นิพนธ์ต้นฉบับ

แผ่นชิ้นไม้อัดจากเศษเหลือไผ่จากโรงงานทำตะเกียบ

Particleboard Products from Bamboo Wastes of Chopstick Factory

แสงระวี สุขีธรรม[1, 2]
ทรงกลด จารุสมบัติ[2*]
ธีระ วีณิน[3]

Sangrawee Sukeetham[1, 2]
Songklod Jarusombat[2*]
Teera Veenin[3]

[1]สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Forests Research and Development Bureau, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok, 10900 THAILAND
[2]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900 THAILAND
[3]สมาคมศิษย์เก่าวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Alumni Society, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900 THAILAND
[*]Corresponding Author, E-mail: fforsoj@ku.ac.t

รับต้นฉบับ 25 ธันวาคม 2561 **รับแก้ไข** 11 กุมภาพันธ์ 2562 **รับลงพิมพ์** 18 กุมภาพันธ์ 2562

ABSTRACT

This study focused on utilizing scraps from bamboo chopsticks to manufacture particleboard. The objectives were to study the method to produce particleboard from bamboo chopsticks, to test the mechanical properties of the bamboo board in accordance to Thai Industrial Standard (TIS 876-2004), to utilize a suitable type of adhesive for bamboo chopsticks, raw material for particleboard manufacturing, and to study the optimum resin dosing. A comparison between the mechanical properties was also done between a dosage of Polymeric Diphenylmethane Diisocyanate (pMDI) resin at 3, 5 and 7% compared to urea formaldehyde resin at 8, 10 and 12%. The statistical differences were analyzed using ANOVA and Duncan's New Multiple Range Test.

The study revealed that bamboo particleboard utilizing both pMDI at 7% and urea formaldehyde at 12% passed the Thai Industrial Standard (TIS 876-2004). The study found that the amount of adhesive suitable for the production of bamboo particleboard is pMDI at 7% dosing rate, which resulted in the highest values of physical properties including average density (at 659.53 kg/m^3), moisture content (at 9.62%) and thickness swelling (at 3.55%). The dosing rate at 7% pMDI also resulted in the highest values of mechanical properties which included modulus of rupture (at 15.98 MPa), modulus of elasticity (at 2,661.97 MPa) and internal bond (at 1.12 MPa).

Keywords: Particleboard, bamboo, chopstick

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตแผ่นชิ้นไผ่อัดจากเศษไผ่จากการทำไม้ตะเกียบ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตแผ่นชิ้นไผ่อัด และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 (TIS, 2004) ซึ่งศึกษาชนิดและปริมาณของกาวที่เหมาะสมต่อการผลิตไม้อัดจากเศษไผ่มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) โดยเปรียบเทียบกาว 2 ชนิด คือ กาวไอโซไซยาเนต ชนิด polymeric diphenylmethane diisocyanate (pMDI) ปริมาณร้อยละ 3, 5 และ 7 และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (UF) ปริมาณร้อยละ 8, 10 และ 12 ของน้ำหนักไม้แห้งตามลำดับ เป็นตัวประสาน ทำการทดลองจำนวน 5 ซ้ำ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

จากการเปรียบเทียบกับค่าตามมาตรฐาน (TIS 876-2004) พบว่า แผ่นชิ้นไผ่อัดที่ผ่านมาตรฐานที่กำหนดทุกค่า คือ แผ่นชิ้นไผ่อัดที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนต ชนิด pMDI ในปริมาณร้อยละ 7 และแผ่นชิ้นไผ่อัดที่อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณร้อยละ 12 ผลการศึกษาพบว่า กาวไอโซไซยาเนต ชนิด pMDI ปริมาณร้อยละ 7 ให้คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ดีที่สุด ซึ่งมีค่าคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่าความชื้น และค่าการพองตัวตามความหนา ให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 659.53 กก./ลบ.ม. ร้อยละ 9.62 และ ร้อยละ 3.55 ตามลำดับ ส่วนค่าคุณสมบัติเชิงกล ได้แก่ ค่าความต้านแรงดัด ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น และค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าซึ่งมีค่าสูงสุดเท่ากับ 15.98, 2,661.97 และ 1.12 เมกะปาสกาล (MPa) ตามลำดับ

คำสำคัญ: แผ่นชิ้นไม้อัด ไผ่ ไม้ตะเกียบ

คำนำ

ไผ่เป็นทรัพยากรป่าไม้ที่จัดอยู่ในประเภทของป่าซึ่งเป็นที่รู้จักกันอย่างดี เนื่องจากไผ่เป็นพืชที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เราใช้ประโยชน์จากไผ่ได้อย่างมากมายทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งนี้เพราะทุกส่วนของไผ่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งสิ้นไม่ว่าจะเป็นราก ลำต้น ใบหรือหน่อ เพื่อสนองความต้องการขั้นพื้นฐานหรือปัจจัยสี่ที่มนุษย์ต้องการ มีการนำหน่อไผ่มาใช้เป็นอาหาร นำเส้นใยที่ได้จากการตีเยื่อไผ่มาทำเครื่องนุ่งห่ม ใช้ลำไผ่ก่อสร้างที่อยู่อาศัย และแม้แต่ใช้ใบ เหง้า และหน่อเป็นยารักษาโรค ในปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์ไผ่กันอย่างกว้างขวางตั้งแต่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมในครัวเรือนไปจนถึงการใช้ลำต้นเพื่อเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมทำตะเกียบจากไผ่ทั้งขนาดเล็กถึงใหญ่

จากการศึกษาสำรวจเศษไม้เชิงเศรษฐกิจของการใช้ประโยชน์เศษไผ่เหลือทิ้งในท้องที่ภาคเหนือ โครงการการนำเศษไผ่เหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ของกรมป่าไม้ ได้มีการสำรวจโรงงานผลิตไม้ตะเกียบไผ่ พบว่ามีเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปไผ่เป็นไม้ตะเกียบมากถึงร้อยละ 50 ซึ่งเป็นปัญหาของผู้ประกอบการในการกำจัดทิ้ง โดยการกำจัดด้วยวิธีการเผา ซึ่งไม่เกิดมูลค่าและเป็นการทำลายทรัพยากรรวมถึงทำลายสิ่งแวดล้อม เป็นเหตุให้ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญและความจำเป็นที่ควรจะนำเศษเหลือทิ้งของไผ่จากโรงงานทำไม้ตะเกียบมาทำการวิจัย โดยมีแนวความคิดในการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งมาผลิตเป็นแผ่นชิ้นไผ่อัด เพื่อทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มของผลผลิตของไผ่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และใช้เป็นข้อมูลทางเลือกหนึ่งในการพัฒนาอุตสาหกรรมป่าไม้ นับว่ามีความสำคัญต่อการที่จะได้นำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการจัดการทรัพยากรไผ่ที่เหมาะสมเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้สอยและเพิ่มมูลค่าสำหรับโรงงานที่ผลิตผลิตภัณฑ์จากไผ่ได้อย่างพอเพียงและยั่งยืนตลอดจนบริหารจัดการการตลาดของผลิตภัณฑ์จากไผ่ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตแผ่นชิ้นไผ่อัดจากเศษไผ่เหลือจากการทำไม้ตะเกียบ และ 2) เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของแผ่นชิ้นไผ่อัดจากเศษไผ่จากการทำไม้ตะเกียบ โดยใช้กาวไอโซไซยาเนต ชนิด polymeric diphenylmethane diisocyanate (pMDI)

ปริมาณร้อยละ 3, 5 และ 7 และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ปริมาณร้อยละ 8, 10 และ 12

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด

1. การเตรียมวัตถุดิบ

การวิจัยครั้งนี้ นำเศษเหลือจากการทำไม้ตะเกียบ ของโรงงานไม้ตะเกียบป้าวรรณ บ้านท่าโทก ตำบลทุ่งฝาย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง มาเป็นวัตถุดิบ โดยนำไปทำเป็นชิ้นไม้สับ (wood chips) จากนั้นเข้าเครื่องทำชิ้นไม้ แล้วนำชิ้นไม้ที่ได้ไปร่อนคัดขนาดด้วยตะแกรงเพื่อแยกเป็นชั้นผิวหน้า และชั้นไส้ โดย (Bauchongkol *et al*., 2012)

1.1 ชิ้นไม้ที่ผ่านตะแกรงขนาด 12 mesh แต่ค้างบนตะแกรงขนาด 40 mesh จะใช้ทำเป็นชั้นไส้

1.2 ชิ้นไม้ที่ผ่านตะแกรงขนาด 40 mesh แต่ค้างบนตะแกรงขนาด 55 mesh จะใช้เป็นชั้นผิวหน้า ส่วนของฝุ่นที่ผ่านตะแกรงจะทิ้งไป

1.3 นำชิ้นไม้ข้อ 1 และ 2 ไปอบให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 3-5 แล้วใส่ถุงพลาสติกเก็บไว้

2. การทำแผ่นสำหรับการทดสอบ

ชิ้นไม้ที่ได้จากข้อ 1. มาทำเป็นแผ่นชิ้นไผ่อัด โดยมีสภาวะในการวิจัย ดังนี้

ความหนาแน่นของแผ่น 700 กก./ลบ.ม.

ความหนาของแผ่น 10 มม.

ขนาดของแผ่น 35×35 ซม.

ในการวิจัยนี้ใช้กาวไอโซไซยาเนต ชนิด pMDI และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในปริมาณและส่วนผสมที่ต่างกัน (Howpinjai, 2009)

1) กาวไอโซไซยาเนต (pMDI) ร้อยละ 3 ของน้ำหนักชิ้นไผ่แห้ง

2) กาวไอโซไซยาเนต (pMDI) ร้อยละ 5 ของน้ำหนักชิ้นไผ่แห้ง

3) กาวไอโซไซยาเนต (pMDI) ร้อยละ 7 ของน้ำหนักชิ้นไผ่แห้ง

4) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ร้อยละ 8 ของน้ำหนักชิ้นไผ่แห้ง

5) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ร้อยละ 10 ของน้ำหนักชิ้นไผ่แห้ง

6) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ร้อยละ 12 ของน้ำหนักชิ้นไผ่แห้ง

นำชิ้นไผ่ที่ชั่งน้ำหนักแล้วมาผสมกับกาวตามสภาวะที่กำหนดในเครื่องผสมกาวกับชิ้นไม้ จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ไปโรยในกล่องทำแผ่น และใช้น้ำหนักกดทับเป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้แผ่นคงตัว และจึงนำกล่องออก เพื่อเข้าเครื่องอัดร้อนต่อไป

3. การอัดร้อน

นำแผ่นที่ได้วางระหว่างแผ่นรองอัดและแผ่น Teflon และใช้แท่งเหล็กกำหนดความหนา ขนาด 10 มม. วางด้านข้างแผ่น นำเข้าเครื่องอัดร้อนตามไฮดรอลิคตามสภาวะ ดังนี้ (Yenjai, 2015)

แรงอัดจำเพาะ	35	กก./ตร.ซม.
อุณหภูมิ	120	องศาเซลเซียส
ระยะเวลา	5	นาที

เสร็จแล้วนำแผ่นชิ้นไผ่อัดที่ได้ออกมาวางผึ่งกระแสอากาศและนำไปเข้าห้องปรับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 20 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 5 เป็นเวลาประมาณ 7 วัน จากนั้นนำมาตัดเป็นชิ้นเพื่อทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 876-2547 (TIS, 2004)

ผลและวิจารณ์

การศึกษาการผลิตแผ่นชิ้นไผ่อัดจากเศษไผ่จากการทำไม้ตะเกียบ โดยเปรียบเทียบกาว 2 ชนิด คือ กาวไอโซไซยาเนต ชนิด pMDI ปริมาณร้อยละ 3, 5 และ 7 และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (UF) ปริมาณร้อยละ 8, 10 และ 12 ตามลำดับ เป็นตัวประสาน ทำการทดลองจำนวน 5 ซ้ำ และทำการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล ของแผ่นชิ้นไผ่อัด ได้สรุปไว้ที่ Table 1 โดยนำไปวิเคราะห์ข้อมูลค่าความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (Kuentham, 1996)

Table 1 Comparison of bamboo particleboard made with urea formaldehyde adhesive (UF) and Polymeric diphenylmethane diisocyanate (pMDI), general particleboard products and tested with the TIS 876-2004 standard.

Volume	N (parel)	Density inrange (kg/sqm)	Moisture Content (%)	Thickness Swelling (%)	Modulus of Rupture (MPa)	Modulus of Elasticity (MPa)	Internal Bonding (MPa)
TIS 876-2004		400-900	4 - 13	≤12	≥14	≥1800	≥0.4
General particleboard products	5	686.68 ^{d} (8.43)	8.76 ^{a} (0.45)	8.92 ^{c} (0.38)	12.41^{c} (0.27)	2109.92 ^{c} (49.303)	0.61 ^{a} (0.03)
pMDI 3%	5	657.28 ^{a} (9.39)	9.63 ^{bc} (0.13)	5.41 ^{b} (0.16)	9.12 ^{a} (0.89)	1871.93 ^{b} (125.54)	0.70 ^{ab} (0.93)
pMDI 5%	5	671.35 ^{bc} (3.60)	9.73 ^{c} (0.46)	4.49 ^{ab} (0.19)	12.67 ^{c} (1.24)	2345.36 ^{e} (259.60)	0.90 ^{c} (0.30)
pMDI 7%	5	659.53 ^{ab} (7.78)	9.62 ^{bc} (0.11)	3.55 ^{a} (0.05)	15.98 ^{d} (0.95)	2661.97 ^{f} (138.70)	1.12 ^{d} (0.12)
UF 8%	5	677.15 ^{acd} (10.83)	9.43 ^{bc} (0.27)	11.24 ^{d} (0.69)	11.18 ^{b} (0.41)	1550.10 ^{a} (93.86)	0.79 ^{b} (0.02)
UF 10%	5	685.17 ^{acd} (9.49)	9.37 ^{b} (0.32)	5.19 ^{b} (0.53)	12.09 ^{bc} (0.39)	1739.31 ^{b} (68.07)	0.80 ^{bc} (0.04)
UF 12%	5	713.44^{e} (17.51)	9.39 ^{bc} (0.13)	4.07 ^{a} (1.85)	15.87 ^{d} (0.94)	2159.62 ^{c} (37.71)	1.04 ^{d} (0.12)
P-value		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Remarks: The same letter in a column indicates that there is no statistical difference ($p<0.05$) between samples according Duncan's multiple range test; values in parentheses are standard deviations.

การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

1. ความหนาแน่น

จากการทดสอบหาค่าความหนาแน่น พบว่า แผ่นชิ้นไผ่อัดจากเศษไผ่ที่ได้จากการทำไม้ตะเกียบ ที่ผ่านการอัดด้วยกาวไอโซไซยาเนต ปริมาณร้อยละ 3, 5 และ 7 ให้ค่าอยู่ในช่วง 657.28-671.35 กก./ลบ.ม.กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณร้อยละ 8, 10 และ 12 ให้ค่าอยู่ในช่วง 677.15-713.44 กก./ลบ.ม. และแผ่นชิ้นไม้อัดจากท้องตลาด มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 686.68 กก./ลบ.ม. ซึ่งเป็นค่าที่ผ่านมาตรฐาน มอก. 876-2547 (TIS, 2004) โดยความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 400-900 กิโลกรัมกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Table 1 and Figure 1)

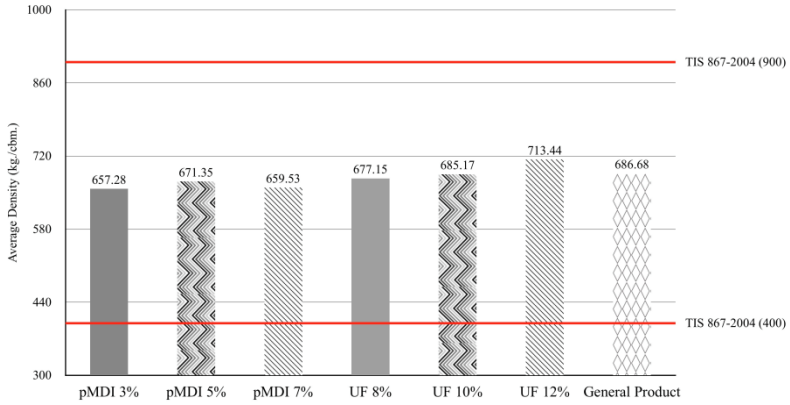

Figure 1 Density test chart of particleboard made from bamboo chopstick scraps.

2. ความชื้น

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นชิ้นไผ่อัดจากเศษไผ่ที่ได้จากการทำไม้ตะเกียบ ที่ผ่านการอัดด้วยกาวไอโซไซยาเนต ปริมาณร้อยละ 3, 5 และ 7 มีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 9.62-9.73 กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณร้อยละ 8, 10 และ 12 มีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 9.37-9.43 และแผ่นชิ้นไม้อัดจากจากท้องตลาด มีค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 8.76 ซึ่งเป็นค่าที่ผ่านมาตรฐาน มอก. 876-2547 (TIS, 2004) โดยความชื้นเฉลี่ยที่กำหนดต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 4-13 (Table 1 and Figure 2)

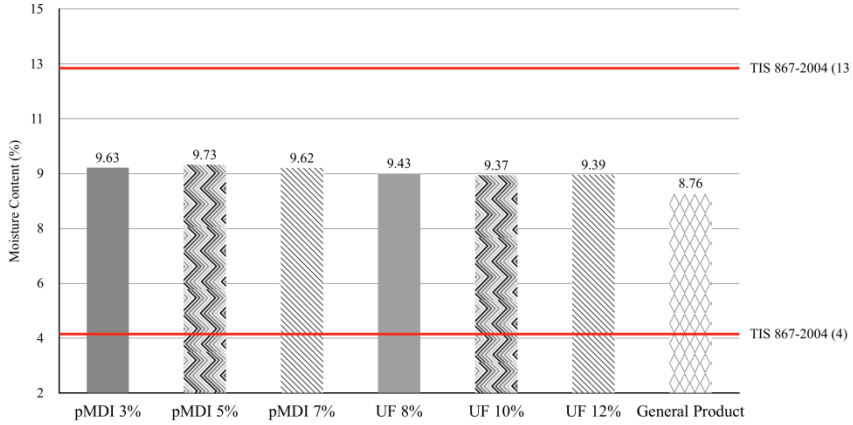

Figure 2 Test chart of moisture content of particleboard manufactured from bamboo chopstick scraps.

3. การพองตัวตามความหนา

จากการทดสอบหาค่าการพองตัวตามความหนา พบว่า แผ่นชิ้นไผ่อัดจากเศษไผ่ที่ได้จากการทำไม้ตะเกียบที่ผ่านการอัดด้วยกาวไอโซไซยาเนต ปริมาณร้อยละ 3, 5 และ 7 ให้ค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 3.55-5.41 กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ปริมาณร้อยละ 8, 10 และ 12 ให้ค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 4.07-11.24 และแผ่นชิ้นไม้อัดจากจากท้องตลาด มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยร้อยละ 8.92 ซึ่งเป็นค่าที่ผ่านมาตรฐาน มอก. 876-2547 (TIS, 2004) โดยการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยที่กำหนดไม่เกินร้อยละ12 (Table 1 and Figure 3)

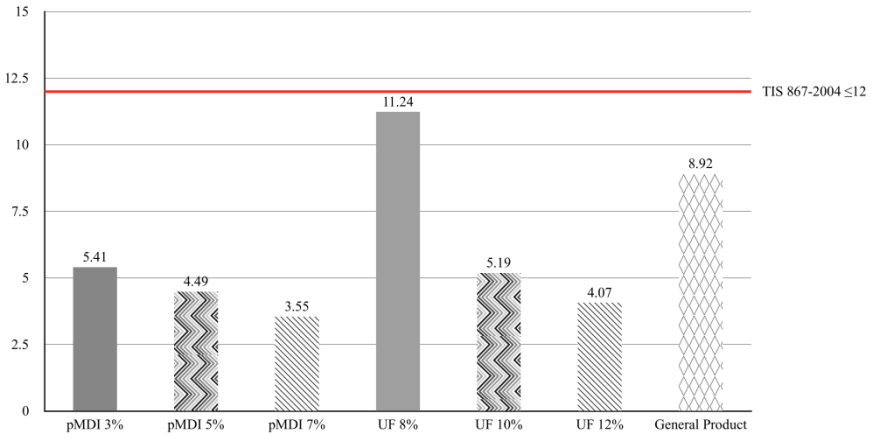

Figure 3 Test chart of thickness swelling of particleboard manufactured from bamboo chopstick scraps.

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยทางสถิติ ค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นชิ้นไผ่อัดจากเศษเหลือทิ้งของไผ่จากโรงงานทำไม้ตะเกียบ ผลปรากฏว่า ค่าการพองตัวตามความหนามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามกรรมวิธี Duncan's New Multiple Range Test ดังแสดงใน Table 1 ปรากฏว่า แผ่นที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนตร้อยละ 7 มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยน้อยที่สุด ที่ร้อยละ 3.55 รองลงมาคือ แผ่นที่อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ร้อยละ 12 และแผ่นที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนตที่ร้อยละ 5 มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยร้อยละ 4.07 และ 4.49 ตามลำดับ ซึ่งค่าการพองตัวตามความหนาทั้ง 3 นี้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างไม่มีนัยสำคัญ ส่วนแผ่นที่อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ร้อยละ 10 และแผ่นที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนตร้อยละ 3 มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ย ที่ร้อยละ 5.19 และ 5.41ตามลำดับ ซึ่งค่าการพองตัวตามความหนามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนตร้อยละ 5 แต่จะมีค่าการพองตัวตามความหนาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนตร้อยละ 7 และแผ่นที่อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ร้อยละ 12 สำหรับแผ่นที่อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ร้อยละ 8 มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยมากที่สุดที่ร้อยละ 11.24 ค่าการพองตัวตามความหนานี้จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นที่อัดด้วยกาวที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yenjai (2015) ได้ทำการศึกษาการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากเศษเหลือทิ้งของไม้เสม็ดขาว โดยใช้กาวไอโซไซยาเนตชนิด pMDI ปริมาณร้อยละ 3, 5 และ 7 และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ในปริมาณร้อยละ 8, 10 และ 12 ของน้ำหนักชิ้นไม้อบแห้ง พบว่า ค่าการพองตัวตามความหนาลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณกาวที่ใช้มากขึ้น แสดงให้เห็นว่า ปริมาณกาวมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของชิ้นไม้ และช่วยลดการพองตัวของไม้ได้ดีขึ้น

การทดสอบสมบัติเชิงกล

1. ความต้านแรงดัด

จากการทดสอบหาค่าความต้านแรงดัด พบว่า แผ่นชิ้นไผ่อัดจากเศษไผ่จากการทำไม้ตะเกียบ ที่ผ่านการอัดด้วยกาวไอโซไซยาเนต ในปริมาณร้อยละ 3, 5 และ 7 ให้ค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 9.12-15.98 MPa กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ในปริมาณร้อยละ 8, 10 และ 12 ให้ค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 11.18-15.87 MPa และแผ่นชิ้นไม้อัดจากจากท้องตลาด มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ย 12.41 ซึ่งมีเพียงแผ่นที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนตในปริมาณร้อยละ 7 กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในผ่านปริมาณร้อยละ 12 เท่านั้นที่ผ่านมาตรฐาน มอก. 876-2547 (TIS, 2004) โดยความต้านแรงดัดกำหนดไม่น้อยกว่า 14 MPa (Table 1 and Figure 4)

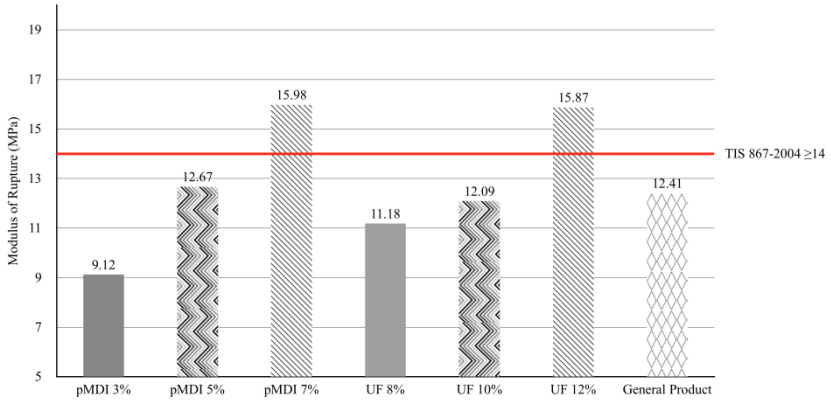

Figure 4 Test chart of modulus of rupture of particleboard manufactured from bamboo chopstick scraps.

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยทางสถิติ ค่าความต้านแรงดัดของแผ่นชิ้นไผ่อัดจากเศษเหลือทิ้งของไผ่จากโรงงานทำไม้ตะเกียบ ผลปรากฏว่า ค่าความต้านแรงดัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามกรรมวิธี Duncan's New Multiple Range Test ดังแสดงใน Table 1 ปรากฏว่า แผ่นที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนตร้อยละ 7 มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยมากที่สุด 15.98 MPa รองลงมาคือ แผ่นที่อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ร้อยละ 12 มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ย 15.87 MPa ซึ่งค่าความต้านแรงดัดทั้ง 2 ค่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนแผ่นที่อัดกาวไอโซไซยาเนตร้อยละ 5 และแผ่นที่อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ร้อยละ 10 มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ย 12.67 และ 12.09 MPa ตามลำดับ ก็มีค่าความต้านแรงดัดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะมีค่าความต้านแรงดัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นที่อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ร้อยละ 8 ซึ่งมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ย 11.18 MPa และแผ่นที่อัดกาวไอโซไซยาเนตร้อยละ 3 มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 9.12 MPa มีค่าความต้านแรงดัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นที่อัดด้วยกาวที่กล่าวมาทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ashori and Nourbakhsh (2008) ได้ทำการทดลองผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis*) mesquite (*Prosopis juliflora*) saltcedar (*Tamarix stricta*) และ date palm (*Phoenix dactylifera*) โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ร้อยละ 9, 10 และ 11 ของน้ำหนักชิ้นไม้อบแห้ง พบว่า ค่าความแข็งแรงของแผ่นชิ้นไม้อัดจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณกาวที่ใช้ ส่งผลให้คุณสมบัติความต้านแรงดัดสูงขึ้นตามไปด้วย

2. ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น

จากการทดสอบหาค่ามอดุลัสยืดหยุ่น พบว่า แผ่นชิ้นไผ่อัดจากเศษไผ่จากการทำไม้ตะเกียบ

โดยแผ่นที่ผ่านการอัดด้วยกาวไอโซไซยาเนต ในปริมาณร้อยละ 3, 5 และ 7 ให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น เฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,871.93 – 2,661.97 MPa กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ในปริมาณร้อยละ 12 ให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น เฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,550.10 – 2,159.62 MPa และแผ่นชิ้นไม้อัดจากท้องตลาด ให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย 2,109.92 MPa มีเพียงแผ่นที่อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ในปริมาณร้อยละ 8 และ 10 ของน้ำหนักชิ้นไม้อบแห้ง ให้ค่าไม่ผ่านมาตรฐาน โดยค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยกำหนดไม่น้อยกว่า 1,800 MPa (Table 1 and Figure 5)

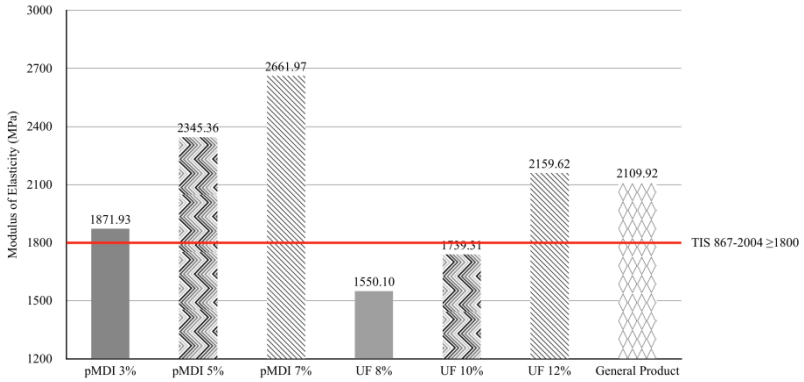

Figure 5 Test chart of modulus of elasticity of particleboard manufactured from bamboo chopstick scraps.

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยทางสถิติ ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นชิ้นไผ่อัดจากเศษเหลือทิ้งของไผ่จากโรงงานทำไม้ตะเกียบ ผลปรากฏว่า ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามกรรมวิธี Duncan's New Multiple Range Test ดังแสดงใน Table 1 ปรากฏว่า แผ่นที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนตร้อยละ 7 มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยมากที่สุดคือ 2,661.97 MPa รองลงมาคือ แผ่นที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนตร้อยละ 5 และแผ่นที่อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ร้อยละ 12 มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย 2,345.36 และ 2,159.62 MPa ตามลำดับ ซึ่งค่ามอดุลัสยืดหยุ่นทั้ง 3 ค่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นแผ่นที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนตร้อยละ 3 และแผ่นที่อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ร้อยละ 10 มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย 1,871.93 และ 1,739.31 MPa ตามลำดับ มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนแผ่นที่อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ร้อยละ 8 มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 1,550.10 MPa ซึ่งมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นที่อัดด้วยกาวที่กล่าวมาทั้งหมด

3. ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

จากการทดสอบหาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า พบว่า แผ่นชิ้นไผ่อัดจากเศษไผ่จากการทำไม้ตะเกียบ โดยแผ่นที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนตในปริมาณร้อยละ 3, 5 และ 7 ให้ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.70-1.12 MPa กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ในปริมาณร้อยละ 8, 10 และ 12 ให้ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.79-1.04 MPa และแผ่นชิ้นไม้อัดจากจากท้องตลาด มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยที่ 0.61 MPa ซึ่งเป็นค่าที่ผ่านมาตรฐาน มอก. 876-2547 (TIS, 2004) โดยค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยกำหนดไม่น้อยกว่า 0.40 MPa (Table 1 and Figure 6)

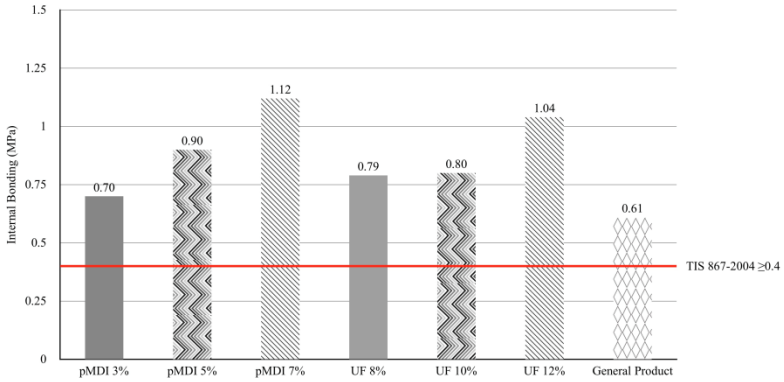

Figure 6 Test chart of internal bonding of particleboard manufactured from bamboo chopstick scraps.

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยทางสถิติ ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นชิ้นไผ่อัดจากเศษเหลือทิ้งของไผ่จากโรงงานทำไม้ตะเกียบ ผลปรากฏว่าค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามกรรมวิธี Duncan's New Multiple Range Test ดังแสดงใน Table 1 ปรากฏว่า แผ่นที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนตร้อยละ 7 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 1.12 MPa รองลงมาคือ แผ่นที่อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์-มัลดีไฮด์ร้อยละ 12 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ย 1.04 MPa ซึ่งค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าทั้ง 2 ค่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนแผ่นที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนตร้อยละ 5 และแผ่นที่อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ร้อยละ 10 ที่มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ย 0.90 และ 0.08 MPa ก็มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แผ่นที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนตร้อยละ 5 จะมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแผ่นที่อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ร้อยละ 8 และแผ่นที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนตร้อยละ 3 ที่มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ย 0.79 และ 0.70 MPa ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Thongkanluang (2004) ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกายภาพและเชิงความร้อนของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผลิตจากทะลายปาล์มน้ำมัน โดยใช้กาวไอโซไซยาเนต ชนิด pMDI ปริมาณร้อยละ 5 และ 7 ของน้ำหนักชิ้นไม้อบแห้ง พบว่า ค่าแรงดึงตั้งฉากผิวหน้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณกาวที่ใช้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการยึดติดของชิ้นไม้มากขึ้น ทำให้เกิดแรงต้านภายในสูงขึ้น

สรุป

จากการศึกษาการผลิตแผ่นชิ้นไผ่อัดจากเศษไผ่จากการทำไม้ตะเกียบเปรียบเทียบกับแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด ในครั้งนี้ พบว่าแผ่นชิ้นไผ่อัดที่ผ่านมาตรฐาน มอก. 876-2547 ที่กำหนดทุกค่า คือ แผ่นชิ้นไผ่อัดที่อัดด้วยกาวไอโซไซยาเนต ชนิด pMDI ในปริมาณร้อยละ 7 และแผ่นชิ้นไผ่อัดที่อัดด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณร้อยละ 12 จะเห็นได้ว่ากาวไอโซไซยาเนตชนิด pMDI ปริมาณร้อยละ 7 ให้คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลโดยรวมได้ที่ดีที่สุด ซึ่งมีค่าคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่าความชื้น และค่าการพองตัวตามความหนา ให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 659.53 กก./ลบ.ม., ร้อยละ 9.62 และ ร้อยละ 3.55 ตามลำดับ ส่วนค่าคุณสมบัติเชิงกล ได้แก่ ค่าความต้านแรงดัด ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น และค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ซึ่งมีค่าสูงสุดเท่ากับ 15.98, 2661.97 และ 1.12 MPa ตามลำดับ แต่ทั้งนี้ การพิจารณาจะเลือก

ใช้กาวชนิดใดนั้น ควรขึ้นอยู่กับผู้นำไปใช้งาน หากไม่ต้องการให้เกิดปัญหาเรื่อง การปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ ก็สามารถใช้กาวไอโซไซยาเนต ชนิด pMDI ปริมาณร้อยละ 7 ของน้ำหนักชิ้นไผ่แห้ง แต่หากต้องการลดต้นทุนการผลิตก็สามารถใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณร้อยละ 12 ของน้ำหนักชิ้นไผ่แห้งแทนได้ เนื่องจากราคาต่ำกว่า

คำนิยม

ขอขอบคุณนายวัลยุทธ เฟื่องวิวัฒน์ นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ และนางสาวปิยะวดี บัวจงกล นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ ฝ่ายอุตสาหกรรมแผ่นไม้ประกอบ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่าง ๆ

REFERENCES

Ashori, A. and A. Nourbakhsh. 2008. Effect of press cycle time and resin content on physical and mechanical properties of particleboard panels made from the underutilized low-quality raw materials. **Industrial Crops and Products** 28: 225-230.

Bauchongkol, P., V. Fueangvivat, S. Chaichoom, C. Pangwong and P. Hangan. 2012. Potential of wood from thinning of teak-plantation on particleboard manufacture, pp.87-89. *In* **2012 Annual Research Report**. Royal Forest Department, Bangkok.

Howpinjai, I. 2009. **Particleboard from Agarwood (Aquilaria spp.) Residues.** M.S. Thesis, Kasetsart University.

Kuentham, A. 1996. **Experimental Design**. Department of Statistics, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok.

Thai Industrial Standards Institute (TIS). 2004. **Flat pressed (FP) Paticleboards**. Thai Industrial Standards TIS 876-2004.

Thongkanluang, T. 2004. **Study of Physical Property and Thermal Property of Particle Boards Made Form, Clusters of Oil Palm**. M.S. Thesis, Surat Thani Rejabhat University.

Yenjai, P. 2015. **Particleboard Manufacturing from Waste of Cajuput (*Melaleuca cajuputi* Powell)**. M.S. Thesis, Kasetsart University.