
	Udonthani	July — August
	Lampang	July — August
	Lopburi	August
	Ratchaburi	September — October
<i>Termitomyces robustus</i>	Lampang	August
	Ratchaburi	October



การศึกษาพฤติกรรมแมลงเม่า และขบวนปลวกออกหาอาหาร

แมลงเม่าเป็นวรรณะสืบพันธุ์ของปลวกที่มีปีก จะบินออกจากรังเพื่อไปจับคู่ผสมพันธุ์กัน หลังจากบินหาคู่กันประมาณ 30 นาที แมลงเม่าจะสลัดปีกออกและเดินเข้าคู่กันตามกันเป็นคู่ โดยตัวเมียจะเดินนำหน้าตัวผู้เดินตามหลังเป็นคู่ๆ หลังจากนั้นจะหาที่ที่เหมาะสมเพื่อสร้างรังใหม่และวางไข่ ไข่รุ่นแรกจะฟักเป็นปลวกงานก่อนและปลวกทหารตามลำดับ จำนวนประชากรจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทุกวันจนกระทั่งเป็นรังปลวกขนาดใหญ่ บางชนิดทำรังอยู่ใต้พื้นดินและบางชนิดสร้างรังเป็นจอมปลวกอยู่บนพื้นดินเห็นได้ชัดเจน

แมลงเม่ามีตัวรวม 1 คู่ และตาเดี่ยว 1 คู่ และแมลงเม่าของปลวก *Macrotermes gilvus* ปีกมีขนาดเล็กน้อย แมลงเม่าแต่ละชนิดจะมีการจัดเรียงเส้นลายที่ปีกไม่เหมือนกัน แมลงเม่าจะมีปล้องท้องทั้งหมด 10 ปล้อง แต่ปล้องที่ 7 ของปลวกตัวเมียจะรวมเอาปล้องที่ 8 และ 9 ไว้ด้วยกัน (ยุพาพร และจารุณี, 2547) จากการส่องกล้องตรวจผลข้อแตกต่างระหว่างแมลงเม่าตัวผู้กับตัวเมีย ตัวเมียส่วนท้อง (abdomen) จะป่องอ้วนใหญ่กว่าตัวผู้และมีลายท้องห่างกันเห็นชัดเจนนับได้จำนวน 5 ปล้อง ตัวผู้ส่วนท้องจะแคบยาว ลายท้องถี่เห็นชัดเจนนับได้จำนวน 6 ปล้อง แมลงเม่าตัวเมียจะกลายเป็นราชินีปลวก (queen) มีหน้าที่วางไข่ ส่วนท้องจึงมีขนาดใหญ่ขึ้นหลายสิบเท่า

แมลงเม่าปลวกเพาะเลี้ยงเห็ดโคนเริ่มปรากฏขึ้นปลายเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกติดต่อกันจนดินเริ่มอ่อนตัว พบบินในช่วงเวลา 7.30 – 19.30 น. แมลงเม่าตัวใหญ่จะเป็นปลวกเห็ดโคนชนิด *Macrotermes* sp. ซึ่งสังเกตได้ง่ายกว่าชนิดอื่น

จากการสำรวจพบว่าในช่วงฤดูฝนปลวก *Macrotermes* sp. และ *Hypotermes* sp. จะออกจากรังเพื่อหาอาหาร พบขบวนปลวกกำลังกัดกินและขนอาหารจำพวกใบไม้เปื่อย กิ่งไม้ผุ เช่น ใบจากต้นสัก หางนกยูง รกฟ้า ไม้ ตระ คร้อ เปล้าใหญ่ ประคู้ เต็ง ขว้าว ชงโค และลำต้น นอกจากนี้ยังพบฝักหางนกยูงที่เปื่อยนิ่มก็เป็นอาหารที่ปลวกชอบและเศษหญ้าแห้งเล็กๆ ปลวกจะขนกลับรังเพื่อสะสมเป็นอาหารไว้ภายในรัง

ลักษณะปลวกเห็ดโคน (Fungus-growing Termite)

1. *Macrotermes carbonarius* (Hagen)

ปลวกชนิดนี้จะสร้างรังเป็นจอมปลวกอยู่บนพื้นดินสังเกตได้ง่าย พบในสภาพป่าเบญจพรรณ ที่มีต้นสัก ตะแบก หางนกยูง และไผ่ ขึ้นปะปนกัน ลักษณะดินจะเป็นดินร่วน ดินปนทรายละเอียด ดินมีสีดำ ปลวกชนิดนี้มีขนาดใหญ่ หัวสีดำชัดเจน มีนิสัยดุ กัดเจ็บและกัดไม่ปล่อย ปลวกทหาร (soldier) มีสองขนาดคือ

1. ปลวกทหารขนาดใหญ่ (Major soldier)

รูปร่างส่วนหัวมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่วนหน้าแคบกว่าส่วนท้าย หัวสีดำ หรือสีน้ำตาลดำมีความกว้าง 3.78-4.64 มม. และมีขนาดความยาว 5.00-6.00 มม. กรามสีน้ำตาลดำขนาดใหญ่ แข็งแรงมีรูปร่างลักษณะคล้ายดาบ ฐานกรามหนาส่วนปลายโค้ง กรามด้านซ้ายมีลักษณะเป็นฟันเลื่อยที่ส่วนฐาน ส่วนกรามด้านขวาไม่มีฟันเลื่อย กรามมีความยาว 2.50-3.50 มม. หนวดเป็นแบบสร้อยลูกปัดสีน้ำตาลามี 17 ปล้อง ลำตัวสีดำ หรือสีน้ำตาลดำ มีความยาว 5.57-9.00 มม. แผ่นปิดริมฝีปากล่าง (postmentum) เรียวยาว ลักษณะคล้ายรูปสี่เหลี่ยม ด้านข้างเกือบทั้งหมดขนานกัน ขอบของส่วนหลังโค้งมนออกมาเล็กน้อย



มีความกว้าง 0.86-1.07 มม. และความยาว 3.21-4.00 มม.

2. ปลวกทหารขนาดเล็ก (Minor soldier)

รูปร่างส่วนหัวมีลักษณะค่อนข้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขอบด้านข้างนูนออกมา และส่วนหน้าแคบกว่าส่วนท้าย หัวสีน้ำตาลดำ หรือสีดำมีขนาดความกว้าง 1.86-3.00 มม. และมีขนาดความยาว 2.50-3.93 มม. กรามสีน้ำตาลดำ กรามยาวเรียวโค้งเล็กน้อยที่ส่วนปลาย กรามด้านซ้ายมีลักษณะเป็นฟันเลื่อยเล็กน้อยที่ส่วนฐาน ส่วนกรามด้านขวาไม่มีฟันเลื่อย กรามมีความยาว 1.50-2.21 มม. หนวดเป็นแบบสร้อยลูกบิดสีน้ำตาลมี 17 ปล้อง ลำตัวสีน้ำตาลดำ หรือสีน้ำตาลเข้มมีความยาว 2.86-6.86 มม. แผ่นปิดริมฝีปากล่าง (postmentum) ลักษณะคล้ายรูปสี่เหลี่ยม ด้านข้างของตรงกลางส่วนมากขนานกัน ขอบของส่วนหลังโค้งนูนออกมาเล็กน้อยมีความกว้าง 0.50-0.71 มม. และความยาว 1.57-2.43 มม.

2. *Macrotermes gilvus* (Hagen)

ปลวกชนิดนี้สร้างรังบนพื้นดินเป็นจอมปลวกมีขนาดใหญ่ หรือสร้างรังอยู่ใต้พื้นดินลึกโดยทำอุโมงค์เชื่อมต่อกัน ขนาดโพรงกว้างเฉลี่ย 11.60 ซม. โพรงยาวเฉลี่ย 17.60 ซม. โพรงลึกเฉลี่ย 17.80 ซม. และโพรงลึกจากผิวดินเฉลี่ย 13.20 ซม. (Table 3) พบในสภาพป่าเบญจพรรณที่มีต้นขงโค เป้าใหญ่ ตะแบก แสง เสดา มะขาม หวาย ประดู่ เต็ง แดง กำลังเจ็ดช้างสาร ส้าน เล็บเหยี่ยว สัก และต้นไผ่ปะปน ลักษณะดินเป็นดินทราย หรือดินเหนียวก็ได้ ปลวกชนิดนี้ลักษณะเด่นของลำตัวมีขนาดใหญ่ หัวสีน้ำตาลแดง ปลวกทหาร (soldier) มีสองขนาด คือ

1. ปลวกทหารขนาดใหญ่ (Major soldier)

รูปร่างส่วนหัวมีลักษณะเกือบเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขอบด้านข้างนูนออกมาเล็กน้อย และส่วนหน้าแคบกว่าส่วนท้าย หัวมีสีน้ำตาลแดง หรือสีน้ำตาลเหลือง มีขนาดความกว้าง 2.57-3.14 มม. และมีขนาดความยาว 3.21-3.93 มม. กรามสีน้ำตาลเข้มขนาดใหญ่แข็งแรง ฐานกรามหนาส่วนปลายโค้ง กรามด้านซ้ายมีลักษณะเป็นฟันเลื่อยเล็กน้อยที่ส่วนฐาน ส่วนกรามด้านขวาไม่มีฟันเลื่อย กรามมีความยาว 1.43-1.93 มม. หนวดเป็นแบบสร้อยลูกบิดสีน้ำตาลมี 17 ปล้อง ลำตัวสีน้ำตาล หรือสีน้ำตาลแดงมีความยาว 3.57-5.57 มม. แผ่นปิดริมฝีปากล่าง (postmentum) ยาว ส่วนที่กว้างที่สุดอยู่ในส่วนที่สี่ทางด้านบน ขอบด้านข้างตรงกลางเว้าเข้ามาและนูนออกมาที่ส่วนที่สี่ทางส่วนฐาน มีความกว้าง 0.57-0.78 มม. และความยาว 1.86-2.86 มม.

2. ปลวกทหารขนาดเล็ก (Minor soldier)

รูปร่างส่วนหัวมีลักษณะเกือบเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขอบด้านข้างนูนออกมาเล็กน้อย และส่วนหน้าแคบกว่าส่วนท้าย หัวสีน้ำตาลแดง หรือสีน้ำตาลเหลืองสว่างมีขนาดความกว้าง 1.43-1.78 มม. และมีขนาดความยาว 1.78-2.14 มม. กรามสีน้ำตาลเข้ม กรามยาวค่อนข้างเรียวโค้งเล็กน้อยที่ส่วนปลาย กรามด้านซ้ายมีลักษณะเป็นฟันเลื่อยเล็กน้อยที่ส่วนฐาน ส่วนกรามด้านขวาไม่มีฟันเลื่อย กรามมีความยาว 1.07-1.43 มม. หนวดเป็นแบบสร้อยลูกบิดสีน้ำตาลมี 17 ปล้อง ลำตัวสีน้ำตาล หรือสีน้ำตาลเหลือง มีความยาว 2.50-4.14 มม. แผ่นปิดริมฝีปากล่าง (postmentum) ยาว ด้านข้างค่อนข้างขนานกัน มีความกว้าง 0.36-0.71 มม. และความยาว 1.07-1.57 มม.



Table 3. Chamber size of *Macrotermes gilvus*.

Sample	Width (cm.)	Length (cm.)	Depth (cm.)	Chamber distance below ground (cm.)
1	15	27	22	15
2	20	30	25	17
3	12	16	28	16
4	5	8	8	10
5	6	7	6	8
Mean	11.60	17.60	17.80	13.20

3. *Macrotermes annandalei* (Silvestri)

ปลวกชนิดนี้สร้างรังเป็นจอมปลวกมีขนาดใหญ่ ลักษณะจอมปลวกเจริญอยู่เหนือพื้นดินและมีบางส่วนอยู่ใต้พื้นดิน มีรูปร่างลักษณะเป็นกรวยคว่ำค่อนข้างสมมาตร มีสีน้ำตาลอ่อนหรือสีน้ำตาลเทาหรือสีน้ำตาลออกแดงอ่อนๆ ผนังที่เป็นโครงสร้างด้านนอกจะมีผิวขรุขระ ส่วนด้านในมีความหนาและเรียบแน่น รังมีลักษณะค่อนข้างกลมเป็นรูปวงรีคล้ายฟองน้ำหรือคล้ายปะการัง มีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลเข้ม ทางเดินของปลวกเชื่อมต่อกัน ด้านบนผิวเรียบประกอบด้วยช่องหกเหลี่ยมหรือกลมติดต่อกันอย่างเป็นระเบียบคล้ายรังผึ้งหรือสมองคน แต่ละช่องเป็นรูเล็กลงไปตามแนวดิ่งจนถึงด้านล่าง ส่วนด้านล่างมีลักษณะโค้งงอ พบในสภาพป่าเบญจพรรณที่มีต้นสามพันดา ตะคร้อ พยอม รกฟ้า สะเดา แฉะ ไผ่ขาง และไผ่หนาม ลักษณะดินเป็นดินร่วน หรือดินร่วนปนทรายก็ได้ ปลวกชนิดนี้มีขนาดใหญ่ ปลวกทหาร (soldier) มีสองขนาด คือ

1. ปลวกทหารขนาดใหญ่ (Major soldier)

รูปร่างส่วนหัวมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขอบด้านข้างนูนออกมาเล็กน้อย และส่วนหน้าแคบกว่าส่วนท้ายเล็กน้อย หัวสีน้ำตาลดำ สีน้ำตาลเข้ม หรือสีน้ำตาล มีขนาดความกว้าง 3.57-4.00 มม. และมีขนาดความยาว 4.28-5.14 มม. กรามสีน้ำตาลดำ หรือสีน้ำตาลเข้ม มีขนาดใหญ่แข็งแรง ฐานกรามหนา ส่วนปลายโค้ง กรามด้านซ้ายมีลักษณะเป็นฟันเลื่อยเล็กน้อยที่ส่วนฐาน ส่วนกรามด้านขวาไม่มีฟันเลื่อย กรามมีความยาว 1.78-2.57 มม. หนวดเป็นแบบสร้อยลูกปัดสีน้ำตาลดำมี 17 ปล้อง ลำตัวมีสีน้ำตาลดำ หรือสีน้ำตาลเข้มมีความยาว 4.71-6.78 มม. แผ่นปิดริมฝีปากล่าง (postmentum) เรียวยาว ด้านข้างของตรงกลางจะขนานกัน ขอบด้านข้างของส่วนหลังบริเวณส่วนปลายโค้งงอเล็กน้อย มีความกว้าง 0.71-1.00 มม. และความยาว 2.71-3.21 มม.

2. ปลวกทหารขนาดเล็ก (Minor soldier)

รูปร่างส่วนหัวมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขอบด้านข้างนูนออกมา และส่วนหน้าแคบกว่าส่วนท้าย หัวสีน้ำตาลเข้ม หรือสีน้ำตาล มีขนาดความกว้าง 1.78-2.2 มม. และมีขนาดความยาว



2.07-2.86 มม. กรามสีน้ำตาลเข้ม กรามยาวค่อนข้างเรียวกึ่งเล็กน้อยที่ส่วนปลาย กรามด้านซ้ายมีลักษณะเป็นฟันเลื่อยเล็กน้อยที่ส่วนฐาน ส่วนกรามด้านขวาไม่มีฟันเลื่อย กรามมีความยาว 1.36-1.78 มม. หนวดเป็นแบบสร้อยลูกปัดสีน้ำตาลมี 17 ปล้อง ลำตัวมีสีน้ำตาล มีความยาว 2.86-4.71 มม. แผ่นปิดริมฝีปากล่าง (postmentum) มีลักษณะโค้ง ขอบด้านข้างส่วนมากขนานกัน มีความกว้าง 0.50-0.71 มม. และความยาว 1.28-1.78 มม.

4. *Hypotermes makhamensis* (Ahmad)

ปลวกชนิดนี้จะสร้างรังอยู่ใต้ดินไม่เป็นจอมปลวก โดยการสร้างอุโมงค์เชื่อมต่อกัน ขนาดโพรงกว้างเฉลี่ย 8.67 ซม. โพรงยาวเฉลี่ย 13.33 ซม. โพรงลึกเฉลี่ย 10.73 ซม. และโพรงลึกจากผิวดินเฉลี่ย 6.33 ซม. (Table 4) พบในสภาพป่าเบญจพรรณ ป่าดิบแล้ง และป่าไผ่ ในพื้นที่มีต้นสัก รกฟ้า ตะคร้อ หางนกยูง ชงโค โมก มะม่วง ฝรั่ง ประดู่ ขว้าว หวาย เต็ง แดง เปล้าใหญ่ และไผ่ไร่ ไผ่หนาม ไผ่รวก เป็นต้น ลักษณะดินเป็นดินร่วน ดินทราย หรือดินร่วนปนทราย ปลวกชนิดนี้มีขนาดเล็ก วรรณะทหาร รูปร่างส่วนหัวมีลักษณะกลมรี ขอบด้านข้างนูนออกมา หัวสีน้ำตาลดำแดงมีขนาดความกว้าง 0.93-1.36 มม. และมีขนาดความยาว 1.07-1.36 มม. กรามสีน้ำตาลดำ หรือสีน้ำตาลเข้ม กรามสั้นโค้งเล็กน้อย กรามด้านซ้ายมีลักษณะเป็นฟันเลื่อยเล็กน้อยที่ส่วนฐาน กรามมีความยาว 0.36-0.57 มม. หนวดเป็นแบบสร้อยลูกปัดสีน้ำตาลมี 16 ปล้อง ลำตัวสีขาวเหลือง หรือสีน้ำตาลเหลืองมีความยาว 2.07-3.14 มม. แผ่นปิดริมฝีปากล่าง (postmentum) ด้านข้างโค้งนูนออกมาเล็กน้อย ส่วนที่กว้างที่สุดอยู่ตรงส่วนกลาง มีความกว้าง 0.43-0.57 มม. และความยาว 0.57-0.93 มม.

Table 4. Chamber size of *Hypotermes makhamensis*.

Sample	Width (cm.)	Length (cm.)	Depth (cm.)	Chamber distance below ground (cm.)
1	12	15	10	8
2	7	10	14.2	4
3	7	15	8	7
Mean	8.67	13.33	10.73	6.33

5. *Ancistrotermes pakistanicus*

ปลวกชนิดนี้จะสร้างรังอยู่ใต้ดินเป็นปลวกที่มีขนาดเล็กที่สุด รังปลวก (comb) จะมีขนาดเล็กสุด อยู่ใต้ดินไม่ลึกจากผิวดิน พบในสภาพป่าเต็งรัง ลักษณะดินเป็นดินทราย วรรณะทหารมีรูปร่างส่วนหัวจะมีลักษณะกลม และมีความกว้างพอๆ กับความยาว หัวสีน้ำตาลเหลือง สีขาวเหลือง หรือสีเหลืองใส มีขนาดความกว้าง 0.86-0.93 มม. และมีขนาดความยาว 1.00-1.07 มม. กรามสีน้ำตาลดำ หรือสีน้ำตาลเข้ม กรามด้านซ้ายและด้านขวาไม่มีฟันเลื่อย กรามสั้นโค้งเล็กน้อยที่ส่วนปลาย กรามมีความยาว 0.43-0.50 มม. หนวดเป็นแบบสร้อยลูกปัดสีน้ำตาลเหลือง หรือสีเหลืองมี 15 ปล้อง ลำตัวสีขาว หรือสีเหลืองใส ขนาดตัวเล็กมีความยาว 1.57-2.64 มม. แผ่นปิดริมฝีปากล่าง (postmentum) ขอบด้านข้างค่อนข้างขนานกัน มีความกว้าง 0.39-0.50 มม. และความยาว 0.57-0.64 มม.



ลักษณะชนิดของเห็ดโคน (Termite Mushrooms)

Termitomyces striatus (Beeli) R.Heim

ชื่อทั่วไป เห็ดโคนแดง

หมวกดอก (cap หรือ pileus) เมื่อยังอ่อนเป็นรูปกรวย หรือรูประฆัง เมื่อดอกบานเต็มที่หมวกดอกมีลักษณะกางออกแบนราบขนานกับพื้นมีสีน้ำตาลอ่อน หรือสีน้ำตาลส้ม หรือสีน้ำตาลแดง ยอดดอกนูนขึ้นมาเล็กน้อยและมีสีเข้มกว่าหมวกดอก ขอบดอกเรียบ หรือแตกเป็นรอยหยักเล็กๆ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอกประมาณ 2.8-5.3 ซม. ก้านดอก (stalk หรือ stipe) ก้านดอกเป็นรูปทรงกระบอกหรือขยายใหญ่เล็กน้อยตรงบริเวณโคนมีสีขาวหรือสีขาวนวลหรือสีน้ำตาลอ่อนปนเหลือง ขนาดก้านดอกกว้าง 0.5-1.3 ซม. และยาว 3.0-9.0 ซม. แหล่งที่พบ พบในป่าเบญจพรรณ ดินมีลักษณะสีแดงเฉพาะบริเวณจอมปลวกแต่ดินรอบนอกสีดำ และพบชนิดปลวกที่อาศัยอยู่ร่วมกัน คือ *Macrotermes carbonarius*

Termitomyces globulus Heim & Goossens

ชื่อทั่วไป เห็ดโคนเหลือง เห็ดปลวกตาบ

หมวกดอกเมื่อยังอ่อนค่อนข้างกลมขอบหมวกดอกมีวงนูนลงเป็นรูประฆัง เมื่อดอกบานเต็มที่ส่วนปลายเป็นแผ่นตรงขนานกับพื้น บางดอกหมวกดอกมีวงนูนขึ้นเป็นรูปทรงกรวยตื้น ดอกมีสีเทาอมส้ม หรือสีน้ำตาลอ่อน หรือสีขาวนวล หรือสีขาวยellow หรือสีน้ำตาลอ่อนปนเหลือง ยอดดอกมีลักษณะนูนขึ้นมาเล็กน้อยมีสีน้ำตาล หรือสีน้ำตาลอ่อน หรือสีน้ำตาลปนเหลือง ขอบดอกเรียบหรือแตกเป็นรอยหยักเล็กๆ หรือแตกเป็นแฉกใหญ่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอกประมาณ 3.1-11.5 ซม. ก้านดอกเป็นรูปทรงกระบอก หรือมีโคนก้านพองโตและเรียวลึกลงไปได้ดิน ผีวราก (pseudorhiza) สีน้ำตาลดำ หรือสีดำ ก้านดอกมีสีขาวยาวนวล หรือสีขาวยาวปนเหลือง หรือสีน้ำตาลอ่อนปนเหลือง ขนาดก้านดอกกว้าง 0.7-2.1 ซม. และยาว 2.5-9.0 ซม. แหล่งที่พบ พบในเขตป่าเต็งรัง ลักษณะดินเหนียว หรือดินเป็นร่วนปนทราย และพบชนิดปลวกที่อาศัยอยู่ร่วมกัน คือ *Macrotermes gilvus* และ *Hypotermes makhamensis*

Termitomyces aurantiacus R.Heim

ชื่อทั่วไป เห็ดโคนขาว

หมวกดอกเมื่อยังอ่อนเป็นรูประฆัง หรือกรวยปากแหลม เมื่อดอกบานเต็มที่ เป็นแผ่นตรงขนานกับพื้น ดอกมีสีขาวยาว หรือสีน้ำตาลอ่อนปนเหลือง ยอดดอกมีลักษณะนูนขึ้นมาเล็กน้อย ขอบดอกเรียบ หรือแตกเป็นรอยหยักเล็กๆ หรือแตกเป็นแฉกใหญ่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอกประมาณ 2.8-9.2 ซม. ก้านดอกเป็นรูปทรงกระบอก หรือบางครั้งโคนก้านพองออกเล็กน้อยและเรียวลึกลงไปได้ดิน ก้านดอกมีสีขาวยาว หรือสีขาวยาวหนา ขนาดก้านดอกกว้าง 0.7-2.0 ซม. และยาว 4.4-11.0 ซม. แหล่งที่พบ พบชนิดปลวกที่อาศัยอยู่ร่วมกัน คือ *Macrotermes annandalei*

Termitomyces clypeatus R.Heim

ชื่อทั่วไป เห็ดโคนขาวหัวดำ เห็ดปลวกจิก เห็ดโคนไล่ไก่

หมวกดอกเมื่อยังอ่อนเป็นรูปกรวยคว่ำยอดแหลม และยาวเห็นได้ชัดเจนมีสีน้ำตาล หรือสีน้ำตาลอ่อน หรือสีน้ำตาลเทา หรือสีเทาปนขาว เมื่อดอกบานเต็มที่ กางออกคล้ายร่ม หรือเป็นรูประฆัง ดอกจะมีสี



จางลง ขอบดอกเรียบ หรือแตกเป็นรอยหยักเล็กๆ ผิวดอกเรียบเป็นมันเล็กน้อย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอกประมาณ 2.8-6.0 ซม. ก้านดอกเป็นรูปทรงกระบอก เมื่อดอกอ่อนโคนก้านจะพองโตเล็กน้อย ก้านดอกมีสีขาว หรือสีขาวหม่น หรือสีน้ำตาลอ่อน ขนาดก้านดอกกว้าง 0.3-1.0 ซม. และยาว 2.5-7.7 ซม. แหล่งที่พบพบชนิดปลวกที่อาศัยอยู่ร่วมกัน คือ *Macrotermes annandalei* *Macrotermes gilvus* *Hypotermes makhamensis* และ *Ancistrotermes pakistanicus*

***Termitomyces robustus* (Beeli) R.Heim**

ชื่อทั่วไป เห็ดโคนน้ำตาลดำ

หมวกดอกเมื่อยังอ่อนเป็นรูปประพจน์ หรือกระทะคว่ำมีสีน้ำตาล หรือสีน้ำตาลอ่อน หรือสีน้ำตาลหม่น ขอบดอกแหลม หรือป้านเล็กน้อยมีสีน้ำตาลดำ ขอบดอกเรียบ หรือแตกเป็นรอยหยักเล็กๆ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอกประมาณ 3.2-10.0 ซม. ก้านดอกเป็นรูปทรงกระบอก หรือมีกระเปาะตรงโคนก้านมีสีขาว หรือสีขาวขุ่น หรือสีน้ำตาลอมเทา โคนก้านใหญ่ยาวลึกลงไปได้ดิน ขนาดก้านดอกกว้าง 1.0-1.5 ซม. และยาว 3.0-12.5 ซม.

2. การทดลองเลี้ยงเชื้อเส้นใยเห็ดโคนในอาหารเลี้ยงเชื้อจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ และทดลองใส่เชื้อเส้นใยเห็ดโคนเพาะเลี้ยงลงในรังปลวก

พบว่าเห็ดโคนทั้งสองชนิดเจริญได้ดีบนอาหาร T_5+G+B และ T_7+G+B เส้นใยเห็ดโคนมีสีขาว แบนราบไปตามผิวอาหาร การเจริญของเห็ด *T.clypeatus* บนอาหาร T_5+G+B และ T_7+G+B ไม่มีความแตกต่างกัน โดยเจริญเต็มจานเลี้ยงเชื้อใช้เวลาเฉลี่ย 30-54 วัน ส่วนการเจริญของเห็ด *T.fuliginosus* บนอาหาร T_5+G+B และ T_7+G+B มีความใกล้เคียงกัน โดยเต็มจานเลี้ยงเชื้อประมาณ 20-30 วัน เส้นใยมีลักษณะฟูกว่าและเต็มจานเลี้ยงเชื้อเร็วกว่า *T.clypeatus* ลักษณะของเส้นใยเมื่อดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะเห็นเซลล์ลักษณะกลม (cellular unit) อยู่เป็นกระจุกหรือกระจายออก เส้นใยมีลักษณะโป่งพองออกเหมือน chlamydospore แต่ผนังบาง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของพูนพิไล และคณะ (2546) ที่ทำการแยกเชื้อราจากรังปลวก เมื่อนำมาเลี้ยงใน Martin's medium เชื้อราสร้างเส้นใยโป่งกลมใหญ่ (membranous vesicles) ซึ่งแสดงว่าอาหารทั้งสองชนิดมีประสิทธิภาพเท่าเทียมกันในการเลี้ยงเชื้อเห็ดโคน แต่ค่าใช้จ่ายในการเตรียมอาหาร T_5+G+B มีราคาถูกกว่าการเตรียมอาหาร T_7+G+B เนื่องจากการเตรียม T_5+G+B ใช้ปริมาณ Gentamycin sulfate และ Benomyl น้อยกว่าการเตรียม T_7+G+B ดังนั้นการเลือกใช้อาหารควรใช้อาหาร T_5+G+B ก่อนเพราะประหยัดค่าใช้จ่าย และเชื้อเจริญเร็วกว่า แต่ถ้าหากการเลี้ยงเชื้อนั้นเกิดการปนเปื้อนจากเชื้ออื่นมากควรใช้อาหาร T_7+G+B

การทดลองใส่ suspension ของเส้นใยเห็ดโคนในรังปลวกต้องทิ้งไว้อย่างน้อยสองปี เพื่อรอการเกิดดอกเห็ดในสภาพธรรมชาติ พบว่าไม่สามารถชักนำให้เกิดดอกเห็ดโคนทุกการทดลอง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าช่วงการทำทดลองใส่เชื้อในรังปลวกเป็นช่วงฤดูแล้งในเดือนธันวาคมถึงมกราคม จึงอาจทำให้เส้นใยตายก่อนที่ปลวกมาเก็บไป และเป็นช่วงที่ปลวกอยู่ในรังไม่ออกมาหาอาหาร เพราะอากาศแห้งแล้งและรังปลวกยังมีขนาดเล็กไป อาจยังไม่พร้อมในการสร้างรังเพื่อเก็บเชื้อสร้างสวนเห็ด (fungus garden) ในรังปลวก



3. การทดลองเพาะเลี้ยงปลวกเห็ดโคน และเลี้ยงแมลงมาเพื่อชักนำให้เกิดเห็ดโคน

ผลการทดลองเพาะเลี้ยงปลวกเห็ดโคน โดยวิธีขุดย้ายรังปลวกเลี้ยง พบว่า การเลี้ยงในถังน้ำมันไม่ประสบความสำเร็จ ปลวกจมน้ำตายเนื่องจากก้นถังตันฝนตกปริมาณมากน้ำฝนไหลออกไม่ทัน ส่วนการทดลองเลี้ยงในบ่อท่อซีเมนต์และการเลี้ยงในพื้นที่ ปลวกสามารถเจริญเติบโตได้ระยะปีแรก แต่ไม่สามารถเพิ่มปริมาณประชากร และสร้างขยายรังให้ใหญ่เพื่อเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดโคน จึงยังไม่สามารถพัฒนาให้เกิดเห็ดโคนได้ ทั้งนี้อาจเกิดจากสาเหตุจากการไม่มีราชินีปลวก (queen) จึงเพิ่มประชากรปลวกได้ช้า และการขุดรื้อรังปลวกมีโอกาสนำไปปลวกได้รับอันตรายจากศัตรูจำพวกมด แมงมุม หรือจิ้งจก เข้าทำลายกินปลวกเป็นอาหาร จึงทำให้จำนวนปลวกเริ่มลดปริมาณลงและตายหลังเพาะเลี้ยงนาน 6-14 เดือน

ผลการทดลองเพาะเลี้ยงแมลงมา พบว่าหลังจากการเพาะเลี้ยงแมลงมาขนาดใหญ่ของปลวก *Macrotermes gilvus* เป็นเวลานานสองปีสามารถเกิดเห็ดโคนในพื้นที่ทดลองที่กรุงเทพฯ ได้เห็ดปลวกตาบ (*Termitomyces globulus*) จำนวน 2 รุ่น คือ รุ่นที่ 1 เกิดในเดือนมิถุนายน จำนวน 4 ดอก และรุ่นที่ 2 เกิดในเดือนสิงหาคม จำนวน 3 ดอก เนื่องจากเห็ดโคนชนิดนี้จะขึ้นเป็นดอกเดี่ยว จำนวนปริมาณดอกเห็ดขึ้นอยู่กับขนาดประชากรรังปลวก และจำนวนรังปลวกในพื้นที่ ส่วนการทดลองที่จังหวัดลำปางได้เห็ดโคนขาวหัวดำ (*Termitomyces clypeatus*) จำนวน 5 ดอก ในเดือนสิงหาคม และการทดลองที่จังหวัดอุดรธานีได้เห็ดโคนขาวหัวดำเกิดกระจายตลอดแนวทางที่ปล่อยแมลงมารวมเป็น 10 จุด จำนวน 2 กิโลกรัม ในเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม ซึ่งแสดงว่าการเพาะเลี้ยงเห็ดโคน โดยวิธีปล่อยแมลงมาประสบความสำเร็จ

สรุปผล

1. จากการสำรวจในพื้นที่เดียวกันจะมีปลวกเห็ดโคนหลายชนิดสร้างรังแยกกันกระจายสลับไม่แน่นอน และปลวกชนิดหนึ่งสามารถเกิดเห็ดโคนได้หลายชนิด ขณะที่ปลวกต่างชนิดกันสามารถเกิดเห็ดโคนชนิดเดียวกันได้ ดังนั้นชนิดเห็ดโคนจึงไม่จำเพาะกับชนิดปลวก ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของยุพาพร และคณะ (2548)

2. สูตรอาหารธรรมชาติ T_5+G+B และ T_7+G+B มีส่วนผสมของพืชธรรมชาติมันสำปะหลังและส่วนผสมสาร Dextrose Blood and bone Gentamycin sulfate และ Benomyl พบว่าสามารถประยุกต์ใช้เพาะให้เกิดเส้นใย (Mycelium) เชื้อเห็ดโคนได้ โดยไม่จำเป็นต้องใช้สูตรอาหารสังเคราะห์จากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง จึงประหยัดค่าใช้จ่ายในการเพาะเชื้อเส้นใยเห็ดโคนเพื่อใช้งานทดลอง ส่วนขั้นตอนและกรรมวิธีนำเชื้อเส้นใยไปใส่ในรังปลวกเพื่อชักนำให้เกิดชนิดเห็ดโคนตามที่ต้องการนั้น ขณะนี้ยังไม่ประสบความสำเร็จ เห็นควรมีการทดลองกับรังปลวกธรรมชาติที่มีขนาดใหญ่มีรังจำนวนมาก

3. ควรทดลองใส่เชื้อเส้นใยเห็ดโคนในรังปลวกทำในช่วงฤดูฝน ซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อเส้นใย และเป็นช่วงที่ปลวกออกจากรังหาอาหาร อาจจะประสบความสำเร็จได้เห็ดโคนตามต้องการ



Figure 1. The relationship of the symbiotic fungi, *Termitomyces globulus* (B) and *T. clypeatus* (C) with host termite, *Macrotermes gilvus* (A)



Figure 2. *Termitomyces robustus* (B,C) grows on *Macrotermes annandalei* nest (A)



Figure 3. A : Pure cultures of termite mushrooms in artificial media prepared from local food crops
B, C : Inoculation of pure culture into termite mound



Figure 4. Feeding termites in 200 liters petrol tank (A), in cement well (B) and in the ground (C)

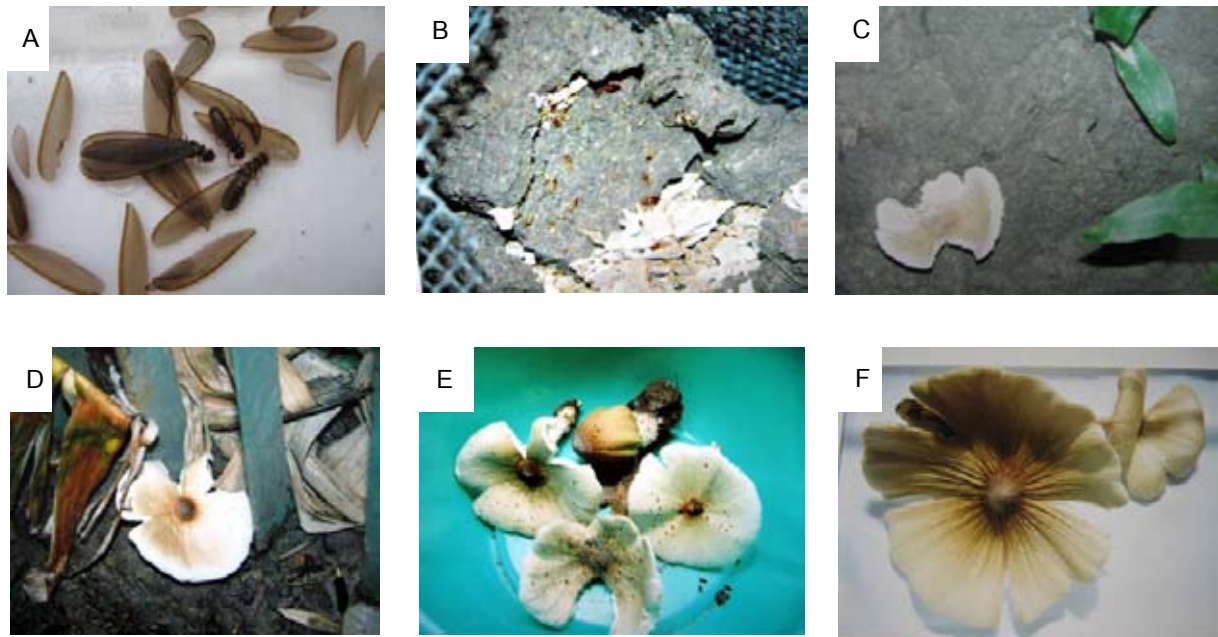


Figure 5. Feeding alates of both sexes (A) of *Macrotermes gilvus* (B). Fruitbodies of *Termitomyces globulus* (C - F) could be collected after two years



4. การเพาะเลี้ยงเห็ดโคนในพื้นที่ที่ต้องการจะประสบความสำเร็จควรทำในพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมกับการเกิดดอกเห็ดโคน ซึ่งจะต้องเลี้ยงปลวกเห็ดโคนเสียก่อน โดยใช้วิธีจับแมลงเม่าชนิดปลวกเห็ดโคนมาปล่อยเลี้ยงจำนวนประมาณ 20 คู่ และต้องเลี้ยงให้เจริญเติบโตแข็งแรงมีประชากรปลวกเพิ่มจำนวนมาก และรังขยายใหญ่ขึ้นจนเหมาะสำหรับเพาะเก็บเชื้อเห็ดโคนในรังปลวก (combs) ได้ เมื่อเข้าสู่ฤดูฝน วันที่มีอากาศร้อนอบอ้าวและมีฝนตกหนักติดต่อกัน เชื้อตุ่มดอกเห็ดโคนก็จะเจริญเติบโตยืดยาวทะลุโผล่ดินขึ้นมาจึงได้เห็ดโคน ซึ่งต้องใช้เวลาลี้ยงปลวกสองปีขึ้นไปจึงสามารถเพาะเห็ดโคนได้

5. สถานที่เพาะเลี้ยงควรเลือกพื้นที่โล่งห่างจากตัวอาคารบ้านเรือนประมาณ 5-10 เมตร เป็นพื้นที่ว่างโล่งร่มไม้ ในสวนป่า สวนผลไม้ หรือตามริมทุ่งนา

6. พื้นที่ใช้เพาะเลี้ยงเห็ดโคนต้องไม่มีการใช้สารเคมีฆ่าแมลงทุกชนิด และไม่ควรจุดไฟเผาหญ้าเผาป่าใดๆ ทั้งสิ้น

7. ไม่ควรขุดดินตรวจดูปลวก เพราะมีโอกาสทำให้ปลวกถูกศัตรูกัดกินตายหมดรังได้ ศัตรูของปลวก เช่น มดคันไฟ มดคันไฟ แมงมุม และจิ้งจก

8. ผลของการวิจัยนี้ น่าเป็นประโยชน์สามารถนำไปเพาะเลี้ยงเห็ดโคนในพื้นที่สวนป่า สวนผลไม้ ในทุ่งนา ไร่ย่อย เพื่อเป็นรายได้เสริมและเพิ่มมูลค่าในพื้นที่ และใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นเพื่อพัฒนาการเลี้ยงให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณขรรค์ กางการ หัวหน้าศูนย์วิจัยผลิตผลป่าไม้ จังหวัดสกลนคร คุณจรัส ทองสถิตย์ หัวหน้าศูนย์ส่งเสริมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่า จังหวัดราชบุรี ช่วยอำนวยความสะดวกการทดลอง คุณฉวี ศรีปากดี ช่วยเก็บตัวอย่างแมลงเม่า ปลวก และเห็ดโคน และติดตามการเกิดเห็ดโคน เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ส่งเสริมศิลปาชีพบ้านกำแมด จังหวัดอุดรธานี และผู้ที่มีส่วนช่วยเหลืองานวิจัยนี้ทุกท่านไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

ปัญญา โพธิ์จูรัตน์ และกิตติพงษ์ ศรีวานิชกุล. 2538. เทคโนโลยีการเพาะเห็ด. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์รวีเจียว. 421 น.

ประไพศรี พิทักษ์ไพรวณ. 2543. วิเคราะห์เห็ดไทย ตอนที่ 1. ข่าวสารโรคพืชและจุลชีววิทยา 10(2) : 9-21.

พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์ จีรพันธ์ ศรีสุมล และอุทัยวรรณ แสงวนิช. 2546. ความหลากหลายของชนิดของเชื้อราในสวนเห็ดราของปลวกและความสำคัญในระบบนิเวศน์ ใน การสัมมนาเห็ดปลวก (เห็ดโคน)



- ครั้งที่ 1. สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย, กรมวิชาการ, กรุงเทพฯ. น. 206-217.
- ยุพาพร สรณวัตร และจารุณี วงศ์ข้าหลวง. 2547. คู่มือการจำแนกปลวกในประเทศไทย. สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 23 น.
- ยุพาพร สรณวัตร และสุรางค์ เขียรหิรัญ. 2548. ปลวกเพาะเลี้ยงเชื้อราที่มีศักยภาพในการผลิตเห็ดโคนในประเทศไทย. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43. กรุงเทพฯ. น. 713-720.
- สุมาลี พิชญางกูร. 2547. เห็ดโคนและลูกผสมฟิวแสนท์. พิมพ์ครั้งที่ 2. บริษัทสามเจริญพาณิชย์ (กรุงเทพ) จำกัด. กรุงเทพฯ. 179 น.
- อนงค์ จันทศรีสกุล. 2520. เห็ดเมืองไทย. บริษัทสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด. กรุงเทพฯ. 125 น.
- อุษา กลิ่นหอม วินัย กลิ่นหอม และวรรณภา กาญจนมยุร. 2546. เห็ดปลวก (Termitomyces) ในภาคอีสาน. ใน. น. 1-8. ใน เอกสารการสัมมนาเห็ดปลวก (เห็ดโคน) ครั้งที่ 1. ตีพิมพ์. กรุงเทพฯ.
- Ahmad, M. 1965. Termite (Isoptera) of Thailand. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., 139 p.
- Batra, L.R.. and S.W.T. Batra. 1979. Termite fungus mutualism. In Batra, L.R. (ed.). Insect-fungus symbiosis, pp.117-163. New Jersey, Allanheld & Osmun & Co.
- Sangvichien, E. and P.A. Taylor-Hawksworth. 2002. Termitomyces mushrooms : a tropical delicacy. Mycologist 15 (1) : 31-33.



