การเพิ่มมูลค่าขี้เลื่อยไม้สักจากโรงเลื่อยในเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง เป็นแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อการผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์

Chanpor Yiachongthor

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2564

การเพิ่มมูลค่าขี้เลื่อยไม้สักจากโรงเลื่อยในเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง เป็นแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อการผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์

Chanpor Yiachongthor

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การเพิ่มมูลค่าขี้เลื่อยไม้สักจากโรงเลื่อยในเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง เป็นแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อการผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์

Chanpor Yiachongthor

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐปน ชื่นบาล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิราภรณ์ ชื่นบาล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรวดี วงศ์มณีรุ่ง)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.ธวัฒน์ สร้อยทอง)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(อาจารย์ ดร.มุจลินทร์ ผลจันทร์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน
อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง การเพิ่มมูลค่าขี้เลื่อยไม้สักจากโรงเลื่อยในเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง เป็นแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อการผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์

ชื่อผู้เขียน Mr. Chanpor Yiachongthor

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐปน ชื่นบาล

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก ในเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยการใช้อีพอกซีต่อขี้เลื่อยไม้สักในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และสภาพการนำความร้อน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 และจัดทำแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจจากเจ้าของโรงเลื่อยไม้สัก และประชาชนในเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว การทดลองเริ่มจากการนำขี้เลื่อยไม้สักร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 10 ให้ได้ขี้เลื่อยไม้สัก 2 ขนาดคือ ขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ ส่วนขี้เลื่อยขนาดผสมนั้นจะไม่ผ่านการร่อน จากนั้นนำขี้เลื่อยไม้สักทั้ง 3 ขนาดไปผสมกับอีพอกซี ในอัตราส่วนอีพอกซีต่อขี้เลื่อยไม้สักที่อัตราส่วน ดังนี้ 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 ด้วยวิธีการหล่อเย็น ทิ้งไว้ประมาณ 1-2 วัน จึงเอาออกจากแม่พิมพ์ นำแผ่นปาร์ติเกิลทำจากขี้เลื่อยไม้สักไปทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ เชิงกล สภาพการนำความร้อน จากนั้นจึงทำการประเมินสอบถามความพึงพอใจของเจ้าของโรงเลื่อยไม้สักและประชาชนในเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ผลการวิจัย พบว่า อัตราส่วนอีพอกซีต่อขี้เลื่อยไม้สักทั้ง 4 อัตราส่วนของแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักนั้น มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.4-3.8 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 3.5-7.8 ค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยร้อยละ 0.5-4.4 ค่าความต้านทานแรงดัดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.51-1.96 เมกะพาสคัล ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 124-200 เมกะพาสคัล และค่าสภาพการนำความร้อนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.0784–0.1278 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ในส่วนของผลการประเมินความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อยไม้สัก และประชาชนในเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวต่อแผ่นปาร์ติเกิลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.03 และ 4.23 ตามลำดับ ซึ่งเป็นความพึงพอใจในระดับมาก

ปริมาณขี้เลื่อยไม้สักลดลง ส่งผลให้ค่าความหนาแน่น ค่าความต้านทานแรงดัด ค่ามอดูลัส

ยืดหยุ่น และค่าสภาพการนำความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันปริมาณความชื้น และค่าการพองตัวตามความหนาลดลง แต่อย่างไรก็ตามคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นปาร์ติเกิลนั้นมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง แต่ในส่วนของค่าสมบัติเชิงกลนั้นยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก อัตราส่วนอีพอกซีต่อขี้เลื่อยไม้สักที่ 50:50 นั้นมีความเหมาะสมที่สุดที่จะสามารถนำไปพัฒนาเป็นแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ใช้ทดแทนไม้สักได้ในอนาคต

คำสำคัญ : แผ่นปาร์ติเกิล, ขี้เลื่อยไม้สัก, อีพอกซี, ความพึงพอใจ.

Title	THE ADDED VALUE OF TEAK SAWDUST FROM SAWMILL IN XIENGNGUERN DISTRICT LUANGPRABANG PROVINCE TO PARTICLEBOARD FOR FURNITURE PRODUCTION
Author	Mr. Chanpor Yiachongthor
Degree	Master of Science in Environmental Technology
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Tapana Cheunbarn

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the feasibility of producing particleboard from teak sawdust in XiengNguen District LuangPrabang Province Lao People's Democratic Republic by using epoxy and teak sawdust. This experiment were using different ratios of epoxy resin to teak sawdust and then testing the physical, mechanical, and thermal conductivity properties, according to the Thai Industrial Standard TIS 966-2547 and evaluating the satisfaction of the sawmill owner and the people in XiengNguen District, LuangPrabang Province Lao People's Democratic Republic. The experiment started by using 3 sizes of sawdust: mixed, small, and large. The small and large sizes were sieved with No. 10 sieve, and the mixed sawdust was not sieved. Then three sizes of teak sawdust were mixed with epoxy resin in the ratio of epoxy resin to teak sawdust in the following ratios: 50:50, 60:40, 70:30 and 80:20 according to the cooling method. Set aside for 1-2 days, then take it out of the mold. The sawdust was then tested for its physical, mechanical, and thermal conductivity. After that, the satisfaction of the sawmill owner and the people in XiengNguen District, LuangPrabang Province Lao People's Democratic Republic were evaluated.

The result of 4 ratios of particleboards were made from epoxy to teak sawdust was show that the average density was in the range of 1.4-3.8 g/m^3, the moisture content was in the range of 3.5-7.8 percent, the thickness swell value was 0.5-4.4 percent, the flexural strength was in the range of 1.51-1.96 MPa, the elastic

modulus was in the range of 124-200 MPa, and the thermal conductivity was in the range of 0.0784-0.1278 w/m.K. As for the evaluation results of the satisfaction of the owners of the teak sawmill and the people in XiengNguen District, LuangPrabang Province Lao People's Democratic Republic shows that average satisfaction per particleboards were 4.03 and 4.23, respectively, which was a very good level.

The amount of teak sawdust decreased, which increased the density, bending strength, modulus of elasticity, and thermal conductivity value. On the other hand, the moisture content and swelling value were decreased. However, the physical properties of particleboard were in accordance with the values of the standard TIS 966-2547 for medium-density fiberboard, but the mechanical properties were not above the standard. In order to reduce the cost of manufacturing particleboard from teak, the mixing ratio of epoxy resin to sawdust of 50:50 was optimal, as it can be used to develop particleboard for future teak furniture.

Keywords : Particleboard, Teak sawdust, Epoxy, Satisfaction.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยการให้ความช่วยเหลือจากผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านทั้งได้ออกนาม และ มิได้ออกนาม ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน ณ โอกาศนี้ด้วย

ขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐปน ชื่นบาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิราภรณ์ ชื่นบาล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรวดี วงศ์มณีรุ่ง และ อาจารย์ ดร.ธวัฒน์ สร้อยทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาทั้งในเรื่องการเขียนโครงร่าง และบทวิทยานิพนธ์

พร้อมกันนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งมายัง กรมความร่วมมือระหว่างปะเทศไทย (TICA) ที่ให้โอกาศให้ข้าพเจ้าได้มาศึกษาต่อระดับปริญญาโทตลอดระยะ 2 ปีกว่าที่ผ่านมา

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ในสาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความรู้ใหม่ๆ ซึ่งบทเรียนที่ได้เรียนผ่านมาข้าพเจ้าจะขอนำไปใช้ในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

ขอขอบพระคุณสาขาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือ และ เครื่องทดสอบสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และการนำความร้อนจนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

แม้ว่าข้าพเจ้าได้สำเร็จการศึกษาจาก มหาวิทยาลัยแม่โจ้ไปแล้วก็ตาม ความทรงจำดีๆ และบทเรียนที่ได้เรียนรู้ในระยะที่ผ่านมาจะเป็นบทเรียนอันมีคุณค่า และจะรักษาความสัมพันธ์ที่ดีต่อกันระหว่าง สปป ลาว และราชอาณาจักรไทย ระหว่างนักศึกษาต่อคณาจารย์ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ให้ยังยืนตลอดไปจนนิรันดร

ขอขอบพระคุณครอบครัว พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ที่ให้การสนับสนุน ให้กำลังใจ และให้คำปรึกษามาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอส่งความสุข ความปรารถนาดีมายังคณจารย์ เจ้านหน้าที่ TICA พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ตลอดถึงครอบครัว ขออาราธนาคุณพระศรีรัตนตรัย และสิ่งศักดิ์สิทธ์จงดลบันดาลให้ทุกท่านมีสุขภาพแข็งแรง ประสบผลสำเร็จในหน้าที่การงานตลอดไป

Chanpor Yiachongthor

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มา และความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 3

บทที่ 2 ทฤษฎี และการตรวจเอกสาร 4

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไม้สัก (*Tectona grandis* L.f.) 6

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของไม้สัก 8

2.1.2 การใช้ประโยชน์ และแปรรูปไม้สัก 10

2.2 ประเภทของแผ่นไม้อัดสำหรับงานอาคาร ตกแต่ง และอุตสาหกรรมเครื่องเรือน 12

2.2.2 กลุ่มแผ่นปาร์ติเกิล (particleboards) 13

2.2.3 กลุ่มแผ่นเส้นใยไม้อัด (fiberboard) 16

2.3 เครื่องเรือน (furniture) 18

2.3.1 การแบ่งเครื่องเรือนตามลักษณะที่ตั้งมี 2 ประเภทคือ 18

2.3.2 แบ่งเครื่องเรือนตามสถานที่ใช้งาน แบ่งเป็น 4 ประเภทคือ 19

2.4 ขี้เลื่อย 19
2.5 กรรมวิธีการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล 20
2.6 วัสดุประสาน หรือกาวติดไม้ 23
2.7 ประเภทของกาวติดไม้ 23
2.7.1 กาวเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (thermo-setting resins) 23
2.7.2 กาวเรซินชนิดอ่อนตัวเมื่อร้อน (thermo-plastic resins) 30
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 32
บทที่ 3 วิธีการวิจัย หรืออุปกรณ์ และวิธีการ 41
3.1 สารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้งานวิจัย 41
3.1.1 สารเคมี และวัตถุดิบ 41
3.1.2 อุปกรณ์ 41
3.1.3 เครื่องมือ 41
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน 42
3.2.1 กระบวนการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก 42
3.2.2 การทดสอบคุณสมบัติแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก 46
3.3 การคำนวณต้นทุนในการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก 53
3.4 การศึกษาความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก 53
3.5 การวิเคราะห์ความเป็นเป็นไปได้ในการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก 56
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ 57
4.1 การทดสอบแผ่นปาร์ติเกิล 57
4.1.1 คุณสมบัติเชิงกายภาพ (physical of properties) 57
4.1.2 สภาพการนำความร้อน (thermal conductivity) 60
4.1.3 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล (mechanical properties) 62
4.2 คำนวณต้นทุนในการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก 63

4.2.1 ต้นทุนด้านวัสดุ....64
4.2.2 เปรียบเทียบราคาแผ่นไม้สัก และแผ่นปาร์ติเกิล....64
4.3 ความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก....65
4.3.1 ความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อย....65
4.3.2 ความพึงพอของใจประชาชน 100 คนต่อแผ่นปาร์ติเกิล....72
4.4 การวิเคราะห์ความเป็นเป็นไปได้ในการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก....78
บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ....80
5.1 สรุป....80
5.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป....81
บรรณานุกรม....82
ภาคผนวก....88
ประวัติผู้วิจัย....131

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 พื้นที่การปลูกไม้สักในแขวงหลวงพระบาง 7

ตารางที่ 2 น้ำหนักโมเลกุล M_n ของ DGEBA แบบอุดมคติ 26

ตารางที่ 3 ข้อมูลทั่วไปของอีพอกซี 350 A และ B..... 28

ตารางที่ 4 อัตราส่วนผสมระหว่างอีพอกซี ต่อ ขี้เลื่อยไม้สัก..... 44

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิล (อีพอกซี : ขี้เลื่อยไม้สัก) 58

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของแผ่นปาร์ติเกิล (อีพอกซี : ขี้เลื่อยไม้สัก)..... 59

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยการพองตัวตามความหนาของแผ่นปาร์ติเกิล (อีพอกซี : ขี้เลื่อยไม้สัก) 60

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยสภาพการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิล (อีพอกซี : ขี้เลื่อยไม้สัก)..... 61

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงดัดของแผ่นปาร์ติเกิล (อีพอกซี : ขี้เลื่อยไม้สัก)..... 62

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นปาร์ติเกิล (อีพอกซี : ขี้เลื่อยไม้สัก) 63

ตารางที่ 11 ต้นทุนด้านวัสดุ (อีพอกซี A และ B)..... 64

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบราคาระหว่างไม้ปาร์เก้ แผ่นไม้สัก (ไม้จริง) แผ่นปาร์ติเกิลตามร้านขายไม้ทั่วไป และแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก..... 65

ตารางที่ 13 การนำเข้าวัตถุดิบ (ไม้สัก) ปริมาณขี้เลื่อย ขี้กบต่อเดือน และการจัดการในโรงเลื่อย..... 67

ตารางที่ 14 ความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อยจำนวน 8 โรง ต่อแผนที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดเล็ก.... 69

ตารางที่ 15 ความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อยจำนวน 8 โรง ต่อแผนที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดผสม .. 70

ตารางที่ 16 ความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อยจำนวน 8 โรง ต่อแผนที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดใหญ่ .. 71

ตารางที่ 17 ผลการสอบถามความพึงพอใจของประชาชนต่อแผ่นปาร์ติเกิล..... 73

ตารางที่ 18 ความพึงพอใจของประชาชน 100 คน ต่อแผนที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดเล็ก..... 75

ตารางที่ 19 ความพึงพอใจของประชาชน 100 คน ต่อแผนที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดผสม..... 76

ตารางที่ 20 ความพึงพอใจของประชาชน 100 คน ต่อแผนที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดใหญ่ 77

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แผนที่ประเทศ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว....4

ภาพที่ 2 แผนที่ พื้นที่ป่าไม้ของ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ปี 2015....5

ภาพที่ 3 ไม้สัก....6

ภาพที่ 4 แผนที่พื้นที่ปลูกไม้สักในแขวงหลวงพระบาง....8

ภาพที่ 5 เครื่องเรือน และบ้านปีกไม้ จากไม้สัก....11

ภาพที่ 6 แผ่นเอ็มดีเอฟ และเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากขี้เลื่อยไม้....11

ภาพที่ 7 ไม้อัด (plywood)....13

ภาพที่ 8 แผ่นปาร์ติเกิล (particleboards)....15

ภาพที่ 9 แผ่นไฟเบอร์บอร์ดความหนาแน่นสูง (high density fiber board)....17

ภาพที่ 10 เครื่องเรือนแบบนอกอาคาร (out-door furniture)....18

ภาพที่ 11 เครื่องเรือนที่ภายอาคาร (in-door furniture)....19

ภาพที่ 12 ขี้เลื่อยไม้สัก....20

ภาพที่ 13 กระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล....22

ภาพที่ 14 โครงสร้างทางเคมีของหมู่อีพอกซี....26

ภาพที่ 15 โครงสร้างทางเคมี และการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง bisphenol A และ epichlorohydrin 27

ภาพที่ 16 ขั้นตอนการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก....42

ภาพที่ 17 การร่อนขี้เลื่อยไม้สักเพื่อแยกขนาดด้วยตะแกรงเบอร์ 10....43

ภาพที่ 18 ขี้เลื่อยไม้สัก 3 ขนาดที่ใช้ทดลอง....44

ภาพที่ 19 อีพอกซีที่นำมาทดลอง....45

ภาพที่ 20 การผสมอีพอกซี และ ขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อย....45

ภาพที่ 21 ขั้นตอนการทดสอบแผ่นปาร์ติเกิล....46

ภาพที่ 22 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ 47
ภาพที่ 23 นำชิ้นทดสอบไปอบในเตาอบ และใส่ในโถดูดความชื้น.....48
ภาพที่ 24 การนำชิ้นทดสอบลงแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง 49
ภาพที่ 25 แผ่นปาร์ติเกิล และเครื่องที่ใช้ในการทดสอบการนำความร้อนด้วยวิธี single plate.....50
ภาพที่ 26 การทดสอบค่าความต้านแรงดัดด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ Universal Testing Machine, Model NRI-TI-500 10B (Extra).....51
ภาพที่ 27 ชิ้นงานที่ทดสอบ และเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ Universal Testing Machine, Model NRI-TI-500 10B (Extra).....52

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มา และความสำคัญ

ไม้สัก (Teak) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Tectona grandis* L.f เป็นต้นไม้ที่มีชื่อเสียงรู้จักกันแพร่หลายทั่วโลก มีถิ่นกำเนิดอยู่เฉพาะในเอเชียแถบประเทศอินเดียตอนใต้ พม่า ไทย ลาว และอินโดนีเซีย เนื้อไม้สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบเนื่องจากมีคุณสมบัติของเนื้อไม้ละเอียด ตกแต่งได้ง่าย ลวดลายสวยงาม และมีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ (กรมป่าไม้, 2556) สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบตามอายุ และขนาดของไม้ ตั้งแต่ไม้ซุงขนาดใหญ่นำมาแปรรูปใช้ในการก่อสร้างอาคารบ้านเรือน เฟอร์นิเจอร์ ไม้ปาร์เก้ ไม้อัด ไม้แกะสลัก ต่อเรือเป็นต้น ไม้ซุงขนาดเล็กสามารถนำมาทำบ้านไม้ซุง (log home) นำมาผ่าซีกทำเป็นไม้โมเสดวงกบ ประตู หน้าต่างได้ ทำให้ไม้สักเป็นที่นิยมโดยทั่วไปในแถบเอเชีย (สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่า, 2553)

สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว มีพื้นที่ป่าปลูกทั้งหมด 213,585 เฮกตาร์ ประมาณ 0.9 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ป่าธรรมชาติในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สำหรับไม้สักพบเริ่มแรกที่เมืองปากลาย แขวงไชยะบุรี โดยเป็นไม้ที่มีตามธรรมชาติ หลังจากนั้น ได้แพร่กระจายไปปลูกในแขวงต่างๆของลาว เช่น แขวงเวียงจันทน์ประมาณ 13,267 เฮกตาร์ ไชยบุรี 21,518 เฮกตาร์ หลวงพระบาง 28,089 เฮกตาร์ อุดมไช 16,804 เฮกตาร์ และบ่อแก้ว 12,954 เฮกตาร์ (Akiko inoguchi et.al, 2020) สำหรับประชาชนในแขวงหลวงพระบาง ได้มีการปลูกไม้สักมานานแล้วทั้งนี้เนื่องจากความนิยมในการนำมาใช้สร้างบ้านเรือน หรือเฟอร์นิเจอร์ทำให้ความต้องการไม้สักเพื่อเป็นวัตถุดิบในโรงเลื่อย และโรงงานไม้ต่างๆมีปริมาณมาก และคาดการณ์ว่าความต้องการไม้ในอนาคตจะมีแนวโน้มมากขึ้นทำให้เกิดการตัดไม้สักเพิ่มมากขึ้น (Midgley et. al, 2007) จากกระบวนการแปรรูปไม้สักเหล่านั้น พบว่า การใช้ประโยชน์จากไม้สักยังไม่คุ้มค่า มีปริมาณเศษไม้เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก ดังนั้น ถ้าสามารถนำเอาเศษไม้เหลือทิ้งเหล่านั้นไปทำให้เกิดประโยชน์เช่น เป็นไม้ประกอบ นอกจากจะไม่ต้องเสียงบประมาณในการกำจัดของเสียแล้วยังสามารถเพิ่มรายได้ให้กับสถานประกอบการ และชุมชนอีกด้วย แต่ถ้าไม่สามารถนำเศษไม้ และขี้เลื่อยที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปไม้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างอื่น เศษไม้ และขี้เลื่อยเหล่านั้นก็จะกลายเป็นขยะ และแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อรา โรงเลื่อยไม้ต่างๆก็อาจจะต้องเสียงบประมาณในการกำจัดของเสียเหล่านั้น โดยเฉพาะการเผา ซึ่งเป็นต้นเหตุสำคัญในการเกิดฝุ่นควัน PM 2.5 คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และเขม่าเป็นต้น (กิตติยาภรณ์, 2558) ปัจจุบันเทคโนโลยีทางการใช้ประโยชน์เศษไม้ และเศษเหลือทางการเกษตรเพื่อผลิตเป็นอุตสาหกรรมมีความเจริญก้าวหน้า สามารถใช้เศษไม้ ปลายไม้ ไม้ขนาดเล็กกิ่งขนาดใหญ่ และวัสดุเส้นใยพืชเกษตรมาย่อยละเอียดแล้วอัดเป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติ

(wood-based panels) ได้โดยวัสดุที่ทำจากเศษเหลือทิ้งเหล่านี้กำลังเป็นที่สนใจมีการผลิต และนำไปใช้ทดแทนไม้จริงมากขึ้น (วรธรรม, 2555) อย่างไรก็ตามที่ผ่านมาการผลิตเป็นแผ่นไม้อัดนิยมใช้สารยูเรียฟอร์มัลดิไฮด์ และสารไอโซไซยาเนตเป็นตัวประสาน ซึ่งสารดังกล่าวมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสุขภาพเช่น ระบบทางเดินหายใจ ดวงตา ผิวหนัง และเป็นสารก่อมะเร็ง (สำนักงานเลขานุการโครงการฉลากเขียว, 2554) อีกทั้งในกระบวนการผลิตต้องใช้อุณหภูมิ และมีเครื่องจักรเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว ในการวิจัยนี้ ใช้กาวอีพอกซีเป็นตัวประสานเนื่องจากอีพอกซีมีความเหนียวยืดหยุ่นได้ มีความสามารถในการยึดเกาะกับวัตถุทั่วไปได้เป็นอย่างดี มีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าสารยูเรียฟอร์มัลดิไฮด์ และสารไอโซไซยาเนต นอกจากนี้ อีพอกซีสามารถแข็งตัวได้ที่อุณหภูมิห้อง จึงเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ที่สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ในงานวิจัยครั้งนี้ยังได้ใช้แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจของประชาชนในเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวต่อแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สักที่ผลิตได้สำหรับพัฒนาเพื่อการผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสม ของอีพอกซีต่อขี้เลื่อยไม้สักในการทำแผ่นปาร์ติเกิล
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติ และการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก
3. ศึกษาความพึงพอใจของประชาชนในเมืองเชียงเงิน ต่อแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้
4. ศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มมูลค่าขี้เลื่อยไม้สักทำเป็นแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อการผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบอัตราการส่วนของอีพอกซี และขี้เลื่อยไม้สักที่เหมาะสมในการทำเป็นแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก
2. แผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักสามารถใช้เป็นวัสดุทดแทนไม้ได้ และสามารถเพิ่มมูลค่าให้เกิดประโยชน์สูงสุด
3. สามารถนำไปแก้ไขปัญหาของเหลือทิ้งจากการใช้ไม้สัก และไม้ธรรมชาติในโรงเลื่อยไม้ที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบางได้
4. แก้ปัญหาการตัดไม้ทำรายป่าในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวให้ลดลง และหลีกเลี่ยงการใช้ไม้อย่างฟุ่มเฟือย
5. ทราบความพึงพอใจของประชาชนต่อผลิตภัณฑ์แผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ขี้เลื่อยไม้สักที่ใช้ในการศึกษานำมาจากโรงเลื่อย ในเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว มาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลความหนาแน่นปานกลาง

2. ทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของอีพอกซีต่อขี้เลื่อยไม้สัก โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 อัตราส่วนอีพอกซีต่อขี้เลื่อยไม้สักคือ 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20

3. การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิล ที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

4. ประเมินสอบถามความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อย และประชาชนที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวจำนวน 100 คนต่อผลิตภัณฑ์แผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก

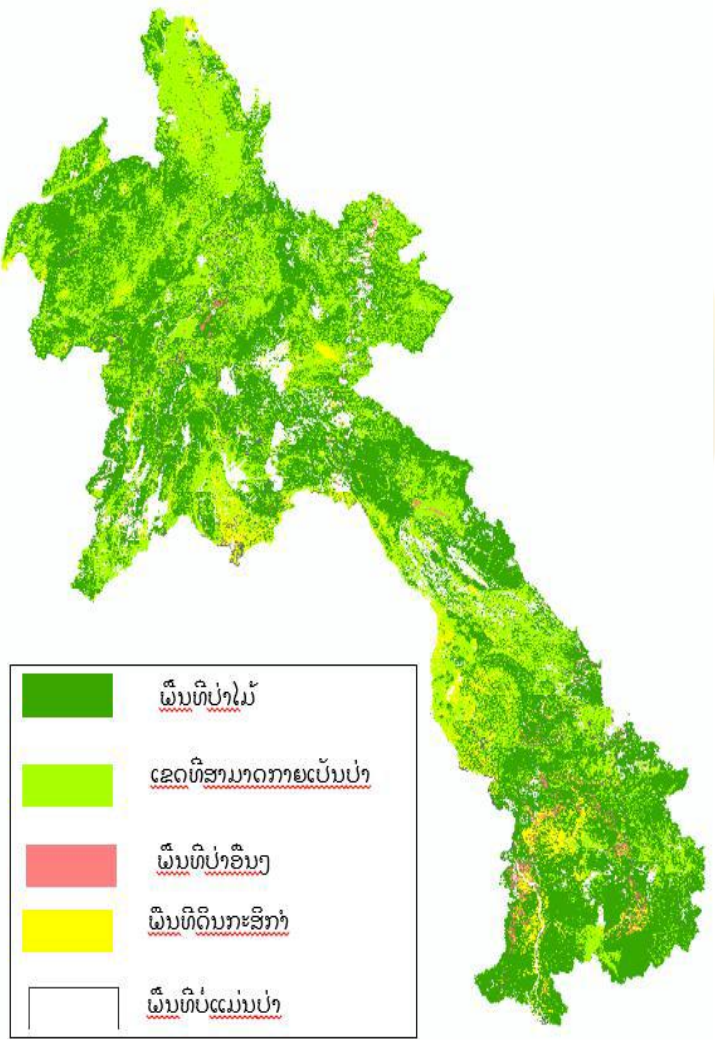
บทที่ 2 ทฤษฎี และการตรวจเอกสาร

สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เป็นประเทศเดียวในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่ไม่มีทางออกทะเล (land locked) โดยมีด้านทิศเหนือติดกับสาธารณรัฐประชาชนจีนแนวเขตแดนยาว 505 กม. ทิศใต้ติดกับราชอาณาจักรกัมพูชา แนวเขตแดนยาว 435 กม. ทิศตะวันออกติดกับสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนามแนวเขตแดนยาว 2,069 กม. และทิศตะวันตกติดกับราชอาณาจักรไทยแนวเขตแดนยาว 1,810 กม. และสาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า แนวเขตแดนยาว 236 กม. โดยมีพื้นที่ 236,800 ตร.กม. สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว มีพื้นที่ส่วนใหญ่ร้อยละ 90 เป็นเขา และที่ราบสูง โดยมีพื้นที่เพาะปลูกเพียง 50,000 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 21.11 ของพื้นที่ทั้งหมด (วรรณพรรษศรณ์ และมุกริน, 2553) แผนที่ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวแสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 แผนที่ประเทศ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

แหล่งที่มา: (Harold et. al., 2016)

จากบทรายงานการสำรวจพื้นที่ป่าไม้ในปี 2015 พบว่า สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว มีพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 48 ซึ่งมีป่าสงวนแห่งชาติ 24 แห่ง พื้นที่ 4.41 ล้านเฮกตาร์ ป่าผลิตแห่งชาติ 51 แห่ง พื้นที่ประมาณ 3.15 ล้านเฮกตาร์ และป่าป้องกันแห่งชาติ 66 แห่งชาติ พื้นที่ประมาณ 8.04 ล้านเฮกตาร์ และสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวแบ่งเป็น 3 ภาคคือ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ ซึ่งภาคเหนือมีพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 39.9 ภาคกลางพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 48.8 และภาคใต้มีพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 55.5 (กองสำรวจและวางแผนป่าไม้, 2559) พื้นที่ป่าไม้ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว แสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนที่ พื้นที่ป่าไม้ของ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ปี 2015

แหล่งที่มา : (กองสำรวจ และวางแผนป่าไม้, 2559)

หลวงพระบางเป็นแขวงหนึ่งที่อยู่ทางภาคเหนือ ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวมีพื้นที่ 20,009 ตารางกิโลเมตร มี 12 เมือง สภาพภูมิประเทศ โอบล้อมด้วยหุบเขารอบด้านสูงประมาณ 1,300 เมตรเหนือระดับ น้ำทะเล มีแม่น้ำโขง แม่น้ำคาน และน้ำอูสายหลักไหลผ่าน หลวงพระบางถือได้ว่าเป็นศูนย์รวมของความเจริญในภาคเหนือของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เช่น เป็นศูนย์กลางการศึกษา การคมนาคม และ ขนส่ง เป็นเมืองหลวงเก่าที่อุดมไปด้วยเรื่องราวทางประวัติศาสตร์ และได้รับการขึ้นทะเบียนให้เป็นมรดกโลกจากองค์การ UNESCO ในวันที่ 9 ธันวาคม ปี 1995 (แผนกแถลงข่าววัฒนธรรม และท่องเที่ยว, 2559)

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไม้สัก (*Tectona grandis* L.f.)

ภาพที่ 3 ไม้สัก

แหล่งที่มา : (indufor group, 2017)

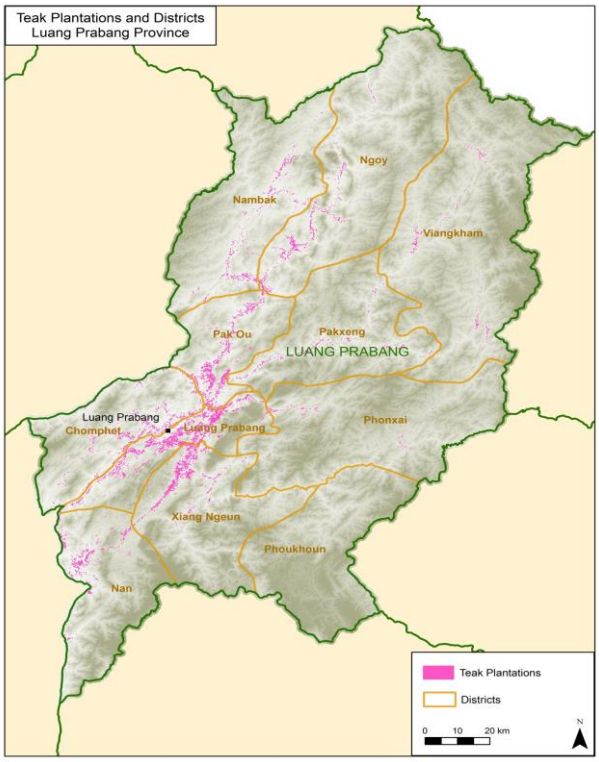
ไม้สัก (ภาพที่ 3) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในตอนใต้ของประเทศอินเดีย พม่า ไทย ลาว (ส่วนที่ติดภาคเหนือของไทย) และอินโดนีเซีย (สำนักส่งเสริมการปลูกป่า, 2553) สำหรับประเทศลาวนั้น เริ่มแรกพบไม้สักเกิดขึ้นตามธรรมชาติที่บ้านนาสัก เมืองปากลาย แขวงไชยบุรี ชายแดนไทย-ลาวต่อมาประชาชนเห็นว่าเป็นไม้ที่สวยงามทางเนื้อไม้ จึงได้นำไม้สักจากธรรมชาติมาปลูกในปี 2485 และแขวงหลวงพระ

บางได้ปลูกไม้สักในปี พ.ศ. 2523 ถึงปี 2557 มีพื้นที่การปลูกไม้ประมาณ 28,089 เฮกตาร์ พื้นที่การปลูกไม้สักในแขวงหลวงพระบางแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 4 (แขนงป่าไม้, 2558)

ตารางที่ 1 พื้นที่การปลูกไม้สักในแขวงหลวงพระบาง

ลำดับที่	ชื่ออำเภอ	พื้นที่ (เฮกตาร์)
1	นครหลวงพระบาง	6,572
2	เชียงเงิน	5,376
3	นาน	3,631
4	ปากอู	4,906
5	น้ำบาก	1,700
6	งอย	460
7	ปากแชง	504
8	โพนชัย	447
9	จอมเพชร	3,752
10	โพนทอง	285
11	เวียงคำ	322
12	ภูคูน	134

แหล่งที่มา: (หน่วยงานป่าไม้, 2558)



ภาพที่ 4 แผนที่พื้นที่ปลูกไม้สักในแขวงหลวงพระบาง

แหล่งที่มา: (ken และ Hongkham, 2016)

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของไม้สัก

ชื่อสามัญ Teak

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Tectona grandis* L.f.

ชื่อวงศ์ LABIATAE

ชื่อพื้นเมือง สัก (ทั่วไป) เคาะเยียโอ (ละว้า เชียงใหม่) ปายี้ (กาญจนบุรี) ปีฮือ ปีฮี เป้อยี (แม่ ฮ่องสอน) และเส่บายี้ (กำแพงเพชร)

1) ลำต้น (trunk)

ไม้สัก เป็นไม้ผลัดใบขนาดใหญ่ โคนต้นเป็นพูพอนเล็กน้อยกิ่งอ่อนเป็นรูปเหลี่ยมเรือนยอดเป็นทรงพุ่มทรงกลมค่อนข้างทึบ ลำต้นมีความสูง 20-35 เมตร เปลือกหนา มีสีเทาหรือน้ำตาลอ่อนแกมเทา เรียบหรือแตกเป็นร่องเล็ก ๆ ตามความยาวของลำต้น เนื้อไม้สักจะมีสีน้ำตาลทอง (เรียกว่าสักทอง) ถึงสีน้ำตาลแก่ และมักจะมีเส้นสีน้ำตาลแก่แทรก (เรียกว่าสักทองลายดำ) เนื้อไม้มีเสี้ยนตรง เนื้อหยาบแข็งปานกลาง เลื่อยไสกบ ตกแต่งง่ายไม่ค่อยยืดหดหรือบิดงอง่ายเหมือนไม้ชนิดอื่น

2) ใบ (leaf)

เป็นแบบใบเดี่ยว แตกออกจากกิ่งเป็นคู่ๆ ตรงข้ามกัน แต่ละคู่ตั้งฉากสลับกันไปตามความยาวของกิ่ง (opposite decussate) รูปใบเป็นรูปรี (elliptic) หรือรูปไข่กลับ (obovate) ใบมีความยาว 30-60 เซนติเมตร พื้นใบด้านบนและด้านล่างสากมือ ท้องใบสีเขียว ที่ท้องใบของใบอ่อนเมื่อขยี้แล้วจะมีสีแดงคล้ายเลือด ใบสักจะร่วงผลัดใบในฤดูแล้งประมาณเดือนพฤศจิกายน ถึงมกราคม และจะแตกใบใหม่ในเดือนเมษายนถึงมิถุนายน

3) ดอก (flower)

ดอกสมบูรณ์เพศคือมีทั้งเกสรตัวผู้และตัวเมียในดอกเดียวกัน มีขนาดเล็กกลีบดอกสีขาวนวลออก เป็นช่อขนาดใหญ่ บริเวณปลายกิ่งสักจะออกช่อดอก ช่อแรกที่ปลายยอดสุดของแกนลำต้นก่อนกิ่งอื่นๆ ต่อไปจึงจะเกิดดอกที่ปลายยอดของกิ่งดอกบานเพียง 1 วัน หลังจากนั้นดอกที่ได้รับการผสมเกษรแล้วก็จะเปลี่ยน แปลงเป็นผลต่อไปในเดือนกรกฎาคม ถึง ตุลาคม

4) ผลและเมล็ด (flouts and seeds)

เป็นรูปร่างค่อนข้างกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-2 เซนติเมตร ผลหนึ่ง ๆ จะมีเมล็ด 1-4 เมล็ด โดยทั่วไปมักจะเรียกผลสักว่า “เมล็ดสัก” ซึ่งเมื่อแก่จัดเป็นสีน้ำตาล ผลเริ่มแก่ในเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม มีขนาดเส้น ผ่าศูนย์กลาง 0.5-2.0 เซนติเมตร เมล็ดเป็นรูปทรงไข่ ขนาดยาวประมาณ 0.6 เซนติเมตร และกว้างประ มาณ 0.4 เซนติเมตร เรียงไปทางแนวตั้งของผลสักแต่ละเมล็ดจะถูกห่อหุ้มด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดที่มีลักษณะบางๆ

ปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของไม้สัก ซึ่งอาจใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาคัดเลือกพื้นที่ในการปลูกไม้สักพอสรุปได้ดังนี้

1) ไม้สักจะเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ชุ่มชื้นมากกว่าที่แห้งแล้ง ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตและมีเนื้อไม้งดงามของไม้สักอยู่ระหว่าง 1,000–2,000 มิลลิเมตรต่อปี และฝนไม่ทิ้งช่วงนานเกินไปในระหว่างฤดูการเจริญเติบโต นอกจากนี้จะต้องมีช่วงฤดูแล้งที่ชัดเจน 3-4 เดือน อุณหภูมิที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของไม้สักอยู่ระหว่าง 25–35 เซนติเมตร

2) ไม้สักชอบแสงสว่าง ความเข้มของแสงที่เหมาะสมคือ 75–95 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณแสงกลางวันที่ได้รับเต็มที่ การปลูกไม้สักจึงไม่ควรปลูกในร่ม หรือใกล้ต้นไม้ใหญ่ซึ่งอาจบดบังแสงแดดแก่ต้นที่ปลูกได้

3) ดินที่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของไม้สักคือ ดินที่มีการระบายน้ำได้ดี ไม่เป็นดินดาน ดินค่อนข้างลึก ดินร่วนปนทราย หรือดินที่เกิดจากการผุสลายของหินปูนและมีค่า pH ประมาณ 6.5–7.5 ส่วนดินที่ไม่เหมาะสมกับการปลูกไม้สัก คือ ดินเหนียว ดินลูกรัง ดินทราย และที่มีน้ำท่วมขัง

4) สภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของไม้สัก มีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 700 เมตร เป็นพื้นที่ราบถึงลาดชันเล็กน้อยไม่เกินร้อยละ 15 (สำนักส่งเสริมการปลูกป่า, 2553)

2.1.2 การใช้ประโยชน์ และแปรรูปไม้สัก

ไม้สักเป็นไม้ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายรูปแบบตามอายุ และขนาดของไม้ ตั้งแต่ไม้ที่มีขนาดใหญ่เช่น นำมาแปรรูปใช้ในการก่อสร้างอาคาร บ้านเรือน ไม้อัด ไม้ปาร์เก้ ไม้แกะสลัก เฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ หรือใช้ต่อเรือ รถทำเครื่องมือกสิกรรม เป็นต้น (สำนักส่งเสริมการปลูกป่า, 2556) ในส่วนของไม้ที่มีขนาดเล็กลงมาก็สามารถนำมาทำไม้โมเสด วงกบประตู และหน้าต่างได้ดี ซึ่งเป็นที่นิยมกันมาก ซึ่งประโยชน์ของไม้สักมีดังต่อไปนี้

1) ทนต่อปลวก และมอด เนื้อไม้สักมีสารเทคโทควิโนน (*Tectoquinone)* ที่ช่วยป้องกันปลวก มอด และเห็ดรา ที่สามารถขึ้นเมื่อเกิดความชื้น เมื่อเทียบกับไม้ประเภทอื่น

2) มีความแข็งแรงทนทาน นำมาใช้สร้างเป็นบ้านเรือน และทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ เนื่องจากไม้สักเป็นไม้เนื้อแข็ง เฉลี่ยอายุการใช้งานไม่ต่ำกว่า 10 ปีโดยไม่เสื่อมคุณภาพ แตกต่างจากไม้ชนิดอื่นเช่น ไม้สนที่มีความคงทนเพียง 2-6 ปีเท่านั้น และยังรับน้ำหนักได้ราว 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3) เนื้อไม้มีลวดลายที่สวยงาม เห็นเส้นวงปีได้ชัดเจน มีหลายเฉดสี ตั้งแต่สีน้ำตาลอมแดงสดใส สีน้ำตาลกลาง จนถึงสีน้ำตาลเข้ม มีผิวสัมผัสที่ละเอียดสวยงาม จึงมีความเหมาะสมกับการทำเป็นเฟอร์นิเจอร์

4) ง่ายต่อการแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์ เพราะสามารถตัด ไส ตกแต่งทำลวดลายแกะสลักชักเงา และตกแต่งทำสีได้ง่าย และมีความงดงามกว่าไม้ชนิดอื่น ซึ่งทำให้การออกแบบเฟอร์นิเจอร์ออกมาเป็นรูปลักษณ์ดังใจง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้ส่วนประกอบอื่นเช่นเหล็ก และตะปูไม่ขึ้นสนิม จึงส่งเสริมความทนทานให้กับเฟอร์นิเจอร์ชิ้นนั้นๆ ด้วย

5) เป็นไม้ที่มีราคาสูง และหายาก เมื่อนำมาผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ทำให้มีราคาสูง ยิ่งเก่ายิ่งมีคุณค่าเพิ่มมากขึ้น

6) เป็นไม้มงคล ไม้สักเป็นไม้มงคลนามชนิดหนึ่งจากชื่อ “สัก” มาจากคำว่า “ศักดิ์ศรี” ทำให้เกิดมงคลด้านเกียรติยศ ศักดิ์ศรียศถาบรรดาศักดิ์แก่เจ้าของบ้าน ในอีกความหมายหนึ่ง สักยังหมายถึง “สักกะ” อันแปลว่า พระอินทร์ผู้มีอำนาจในสวรรค์ คนไทยจึงผูกพันกับไม้สักมานานด้วยความเชื่อด้านสิริมงคลต่อบ้าน คนไทยในสมัยก่อนนั้นนิยมใช้ไม้สักมาสร้างเป็นบ้านทั้งหลังใช้ทำเป็นประตู-หน้าต่าง และใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ (กรมป่าไม้, 2556)

7) ปัจจุบันไม้สักที่ตัดมาใช้ประโยชน์เป็นไม้สักจากสวนป่าปลูกทั้งสิ้น ซึ่งมีอายุน้อยเมื่อแปรรูปจะได้ไม้ที่ติดกระพี้จำนวนมาก ไส้ฟัก มีตามาก ไม่สวยเหมือนไม้ตามธรรมชาติจึงไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค การใช้ประโยชน์ไม้สักสวนป่าจะเป็นการใช้เนื้อไม้เป็นหลักประมาณร้อยละ 30 โดยใช้ในการสร้างบ้านเรือน ทำเครื่องเรือน และสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ ภาพที่ 5

ภาพที่ 5 เครื่องเรือน และบ้านปีกไม้ จากไม้สัก
แหล่ที่มา (กรมป่าไม้, 2556)

8) การผลิต และการแปรรูปไม้สัก เช่น เศษไม้ ปลายไม้ ขี้เลื่อยขี้กบ ที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้อีก นอกจากการทำเป็นเชื้อเพลิง จึงได้มีการวิจัย และพัฒนาวิธีการนำไม้มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การนำเศษไม้ปลายไม้ ที่เหลือทิ้งจากการตัดขยายระยะมาทำแผ่นไม้ประกอบประเภทต่างๆ เช่นแผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัด และแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ ขี้เลื่อยขี้กบที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตสามารถนำมาเพิ่มมูลค่าโดยการนำมาทำเป็นแผ่นปาร์ติเกิล (particleboard) และเชื้อเพลิงอัดเม็ด (Wood pellet) ภาพที่ 6

ภาพที่ 6 แผ่นเอ็มดีเอฟ และเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากขี้เลื่อยไม้
แหล่ที่มา (กรมป่าไม้, 2556)

2.2 ประเภทของแผ่นไม้อัดสำหรับงานอาคาร ตกแต่ง และอุตสาหกรรมเครื่องเรือน

โดยทั่วไปแผ่นวัสดุที่ใช้ไม้เป็นวัตถุดิบ (wood based sheet materials) แผ่นวัสดุเหล่านี้สามารถแยกเป็นกลุ่มได้อย่างชัดเจน โดยอาศัยการพิจารณาวัตถุดิบจากไม้ที่ใช้ในการผลิตจะนำวัตถุดิบนั้นมาแปรรูปเป็นอะไรในการประกอบแผ่นเช่น เอาวัตถุดิบเป็นรูปแผ่นไม้บาง หรือเป็นชิ้นไม้บาง หรือเป็นชิ้นไม้แปรรูปเล็กๆ มาประกอบเป็นแผ่นก็จัดเป็นพวก laminate board แต่ถ้าวัตถุดิบเป็นชิ้นไม้สับแล้วนำมาอัดเป็นแผ่น ก็จัดอยู่ในพวก particleboard และถ้านำเอาชิ้นไม้สับนั้นมาย่อยให้เป็นเส้นใยเสียก่อนแล้วนำมาอัดเป็นแผ่นก็จัดอยู่ในพวก fiberboard เป็นต้น โดยแต่ละกลุ่มมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 กลุ่มที่ใช้ไม้แปรรูปเล็กๆมาประสารกันเรียกว่า laminate board

แผ่นวัสดุในกลุ่มนี้โดยทั่วๆไป มักจะประกอบด้วยวัตถุดิบที่ทำจากแผ่นไม้บาง (veneer) ซึ่งได้มาจากการปอก หรือฝานด้วยเครื่องจักรแล้วนำมาอัดซ้อนกันโดยให้ไม้บางแต่ละแผ่นวางขวางเสี้ยนซึ่งกัน และกันโดยปกติการวางขวางเสี้ยนนั้นจะวางขวางเป็นมุมฉาก แผ่นวัสดุดังกล่าวนี้อาจจะทำด้วยการนำเอาแผ่นไม้บางๆ ล้วนๆ มาซ้อนกันจนมีความหนาตามต้องการ หรืออาจจะใช้แผ่นไม้แปรรูปเล็กๆ ที่ต่อประสารกันเป็นแผ่นแล้วมาทำเป็นไส้ (core) เพื่อให้แผ่นวัสดุนั้นหนาขึ้นก็ได้ แผ่นวัสดุในกลุ่มนี้จะทนทานต่อความชื้นในระดับที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกาว หรือวัสดุที่ใช้ในการประสาน ซึ่งแบ่งเป็นชนิดย่อยๆ ได้ดังนี้

1) ไม้อัด (plywood) ไม้อัดถูกจำแนกให้อยู่ในกลุ่ม laminate board ซึ่งสามารถผลิตได้หลายแบบ โดยใช้ไม้บางที่ปอก หรือฝานจากไม้ซุงนาๆ ชนิดความหนาของแผ่นไม้บางที่ใช้รวมทั้งการจัดทิศทางในการวางแผ่นไม้บางซ้อนกัน จะทำให้ความแข็งแรง และคุณสมบัติของไม้ที่ผลิตได้นั้นเปลี่ยนแปลงไปในการนำแผ่นไม้อัดไปใช้ในอุสาหกรมเครื่องเรือน แผ่นไม้บางที่ใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อประกอบเป็นแผ่นไม้อัดนั้น มักจะถูกคัดเลือกเป็นพิเศษให้ปลอดจากตาไม้ ปลอดจากการเสียดสี หรือการรมสีต่างๆ และปลอดจากตำหนิต่างๆ ทั้งนี้มีกฎเกณฑ์กำหนดไว้สำหรับจำแนกไม้บางแต่ละชนิดเพื่อให้เลือกใช้ได้ง่ายขึ้น ไม้อัดที่ทำจากไม้เบิช (birch) จะมีความหนาแน่นระหว่าง 650-750 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การไม้อัดแสดงในภาพที่ 7

ภาพที่ 7 ไม้อัด (plywood)
แหล่งที่มา : (avsfencing.co.uk, 2021)

2) แผ่นไม้อัดไส้ระแนง (blockboard) เป็นแผ่นไม้อัดที่มีชั้นไส้เป็นระแนงขนาดหน้ากว้าง 7-30 มิลิเมตร เรียงอัดประสานต่อเนื่องกัน แล้วประกบหน้าหลังด้วยไม้บางสลับเสี้ยน ใช้ในการทำเฟอร์นิเจอร์ (วรธรรม, 2555)

3) แผ่นไม้อัดใช้ไม้ประกับตั้ง (laminboard) เป็นไม้อัดอีกประเภทหนึ่ง ที่มีไส้ทำจากไม้แปรรูปชิ้นยาวๆ หรือทำจากชิ้นส่วนของแผ่นวัสดุที่ใช้เป็นวัตถุดิบมาอัดติดกันด้วยกาวให้เป็นแผ่นชิ้นไม้ หรือชิ้นวัสดุนั้นจะกว้างไม่เกิน 7 มิลิเมตร แผ่นไม้อัดไส้ไม้ประกับตั้ง นิยมนำไปทำเป็นแผ่นปูหน้าโต๊ะ หรือวางของที่ต้องรับน้ำหนักมากๆ

2.2.2 กลุ่มแผ่นปาร์ติเกิล (particleboards)

แผ่นปาร์ติเกิล เป็นแผ่นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากชิ้นไม้เล็กๆ หรือวัสดุอื่นๆที่มีองค์ประกอบของลิกนิน และเซลลูโลส (lignocellulosic material) เช่น ฟางข้าว ขี้เลื่อยไม้ชนิดต่างๆ หรือวัสดุที่เหลือจากการเกษตรกรรม และโรงเลื่อยไม้ โดยนำมาทำขึ้นเป็นแผ่นภายใต้แรงดัน และใช้กาวเป็นตัวประสาน ในปัจจุบันนิยมใช้ในเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้งานในอาคารโดยเฉพาะใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ และงานตกแต่งภายใน เนื่องจากมีความสวยงามราคาที่ไม่แพงเมื่อเทียบกับไม้จริง และยังถือเป็นทาง

เลือกหนึ่งสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทดแทนไม้ (ภาพที่ 8) โดยเนื้อไม้ที่นำมาใช้ประกอบเป็นแผ่นปาร์ติเกิล อาจมีลักษณะต่างๆ อย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

- ชิป (chips) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีขนาดสม่ำเสมอกันได้จากการตัดด้วยเครื่องตัดที่ใช้ใบมีดในลักษณะคล้ายกับสับหรือตัดเป็นแผ่นเล็กๆ
- เกล็ด (flake) หมายถึง ชิ้นไม้บางๆ มีทิศทางของเสี้ยนไม้ขนานกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดตัดขนานกับแนวของเสี้ยนไม้ แต่ทำมุมกับแนวแกนของเส้นใย เกล็ดใหญ่ (wafer) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความกว้างและความหนามากกว่า
- แถบ (strand) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้างและมีความหนาสม่ำเสมอตลอดจนความยาวของแถบ
- ขี้กบ (planer shaving) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็ก มีความหนาไม่เท่ากันคือหนาที่ปลายด้านหนึ่งส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบางและมีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักจะโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (rotary cutter head)
- เส้นไม้หรือฝอยไม้ (wood wool or excelsior) หมายถึง เส้นไม้หรือฝอยไม้ที่มีความหนาและคดงอไปตามความยาวนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของแผ่นปาร์ติเกิล (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลสามารถแบ่งได้หลายชนิด และถูกเรียกชื่อแตกต่างกันไปตามลักษณะที่แบ่งนั้นๆ ซึ่งสามารถแบ่งทั่วไปได้ดังต่อไปนี้

1) แผ่นไม้อัดสับ (wood chipboard) แผ่นไม้สับอัดเป็นแผ่นวัสดุที่ใช้ไม้เป็นวัตถุดิบในกลุ่ม แผ่นชิ้นไม้สับอัด (particleboards) ประเภทหนึ่ง โดยนำวัตถุดิบมาจากไม้ท่อน จากต้นไม้ที่ตัดสางออกจากสวนป่า จากเศษไม้ปลายไม้ของโรงเลื่อย โรงงาน หรือจากเศษไม้อื่นๆ ในทวีปยุโรปนิยมใช้ชิ้นไม้สับจากไม้เนื้ออ่อนเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตแผ่นวัสดุประเภทนี้ แต่ไม้เนื้อแข็งก็ใช้เป็นวัตถุดิบที่ให้ผลดีเช่นกัน ในกรรมวิธีการผลิตชิ้นไม้สับย่อยให้เป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อทำเป็นวัตถุดิบนั้นจะถูกแยกขนาดโดยตะแกรง หรือการใช้ลมเป่าให้ลอยตัว จากวิธีการดังกล่าวทำให้สามารถแยกชิ้นไม้สับย่อยนั้นให้เป็นแผ่นโดยแยกเป็นชั้นๆ ตามขนาดของชิ้นไม้ที่ต้องการได้ ชิ้นไม้หยาบจะถูกเรียงแผ่นให้เป็นไส้ในของแผ่น ส่วนชิ้นไม้ละเอียดก็จะเรียงเป็นผิวของแผ่นทั้งสองด้าน ซึ่งทำให้ง่ายแก่การตกแต่ง และง่ายต่อกานนำใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องเรือน และอุตสาหกรรมตกแต่งอื่นๆ แผ่นไม้สับอัดออกได้เป็นหลายชั้นคุณภาพ แต่ละคุณภาพจะขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุดิบที่สับเป็นชิ้นเล็กๆ การแผ่กระจายตัวของชิ้นไม้สับทำเป็นแผ่นคุณสมบัติของกาวที่ใช้ประสาร และคุณภาพของกาวอัด

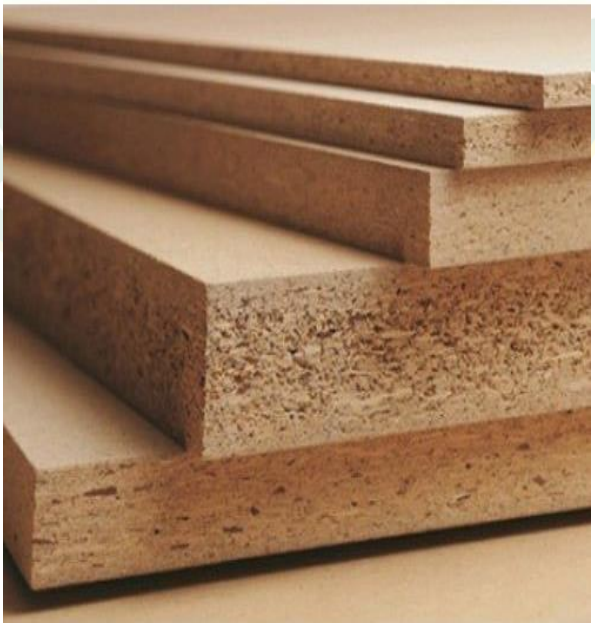
2) แผ่นเส้นใยป่านลินนินอัด (flaxboard) แผ่นเส้นใยป่านลินนินอัด หรือเรียกว่า flaxboard นั้นทำจากเศษป่านลินนินที่เหลือจากโรงงานทอผ้าจัดอยู่ใกลุ่มของ particleboards ด้วย แผ่นเส้นใยป่านลินนินอัดนั้นส่วนใหญ่มีผิวเรียบแต่ก็มีความแข็งแรงน้อยกว่าแผ่นไม้สับอัด (wood chipboard) ที่ใช้กันในอุตสาหกรรมเครื่องเรือนทั่วๆ ไป

3) แผ่นชานอ้อยอัด (bagasse board) ทำจากชิ้นส่วนของชานอ้อยที่เหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล จัดอยู่ในกลุ่มของ particleboard เช่นเดียวกัน

4) แผ่นเกล็ดไม้อัด (flakeboard) ทำจากมีที่ไส้ หรือฝานออกมาเป็นเกล็ดบางๆ แล้วนำเกล็ดนั้นมาอัดติดกันทางด้านแบนด้วยกาว หรือวัตถุประสารอย่างอื่น ดังนั้นทางด้านราบ หรือด้านแบนของเกล็ดไม้ จึงขนานกันกับผิวของแผ่นเกล็ดไม้อัด

5) แผ่นเกล็ดไม้อัดเรียงชิ้น (oriented strand board, OSB) แผ่นเกล็ดไม้อัดเรียงชิ้นหรือที่เรียกกันว่า OSB นั้น คือการนำเอาแผ่นเกล็ดไม้อัดมาเรียงชิ้นเป็นวัตถุดิบโดยแบ่งเป็น 3 ชั้น ชั้นเกล็ดไม้ที่เรียงอยู่ทางด้านนอกทั้งสองข้างจะเรียงขนานตามยาวของแผ่น ส่วนไส้ของแผ่นนั้นจะเรียงเกล็ดไม้ทางขวางเช่น เดียวกับขบวนการผลิตไม้อัดทั่วๆ ไป แผ่นวัสดุประเภทนี้ยังจัดอยู่ในกลุ่ม particleboards เช่นกัน

6) แผ่นไม้เอกพันธุ์ (homogenous board) แผ่นไม้เอกพันธุ์หรือที่เรียกกันว่า homogenous board นั้น ทำจากชิ้นไม้ที่สับย่อยให้มีขนาดเล็ก แล้วนำชิ้นไม้ที่สับย่อยนั้น อัดเข้าด้วยกันให้เป็นแผ่นด้วยเครื่องอัดกำลังสูง เพื่อให้แผ่นชิ้นไม้อัดนั้นเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีความแน่นสูงและมีไส้แน่น แผ่นไม้เอกพันธุ์นี้อยู่ในกลุ่ม particleboards



ภาพที่ 8 แผ่นปาร์ติเกิล (particleboards)
แหล่งที่มา: (indiamar, 2017)

2.2.3 กลุ่มแผ่นเส้นใยไม้อัด (fiberboard)

คือแผ่นวัสดุที่ผลิตจากเส้นใยของไม้ หรือมัดของเส้นใยไม้ ซึ่งได้จากการย่อยชิ้นไม้สับด้วยกระบวนการทางเครื่องจักรที่ใช้ความร้อนสูงให้เป็นเส้นใย (fiber) แล้วนำเส้นใยนั้นมาเรียงเป็นแผ่นโปร่งๆ หลังจากนั้น จึงนำเข้าเครื่องอัดให้เป็นแผ่นตามขนาดที่ต้องการ แผ่นเส้นใยไม้อัดที่ผลิตออกมานั้นมีหลายแบบ แตกต่างกันไปตามสภาพความเปียกแห้งของเส้นใย และชนิดของกาวที่นำมาใช้รวมทั้งปริมาณกาวที่ใช้เป็นตัวประสาน ด้วยความแน่นของแผ่นเส้นใยไม้อัดจะแตกต่างกันไปตามกำลังอัดของเครื่องจักรที่ใช้ แผ่นเส้นใยไม้อัดทุกแผนที่ผลิตออกมาจะมีคุณภาพสม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งแผ่น ทั้งนี้เนื่องจากการกระจายตัวของเส้นใยขณะที่ประกอบเป็นรูปแผ่นได้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอครอบคลุมไปทั่วความหนา

1) แผ่นใยไม้อัดแข็ง (hardboard)

เป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่ม fiberboards ซึ่งส่วนใหญ่จะผลิตขึ้นมาโดยใช้กรรมวิธีเปียก (wet process) แต่ก็มีแผ่นใยไม้อัดแข็งที่ผลิตโดยกรรมวิธีแห้ง (dry process) ด้วยเหมือนกัน การผลิตโดยกรรมวิธีเปียกนั้น เส้นใยจะลอยตัวอยู่ในน้ำ เมื่อน้ำปนเส้นใยถูกกดและอัดให้น้ำแยกตัวระบายออกไปทางตะแกรงที่อยู่ข้างล่าง เส้นใยนั้นก็จะรวมตัวกันเป็นแผ่น หลังจากนั้นก็จะนำแผ่นเส้นใยที่ยังเปียกอยู่ผ่านลูกกลิ้งอัดรีด แล้วอัดทับให้เรียบอีกครั้งหนึ่งด้วยเครื่องอัดร้อนที่มีกำลังสูงคุณภาพในด้านความแข็งแรงของแผ่นใยไม้อัดแข็งนั้นอยู่ในระดับที่สูงมาก ทั้งนี้เกิดจากการอัดด้วยเครื่องจักรกำลังสูง และการเชื่อมตัวระหว่างเส้นใยด้วยกัน โดยกาวธรรมชาติที่เกิดจากไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ในกรรมวิธีผลิตแบบแห้งนั้น จะใช้กาววิทยาศาสตร์ในการยึดติดเพื่อช่วยเพิ่มคุณสมบัติในด้านความแข็งแรงให้สูงขึ้นก็ได้ แผ่นใยไม้อัดแข็งหรือ hardboard นี้ มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 900–1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นั้นเส้นใยจะลอยตัวอยู่ในน้ำ เมื่อน้ำปนเส้นใยถูกกด และอัดให้น้ำแยกตัวระบายออกไปทางตะแกรงที่อยู่ข้างล่าง เส้นใยนั้นก็จะรวมตัวกันเป็นแผ่น หลังจากนั้นก็จะนำแผ่นเส้นใยที่ยังเปียกอยู่ผ่านลูกกลิ้งอัดรีด แล้วอัดทับให้เรียบอีกครั้งหนึ่งด้วยเครื่องอัดร้อนที่มีกำลังสูงคุณภาพในด้านความแข็งแรงของแผ่นใยไม้อัดแข็งนั้นอยู่ในระดับที่สูงมาก ทั้งนี้เกิดจากการอัดด้วยเครื่องจักรกำลังสูง และการเชื่อมตัวระหว่างเส้นใยด้วยกัน โดยกาวธรรมชาติที่เกิดจากไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ในกรรมวิธีผลิตแบบแห้งนั้นจะใช้กาววิทยาศาสตร์ในการยึดติดเพื่อช่วยเพิ่มคุณสมบัติในด้านความแข็งแรงให้สูงขึ้นก็ได้ แผ่นใยไม้อัดแข็งหรือ hardboard นี้ มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 900–1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2) แผ่นเส้นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง (medium density fiberboard, MDF)

แผ่นเส้นใยไม้อัดชนิดความแน่นปานกลาง หรือที่เรียกกันทั่วๆ ไปว่า MDF นั้น ส่วนใหญ่จะผลิตโดยใช้กรรมวิธีแห้ง คือทำเส้นใยให้แห้งเสียก่อนที่จะนำไปสร้างเป็นแผ่นเพื่อเข้าเครื่องอัดเนื่องจากเส้นใยที่นำมาประกอบเป็นแผ่นนั้นถูกไล่น้ำให้หมดไป และการใช้อุณหภูมิในการอัดต่ำกว่าการผลิตเส้นใยไม้

อัดแข็ง (hardboard) ดังนั้นการประสานตัวของกาวธรรมชาติที่ได้จากไม้ที่นำมาผลิตเป็นเส้นใยเพื่อทำ MDF จึงไม่สู้จะได้ผล ความแข็งแรงส่วนใหญ่ของ MDF จึงขึ้นอยู่กับกาววิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ช่วยประสานเส้นใยในการผลิตนั้น ความแน่นโดยทั่วๆ ไปของ MDF อยู่ระหว่าง 400-800 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ภาพที่ 9 แผ่นไฟเบอร์บอร์ดความหนาแน่นสูง (high density fiber board)
แหล่งที่มา: (sdlyhlsy.en, 2019)

3) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นสูง (high density fiberboard (HDF))

มีลักษณะเหมือนกับแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง แต่มีค่าความหนาแน่นมากกว่า 800 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขึ้นไปเหมาะกับการใช้งานประเภทไม้พื้น, ประตู และผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ต้องการความแข็งแรงเป็นพิเศษ

4) แผ่นฉนวนอ่อน (soft insulation board)

แผ่นฉนวนหรือที่เรียกกันว่า soft insulation board นั้นขึ้นอยู่ในกลุ่ม fiberboards ซึ่งโดยทั่วๆ ไปแล้วจะผลิตขึ้นโดยกรรมวิธีเปียก และมีความแน่นระหว่าง 240–450 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แผ่นฉนวนอ่อนส่วนใหญ่จะใช้เพื่อวัตถุประสงค์ให้เป็นฉนวนป้องกันอากาศร้อนหนาว เนื่องจากการประสานตัวของเส้นใยในแผ่นฉนวนอ่อนนั้นอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ดังนั้นจึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องเรือน (โครงการฉลากเขียว, 2554)

2.3 เครื่องเรือน (furniture)

เครื่องเรือน หรือที่เรียกกันในปัจจุบันว่า เฟอร์นิเจอร์มีลักษณะ และรูปแบบที่แตกต่างกันมากมาย แต่ก็มีผู้ให้ความหมาย และ แบ่งประเภทไว้หลายแบบดังต่อไปนี้

2.3.1 การแบ่งเครื่องเรือนตามลักษณะที่ตั้งมี 2 ประเภทคือ

1) เครื่องเรือนแบบนอกอาคาร (out-door furniture)

เป็นเครื่องเรือนที่อยูนอกอาคารเช่น ส่วนสาธารณะถนนที่สาธารณะทั่วไป เครื่องเรือนประเภทนี้ จะมีลักษณะทนต่อสภาพอากาศ และทนต่อการทำกิจกรรมของมนุษย์ และสัตว์ต่างๆ เครื่องเรือนประเภทนี้มีการใช้วัสดุ และโครงสร้างที่แข็งแรงเพื่ออายุการใช้งานที่ยาวนาน (ภาพที่ 10)

ภาพที่ 10 เครื่องเรือนแบบนอกอาคาร (out-door furniture)
แหล่งที่มา : (diynetwork.com, 2010)

2) เครื่องเรือนที่ภายอาคาร (in-door furniture)

เป็นเครื่องเรือนที่ใช้งานในที่พักอาศัยต่างๆ เช่น บ้าน สำนักงาน หรืออาคารทั่วไปเครื่องเรือนประเภทนี้เป็นประเภทที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมของมนุษย์โดยตรง ซึ่งจะต้องมีความสัมพันธ์กับการใช้งานของร่างกาย หรือมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ภายในอาคาร เนื้อที่ว่างทางเดิน ขนาดของห้องที่เหมาะสมกับร่างกายของมนุษย์เป็นจุดศูนย์กลาง และมีเครื่องเรือนเป็นสิ่งแวดล้อม (ภาพที่ 11)

ภาพที่ 11 เครื่องเรือนที่ภายอาคาร (in-door furniture)
แหล่งที่มา : (cherryvalleyamishfurniture, 2021)

2.3.2 แบ่งเครื่องเรือนตามสถานที่ใช้งาน แบ่งเป็น 4 ประเภทคือ

1) เครื่องเรือนที่ใช้ในบ้านที่พักอาศัย เช่น เก้าอี้ โต๊ะ ตู้ เตียง ชั้นวางของต่าง ๆ

2) เครื่องเรือนที่ใช้ในสำนักงาน เช่น โต๊ะทำงาน โต๊ะในห้องประชุม เก้าอี้ทำงาน ตู้เก็บเอกสาร เป็นต้น

3) เครื่องเรือนที่ใช้ในที่ชุมชน เช่น เก้าอี้ในส่วนสาธารณะ เก้าอี้ในชานชาลา ตู้ไปรษณีย์ เป็นต้น

4) เครื่องเรือนที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ เช่น เก้าอี้ทำฟัน เตียงคนไข้ โต๊ะทดลองวิทยาศาสตร์ เป็นต้น (อภิวัฒน์, 2555)

2.4 ขี้เลื่อย

ลักษณะทั่วไป เป็นผลพลอยได้จากการเลื่อยไม้ มีลักษณะเป็นผงไม้ละเอียด เป็นของเสียในโรงงานไม้ แต่ก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกหลายประการ ขี้เลื่อยมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบจำนวนมาก (เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน) ที่มีหมู่โพลีฟีนอลซึ่งสามารถจับกับโลหะหนักได้ด้วยกลไกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ขี้เลื่อยจากต้นพอบลาร์ และต้นเฟอร์ที่ทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคาร์บอเนต ดูดซับทองแดง สังกะสีได้ดี ขี้เลื่อยจากต้นมะพร้าวที่ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกดูดซับนิกเกิล และปรอทได้ การนำไปใช้ประโยชน์ ถ่านอัดแท่งผลิตจากขี้เลื่อยไม้เบนจพรรณ และไม้ยางพารา ขี้เลื่อยไม้สัก (ภาพที่ 12) สำหรับเพาะเห็ดเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นหัดทำก้อนเชื้อเห็ด ขี้

เลื่อยอัดเม็ด (wood pellet) เหมาะใช้ในภาคอุตสาหกรรม ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ (boiler) ในบ้านเรือนใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาพิง (pellet stove) งานปั้นจากขี้เลื่อย

ภาพที่ 12 ขี้เลื่อยไม้สัก
แหล่งที่มา: โรงเลื่อยบุณนำ เมืองเชียงเงิน

ไม้อัดจากขี้เลื่อยวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจะใช้วัตถุดิบหลักๆ 2 ชนิดคือ ขี้เลื่อยที่มาจากไม้เนื้อแข็งเท่านั้น ไม่ว่าจะเป็นไม้แดง ไม้เต็ง หรือไม้มะค่า และเม็ดพลาสติก ที่สามารถรีไซเคิลได้ประเภทพอลิเอทีลีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDPE, high-density polyethylene) เป็นพลาสติกที่ใช้ทำภาชนะพลาสติกแข็งขาวขุ่นเช่น ขวดนม ขวดแชมพู ฝาขวดน้ำ โดยในขั้นตอนการผลิตจะใช้ขี้เลื่อยประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือคือพลาสติกและส่วนผสมทางเคมีอื่นๆ ที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจึงเป็นการนำข้อดีของสองวัตถุดิบหลักมารวมเข้าด้วยกัน ด้วยสูตรเฉพาะจากห้องปฏิบัติการทำให้ได้ทั้งความแข็งแรงทนน้ำทนแดดเหมือนกับพลาสติก รวมถึงมีผิวสัมผัสและกลิ่นหอมของไม้ธรรมชาติปลวกจึงไม่เกิดปัญหาเรื่องปลวก (นงค์นุช, 2557)

2.5 กรรมวิธีการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

1) เตรียมชิ้นไม้ (particle preparation) นำเศษไม้มาทำให้มีขนาดเล็กลง โดยทำการส่งมายังเครื่องสับไม้เพื่อสับเป็นชิ้น โดยให้มีขนาดความหนาประมาณ 0.3-0.5 มิลลิเมตร

2) คัดแยกชิ้นไม้ (screening) ชิ้นไม้สับที่ได้จะผ่านตะแกรงร่อน (screen) เพื่อคัดขนาดตามต้องการซึ่งขนาดที่ใช้ ชิ้นไม้ที่มีขนาดใหญ่เกินไปจะถูกส่งกลับเข้าเครื่องย่อยซ้ำอีกครั้ง สำหรับชิ้นไม้ที่ได้ขนาดก็นำไปเก็บไว้เพื่อนำไปใช้ในกระบวนกานต่อไป

3) อบชิ้นไม้ (drying) สำหรับชิ้นไม้ที่ได้ขนาดจะทำการอบให้แห้ง โดยให้มีความชื้น 3-6 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทำให้มีความเหมาะสมกับการผสมชิ้นไม้กับกาวที่ใช้ยึดเหนี่ยว

4) ชิ้นไม้ที่อบแล้วจะถูกส่งไปผสมกับกาว และขี้ผึ้ง ชิ้นไม้ถูกลำเลียงผ่านเครื่องชั่งน้ำหนักแล้วส่งเข้าเครื่องผสมกาวกับชิ้นไม้ในเวลาเดียวกัน โดยกาวจากเครื่องเตรียมกาวจะส่งไปยังเครื่องผสมกาวกับชิ้นไม้ โดยมีการควบคุมสัดส่วนในการผสมระหว่างกาวกับชิ้นไม้

5) การทำแผ่นชิ้นไม้ (mat formation) ชิ้นไม้ที่ผ่านการผสมกาวแล้วถูกส่งเข้าเครื่องทำแผ่น (forming machine) และโรยลงบนสายพาน (press belt)

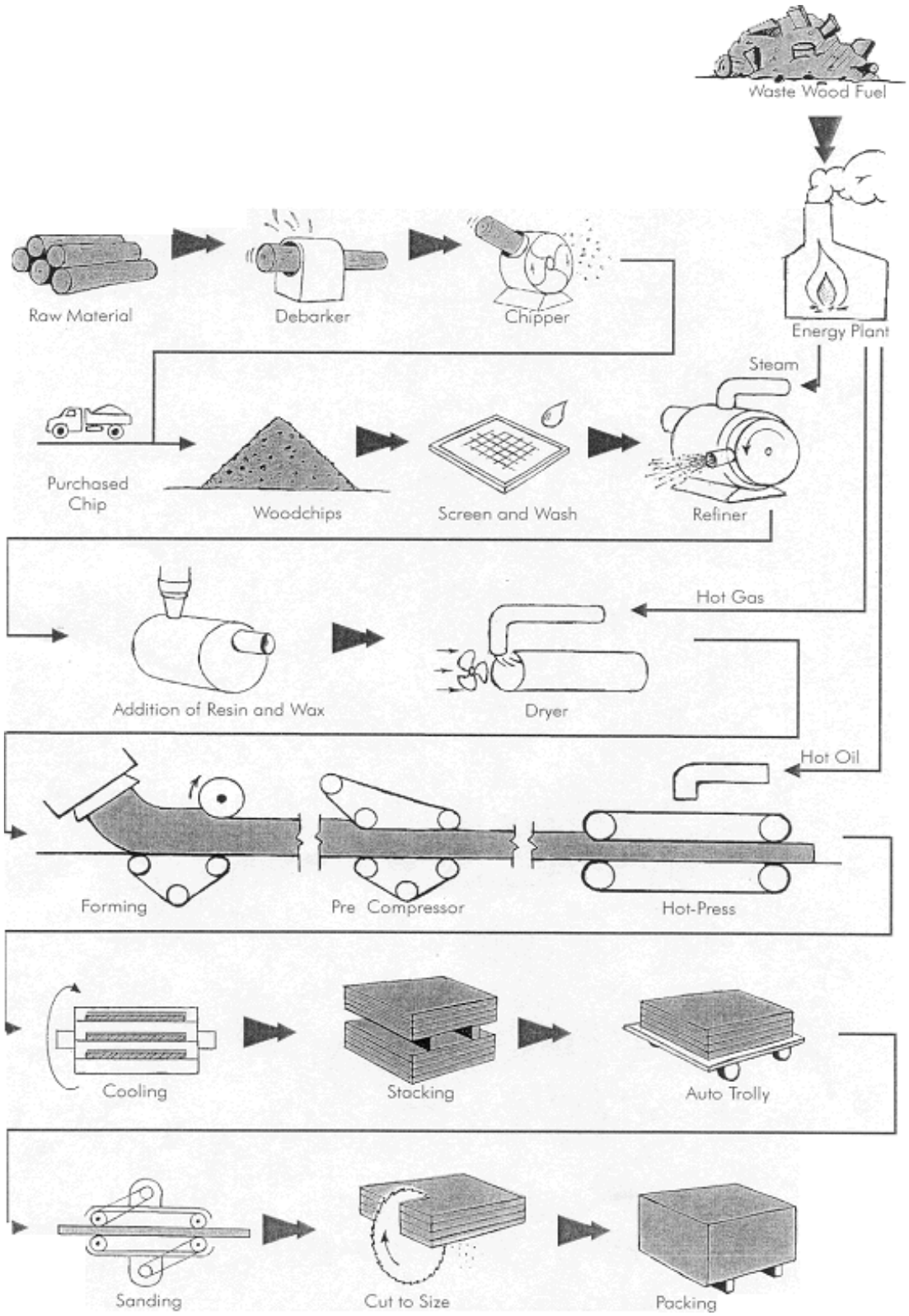
6) การอัดร้อน (hot pressing) ชิ้นไม้ที่ทำขึ้นเป็นแผ่นแล้วจะถูกส่งเข้าเครื่องอัดร้อน (hot press) โดยใช้แรงอัดประมาณ 1-2 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 140-200 องศาเซลเซียส และเวลาในการอัดร้อนประมาณ 10-12 นาที ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่น

7) การผึ่งเย็น (cooling) แผ่นปาร์ติเกิลที่ผ่านการอัดร้อนแล้วจะถูกนำไปคลายร้อน และปรับสภาพของแผ่นบอร์ดให้มีความชื้นสมดุลกับบรรยากาศ

8) การขัดด้วยกระดาษทราย (sanding) ทำการขัดผิวแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ให้เรียบด้วยกระดาษทราย

9) ทำการตัดแต่งโดยทำการตัดขอบ และตัดแบ่งให้ได้ขนาดตามต้องการ

10) บรรจุ (packing) นำแผ่นปาร์ติเกิลที่ตัดแต่งแล้วมาทำการบรรจุ และทำการส่งมอบ สำหรับขั้นตอนในการผลิตดังกล่าวสามารถเขียนเป็นแผนภูมิได้ดัง (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 กระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล

แหล่งที่มา: (มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2556)

2.6 วัสดุประสาน หรือกาวติดไม้

วัสดุประสาน หมายถึงวัสดุที่ใช้ผสมลงไปในวัสดุที่นำออกมาอัดแผ่นเพื่อทำให้วัสดุดังกล่าวเกาะติดกันเป็นก้อนได้ดียิ่งขึ้น วัสดุประสานนั้นต้องมีคุณสมบัติที่ดี คือ ราคาไม่แพง ทนน้ำ มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคสูง และสามารถคลุมพื้นที่ผิวของวัสดุที่บดอัดได้ทั่วถึง ในอดีตใช้กาวที่ทำจากโคลน มูลสัตว์ พัฒนาเป็นกาวจากเล็บเท้าสัตว์ เขา กระดูกสัตว์ กระดูกปลา และกาวพืช พวกแป้ง และกาวหนัง กาวเลือด กาวนม พวกยาง (เรซิน) จากธรรมชาติ เช่น ยางสน (resin) ยางไม้ (gum) และแชล็ค แล้วนำมาละลายในแอลกอฮอล์ใช้แทนกาว และทำเป็นแลคเกอร์ตกแต่งผิวป้องกันผิวจนมาปัจจุบันมีการใช้น้อยลงจนเกือบไม่มีการใช้กาวธรรมชาติแล้ว เพราะมีการผลิตกาวสังเคราะห์ กาวสังเคราะห์แรกๆ เกิดจากการพัฒนากาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ที่เรียกว่า Bakelite กาวสัตว์ต่างๆ มีการใช้จนถึงปี ค.ศ. 1930 เมื่อกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เริ่มถูกพัฒนามาทดแทน หลังจากมีการพัฒนากาวยูเรีย และเมลามินขึ้นก็เกิดการพัฒนากาวเป็นอย่างมาก ที่ใช้สำหรับงานไม้ทุกๆการใช้งาน

2.7 ประเภทของกาวติดไม้

กาวสังเคราะห์ที่ใช้ในงานไม้แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ กาวเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (thermo-setting resins) เป็นกาวที่ได้รับความร้อนจะแปรสภาพเป็นแผ่นแข็งที่ไม่สามารถหลอมละลายได้อีก และ กาวเรซินชนิดอ่อนตัวเมื่อร้อน (thermo-plastic resins) หรือร้อนละลาย (hot-melts) ต้อให้ความร้อน และกลายเป็นสารยึดติดเมื่อเย็นทั้ง 2 ประเภทมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.7.1 กาวเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (thermo-setting resins)

กาวเรซินที่แข็งตัวโดยการทำปฏิกิริยาทางเคมีเกิดเป็น โมเลกุลที่มีโครงสร้างสามมิติ กลายสภาพเป็นของแข็งในเวลา เดียวกันกับเกิดการยึดติดกับไม้ กาวชนิดนี้แบ่งออกได้เป็น 7 กลุ่มคือ

1. กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (UF, urea formaldehyde)

กาวชนิดแรกที่ได้รับการพัฒนาอย่างกว้างขวางซึ่งมีการใช้กันมาร่วม 60 กว่าปีแล้ว เป็นกาวที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เริ่มจากใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกับยูเรีย ให้ความร้อนในส่วนผสมที่เป็นด่างทำให้เกิดเมธิลอลยูเรีย แต่ยังไม่เป็นกาวแล้วต่อไปทำปฏิกิริยาในส่วนผสมที่เป็นกรดแล้วหยุดปฏิกิริยาโดยเติมด่างให้มีสภาพเป็นกลาง แล้วกำจัดน้ำออกจากส่วนผสมมากขึ้น จากการเกิดปฏิกิริยาควบแน่น ได้ส่วนผสมกาวที่เข้มข้น หรือระเหยน้ำต่อไปจนได้เป็นผง โดยนำกาวเข้มข้นไปพ่นผ่านรูเล็กๆ ในปล่องความร้อนที่ให้ความร้อนสูงถึง 200 องศาเซลเซียส กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีการจำหน่ายกันทั้งในสภาพของเหลว และเป็นผง เป็นผงก็จะเป็นทั้งถุงเดี่ยว และชนิด 2 ถุง โดยถุงเดี่ยวก็จะมีการผสมสารเร่งแข็งด้วยหากชนิด 2 ถุง ก็จะแยกเป็นถุงกาวผงยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 1 ถุง อีกถุงหนึ่งก็จะเป็นสารเร่งแข็งที่อาจจะผสมสารอื่นได้ด้วย เช่น แป้งสาลี แป้งอื่นๆ หรือผงดินขาว (kaolin) หรือ

แคลเซียมซัลเฟต สารช่วยให้กาวแข็งตัวจะมีสภาพเป็นกรด ซึ่งจะไปรุกเริ่มให้ปฏิกิริยาทางเคมีเชื่อมตัวทางขวางที่หยุดปฏิกิริยาไว้ขณะทำการสังเคราะห์ การเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ขึ้นโดยมีการให้ความร้อนกับแนวกาวเป็นตัวเร่งให้แข็งตัวยิ่งขึ้น การลดสารฟอร์มัลดีไฮด์ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในการปฏิบัติงานนั้น สามารถทำได้โดยเติมสารอื่น เช่น ยูเรีย เมลามีน แทนนิน โซเดียมไดซัลไฟต์ และกรดอนินทรีย์อย่างอ่อนๆ แต่ก็จะทำให้การคงทนต่อน้ำ และอุณหภูมิที่สูงขึ้นต่ำลง ในการต่อไม้ที่ต้องใช้ในทีมีความชื้น และมีความร้อน กาวเรซินยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ โดยทั่วไปใช้ในการผลิตแผ่นไม้อัด แผ่นปาร์ติเกิล แผ่น MDF แผ่นไส้ไม้ระแนง และมีการนิยม ใช้กันมากในการปิดผิวไม้บางบนงาน เครื่องเรือน แต่ก็ต้องระมัดระวังว่าเป็นกาวที่เหมาะต่อการใช้งานเพียงพอทนทานต่อความชื้นแต่ไม่ต้านทานน้ำ

2. กาวเมลามีน–ฟอร์มัลดีไฮด์ (MF, melamine formaldehyde)

เป็นกาวที่คล้ายคลึงกับกาว UF มีการนำมาใช้หลังกาว UF ประมาณ 20 กว่าปี กาว UF และ MF จะเกิดจากการทำปฏิกิริยาของส่วนอะมิโน (amino) กับสารฟอร์มัลดีไฮด์ภายในสภาวะที่ให้ความร้อนกับสารละลายผสมที่เหมือนกัน แต่ฟอร์มัลดีไฮด์จะทำปฏิกิริยารวดเร็ว และมากกับ MF มากกว่า UF ด้วยเหตุนี้การทำกาว ME จึงมีการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ที่น้อยกว่ากาว UF กาว UF และ MF ใช้สารช่วยให้แข็งตัวที่เหมือนกัน แม้แต่สารเติม และสารเพิ่มก็จะใช้สารเหมือนกัน ลักษณะของกาวจะมีกาวใสเหมือนกันซึ่งก็จะทำให้ได้แนวกาวที่ใสกาว MF จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิที่ทำให้แข็งตัวที่สูงกว่า UF แต่มีความต้านทานน้ำและอุณหภูมิที่สูงได้ดีกว่า ข้อเสียคือราคา MF สูงซึ่งสูงกว่าราคา UF ถึง 4 ถึง 5 เท่า จึงมีการนำมาผสมกับกาว UF เพื่อลดต้นทุนราคาลงเรียกว่า MUF glues ซึ่งคุณสมบัติของกาว MUF ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของการผสมระหว่าง MF และ UF กาวเมลามีนยังมีการใช้ในการต่อไม้ที่ต้องการใช้ชิ้นงานในสภาพที่เปียกชื้นด้วย

3. กาวฟีนอล–ฟอร์มัลดีไฮด์ (PF, phenol formaldehyde)

กาวเรซิน PF มีการผลิตใช้ก่อน UF และ MF เรซินแต่กลับนำเข้ามาใช้ในงานไม้ในราวปี ค.ศ.1930 มีการใช้กันมากในการผลิตแผ่นไม้อัดชนิดใช้งานในทะเล (marine plywood) และ FB และ OSB สำหรับใช้งานในการก่อสร้างกาว PF มี 2 ชนิด คือ รีโซล (resoles) และ โนโวแลค (novolack) ชนิด Resoles เป็นชนิดที่ใช้ในการผลิตแผ่นบอร์ด เช่น ไม้อัด PB MDF Resoles เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์กับฟีนอลในสารละลายด่าง Resoles ต้องใช้อุณหภูมิในการแข็งตัวที่สูง และได้แนวกาวที่มีความต้านทานน้ำ ความร้อน และเชื้อรา ชนิด Novolacs ผลิตสังเคราะห์ขึ้นในสภาวะที่เป็นกรดและมีสัดส่วนของ F ที่ต่ำ หากจะต้องทำให้เป็นกาวอัดร้อนจะใช้ Hexamethylene Tetramine ผสม ส่วนใหญ่ใช้ในงานประดิษฐกรรมไม้เพื่อผลิตชิ้นงานที่พิเศษใช้ผลิต Wafer board ชนิดพิเศษโดยใช้ novolacs และใช้ในการผลิต densified wood densited wood ผลิตโดยการนำไม้บางคล้ายกับการทำไม้อัด แต่แทนที่จะทากาวบนไม้บางระหว่างชั้นไม้บางก็ใช้ไม้บางแช่ impregnate อัดกาวในสารละลายกาว แล้วปล่อยให้ไหลกาวออก แล้วนำมาเรียงประ

กบกันตามความหนาที่ต้องการ แล้วอัดด้วยแรงดันสูงมากเพื่อลดความหนา และได้ไม้เพิ่มความแน่นที่มีสมบัติทนทานต่อการสึกหรอได้ดีมาก

4. กาวฟีนอล-เรซอซินอลฟอร์มัลดีไฮด์ (P-RF, phenol-resorcinol formaldehyde)

ผลิตโดยการเติม resorcinol ผสมในกาว resole ที่ระยะสุดท้ายของการสังเคราะห์เป็นกาวสีน้ำตาลเข้มใช้ในการผลิตคานไม้ประสาน (laminated beams) โดยมีข้อดี 2 ลักษณะ คือ มีความต้านทานน้ำ และมีความไวในการทำปฏิกิริยาซึ่งหมายความว่า สามารถใช้เป็นกาวที่อุณหภูมิต่ำมากๆซึ่งบางครั้งต่ำถึง 5 องศาเซลเซียส ใช้ paraformaldehyde เป็นสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst) และรอยต่อไม้จะแข็งตัวที่อุณหภูมิได้ถึง 70 องศาเซลเซียส ผงไม้ถูกใช้บ่อยๆ ในการปรับปรุงคุณสมบัติการอุดช่องว่างไม้ในการติดไม้แปรรูป

5. กาวแทนนิน (tannin resins)

สารแทนนินเป็นสารฟีนอลประเภทหนึ่งตามธรรมชาติเกิดอยู่ในเนื้อไม้และเปลือกไม้ในปริมาณมาก โดยเฉพาะในเปลือกไม้โอ๊ก และวอตเติล แทนนินทำปฏิกิริยากับ PF resin หลังจากกำจัดสารอื่นแล้ว เช่น น้ำตาล และ gums จากการสกัด การใช้งานกาวแทนนินยังไม่แพร่หลายนักแต่ก็มีการนำไปใช้ในบางประเทศเพื่อผลิต PB และ MDF ซึ่งจะทำให้มีความต้านทานความชื้นได้ดี

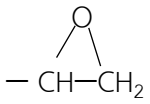
6. กาวไอโซไซยาเนต (isocyanate resins)

แม้ว่าจะถูกใช้เป็น casting resins และตัวกลางของสี (paint media) ตั้งแต่ราว ปี ค.ศ.1950 แต่ทางด้านงานไม้กลับมีการ ใช้กันน้อยมาก หรือไม่ถูกนำมาใช้งานจนถึงปี ค.ศ.1975 ปัจจุบันถูกใช้ในการผลิต PB, MDF และ OSB เมื่อต้องการชิ้นงานที่มีความทนทานสูง ซึ่งจะเกิดการยึดเหนี่ยวทางเคมีกับลิกนิน และเซลลูโลสในไม้ จึงมีการนำมาผสมกับกาว UF เพื่อลดต้นทุนราคาลง เรียกว่า MUF glues ซึ่ง คุณสมบัติของกาว MUF ขึ้นอยู่กับสัดส่วน ของการผสมระหว่าง MF และ UF ยกตัวอย่าง เช่น สัดส่วนการผสมของกาว MF ต่อ UF = 40 : 60 ก็จะช่วยปรับปรุงความต้านทานต่อสภาวะเร่งในการบ่มรุนแรงได้อย่างเห็นได้ชัด กาวเมลามีนมักนิยมใช้ในการผลิตแผ่น PB ที่มีคุณสมบัติพิเศษ โดยเฉพาะการต้านทานต่อความชื้นและสภาพฝนฟ้าอากาศร้อนของแผ่น MDF กาวเมลามีน ยังมีการใช้ในการต่อไม้ที่ต้องการใช้ชิ้นงานในสภาพที่เปียกชื้นด้วย

7. กาวอีพอกซีเรซิน (epoxy resin)

คำว่า “อีพ็อกซีเรซิน” (epoxy resins) ถูกน่ามาใช้กับพรีพอลิเมอร์ (prepolymers) และเรซินที่ถูกอบแล้ว (cured resins) ส่วนที่เป็นพรีพอลิเมอร์จะประ กอบด้วยโครงสร้างทางเคมีที่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาที่เรียกว่าหมู่อีพอกซี (epoxy group) เมื่อเรซินถูกอบหมู่อีพอกซีจะทำปฏิกิริยาจนไม่ปรากฏในพอลิเมอร์แล้ว แต่ยังคงเรียกพอลิเมอร์ที่ได้นี้ว่าอีพ็อกซีเรซิน อีพอกซีเรซินมีราคาค่อนข้างแพงกว่าเรซินอื่นๆ ดังนั้นการใช้พอกซีเรซินทำเป็นผลิตภัณฑ์ จึงถูกเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่

ต้องการเพิ่มมูลค่า อีพ็อกซีเรซินสังเคราะห์ได้เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ.1891 มีการจดสิทธิบัตรในทศวรรษที่ 1930 และนำมาผลิตเชิงพาณิชย์ในราวทศวรรษที่ 1940



ภาพที่ 14 โครงสร้างทางเคมีของหมู่อีพอกซี
แหล่งที่มา: (วารภรณ์, 2549)

เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง bisphenol-A กับ epichlorhydrin ได้เป็นเรซินที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกัน จึงมีคุณสมบัติต่างกันไป สารหลายชนิดสามารถนำมาใช้เป็นสารเร่งแข็ง (สารทำให้แข็งตัว) แต่ที่ใช้กันมาแพร่หลายในปัจจุบัน คือ polyamides อีพอกซีจะแข็งที่อุณหภูมิห้องโดยแรงดันอัดข้อไม้เล็กน้อย มันมีคุณสมบัติในการอุดช่องว่างได้ดี โดยหากใช้ในงานไม้จะใช้อีพอกซีที่เป็นของเหลว มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ และไม่ใส่ตัวทำละลาย อื่นซึ่งจะแข็งตัวโดยปฏิกิริยาแบบรวมตัว (additionreaction) ซึ่งไม่มีการสูญเสียผลผลิตจากปฏิกิริยา หรือมีการสูญเสียปริมาณเพียงเล็กน้อยขณะที่มันแข็งตัว

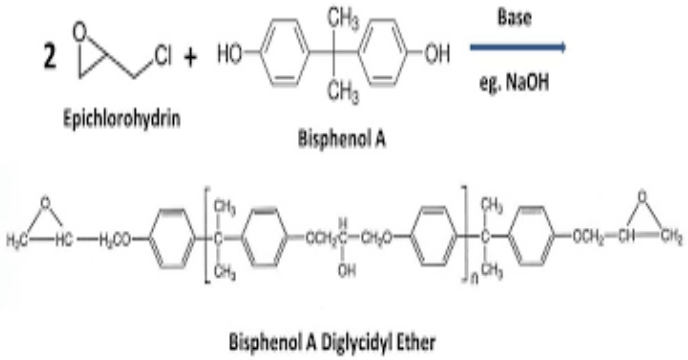
ตารางที่ 2 น้ำหนักโมเลกุล M_n ของ DGEBA แบบอุดมคติ

n	M_n (340+284n)	n	epoxy equivaient weight
0	340	0	170
1	624	1	312
2	908	2	454
10	3180	10	1590

แหล่งที่มา: (วารภรณ์, 2549)

โครงสร้างของอีพอกซีเรซินจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนโดยส่วนที่แรกจะเป็นส่วนที่มีหมู่อีพอกซีอยู่ที่ปลายขณะที่ส่วนที่ 2 เป็นส่วนที่เรียกว่า ไดอะมีน (diamine) ปรกติแล้วค่า n ของอีพอกซีจะมีค่าสูงสุดที่ 25 ในกรณีหมู่ที่ปลายทั้ง 2 ข้างเป็นหมู่อิพอกซีจะเรียกพอลิเมอร์ชนิดนี้ว่า ได้อีพอกซี (diepoxy) ซึ่งจะมีสมบัติเป็นสารยึดติดที่ดีมาก อย่างไรก็ตามถ้าค่า n ของไดอีพอกซีมีค่าเท่ากับ 25 จะส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ลักษณะแข็ง ณ อุณหภูมิห้อง และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นจะสามารถทำให้

ไดอิพอกซีเกิดการหลอมตัวส่วนที่ 2 คือ ไดอะมิน เป็นส่วนที่เมื่อเกิดปฏิกิริยากับไดอิพอกซีจะทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโยงสายโซ่ของไดอีพอกซีเข้าด้วยกัน ซึ่งส่งผลให้ได้พอลิเมอร์จาพวกเทอร์โมเซ็ตติงนั้นเอง สำหรับประโยชน์ของอีพอกซีเรซิน จะนำไปใช้ในการทำสารยึดติดกาว สารเคลือบผิวต่างๆ ที่ใช้เป็นส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้า เป็นต้น (อุตรา, 2560)



ภาพที่ 15 โครงสร้างทางเคมี และการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง bisphenol A และ epichlorohydrin
แหล่งที่มา : (Robert, 2013)

การที่จะให้อีพอกซีเรซินแข็งตัวเป็นดังร่างแหสามมิตินั้น จำเป็นต้องใช้สารทำให้แข็ง (สารเชื่อมโยงโมเลกุล) ซึ่งมีชื่อเรียกได้หลายอย่าง hardener, crosslinker, crosslinking agent, และ curing agent สารเหล่านี้จะช่วยให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล ระหว่างการอบสามารถเกิดได้ทั้งการเกิดโฮโมพอลิเมอร์ดรเชชัน หรือโคพอลิเมอรไรเชชัน หรือโพลิแอดดิชัน ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับชิดของสารเชื่อมโยงโมเลกุล หรือสารทำให้แข็ง สารเชื่อมโยงโมเลกุลสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภทได้แก่

- สารเชื่อมโยงโมเลกุลชนิดที่ประกอบด้วยไนโตรเจน
- สารเชื่อมโยงโมเลกุลชนิดที่ประกอบด้วยออกซิเจน
- สารเชื่อมโยงโมเลกุลชนิดที่ประกอบด้วยซันเฟอร์
- สารเชื่อมโยงโมเลกุลชนิดอื่นๆ (วารภรณ์, 2549)

8. อีพอกซีที่ใช้การทดลองครั้งนี้

เป็นอีพอกซีหล่อใส 350 เป็นอีพอกซีเรซิน 2 ส่วน (A และ B) มีคุณสมบัติพิเศษที่ต้านทานความชื้นได้ดีกว่าอีพอกซีทั่วไป อีพอกซีหล่อใส 350 มีลักษณะเป็นของเหลวใสคล้ายน้ำ มีกลิ่นอ่อนขณะทำงาน เมื่อผสมเข้าด้วยกันแล้วจะทำปฏิกิริยาเกิดความร้อนขึ้นจนเริ่มเซ็ตตัว และแข็งตัวเป็นของแข็ง มีความแข็งทนทาน เหนียว ไม่เปราะ สามาถใช้งานเพื่อการเทหล่อลงพื้นผิว หรือแม่

พิมพ์ต่างๆได้ดี สามารถขัดแต่งเจาะ เคลือบ หรือทำสีได้ โดยอัตราส่วน 10:3 โดยน้ำหนักระยะเวลาเซ็ตตัว (working time) 160 นาที ระยะเวลาการแห้ง 8-12 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับความหนาของชิ้นงานและปริมาณการใช้งาน นิยมนำไปใช้ในงานหล่อที่มีความหนา กระจกเทียม น้ำเทียม แท่งโคมไฟ ถ้วย ซาม แจกัน หล่อ-เฟอร์นิเจอร์ โต๊ะ เก้าอี้ ไม้ สตาฟ ซากพืช-สัตว์

ตารางที่ 3 ข้อมูลทั่วไปของอีพอกซี 350 A และ B

สี	ใส ชัดเจน
ความหนาแน่น	A: 1.06 kg/Lt ± 0.2 B: 1.02 kg/Lt ± 0.2
ส่วนผสมความหนาแน่น (A+B)	1.06 ± 0.2
จุดวาบไฟ	180 องศาเซลเซียส
สัดส่วนส่วนผสม	100 gr A, 50grB
เต็มกำลัง	7 วัน
ความทนต่ออุณหภูมิ	(- 20 ถึง +60 องศาเซลเซียส)
ส่วนผสม	2 หน่วยส่วนประกอบ A, 1 หน่วยส่วนประกอบ B (ตามน้ำหนัก) 2 หน่วยส่วนประกอบ A, 1 หน่วยส่วนประกอบ B (ตามปริมาตร)
การบรรจุ	ชุด 15 กิโลกรัม
อายุการเก็บรักษา	12 เดือนในแพ็คเกจเดิมที่ยังไม่ได้เปิด ควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 5 องศาเซลเซียส

แหล่งที่มา : (teknoyapi.com.tr, 2017)

การใช้งานอีพอกซีหล่อใส 350 มีดังต่อไปนี้

1) เตรียมแม่พิมพ์ และอุปกรณ์ให้พร้อมก่อนเริ่มผสมอีพอกซี

- พื้นผิว ที่เตรียมไว้เพื่อหล่อทับ ควรสะอาด และแห้งสนิทไม่ปนเปื้อนสารเคมีอื่นๆ
- แม่พิมพ์ อาจจะเป็นยางซิลิโคน เรซินไฟเบอร์กลาส โลหะ พลาสติก ยางพารา ควรสะอาดและสมบูรณ์ไม่มีตำหนิ
- อุณหภูมิโดยรอบพื้นที่ทำงานมีผลต่อการทำปฏิกิริยาของเรซิ่น ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานอยู่ที่ 28-30 องศาเซลเซียส
- กันติดผิวแม่พิมพ์ แม่พิมพ์ หรือพื้นผิวที่ต้องการเทอีพอกซีลงไป ควรใช้สารกันติดทาบนชิ้นงานก่อนเช่น แว๊กซ์ถอดแบบ
- อุปกรณ์ ตรวจสอบอุปกรณ์ก่อนการผสมอีพอกซี เพื่อความพร้อมก่อนขั้นตอนการเทหล่อที่มีเวลาจำกัด

- ภาชนะผสม เลือกภาชนะที่เพียงพอต่อปริมาณอีพอกซีที่จะผสม ภาชนะต้องไม่เปียกชื้นและสะอาด
- ตาชั่ง เลือกใช้ตาชั่งดิจิตอล สามารถหักน้ำหนักภาชนะได้ แสดงผลน้ำหนักเป็นทศนิยมได้ และเมื่อใช้ผสมควรใช้ตาชั่งตัวเดียวกันตลอดการทำงาน
- ไม้กวนผสม จำเป็นที่ต้องใช้ไม้กวนแบนๆ เพื่อการกวาด กวนได้ทั่วถึงกว่า เช่นไม้ไอติม ไม้พายเป็นต้นห้ามใช้ไม้คนทรงเรียวกลม เช่น ตะเกียบ หรือด้ามพู่กัน
- ผ้าเช็ด ใช้เศษผ้าชนิดใช้แล้วทิ้ง สีไม่ตก สามารถเช็ดแล้วทิ้งได้เลย เพราะเมื่อเช็ดสารเคมี ไม่ควรนำกลับมาใช้ใหม่
- น้ำยาล้าง อะซีโตน สำหรับเช็ดล้างอุปกรณ์ และเช็ดทำความสะอาดมือได้อาจใช้สบู่หรือผงซักฟอกทำความสะอาดตามได้
- อุปกรณ์ป้องกัน ควรใช้ ผ้าปิดจมูก หน้ากาก ผ้ากันเปื้อน ถุงมือ ป้องกันร่างกายขณะทำงานเรซิน
- อุปกรณ์เสริม เครื่องแวคคั่มสำหรับดูดฟองอากาศ หัวพ่นไฟไล่ฟองบนผิวงาน
- สามารถใช้ไฟแช็กหรือหัวพ่นไฟบนงานอีพอกซีได้ เพื่อไล่ฟองอากาศบนผิวงาน ควรทิ้งระยะห่างไม่ให้เปลวไฟโดนเนื้อ

2) การผสม

หากมีสารเคมีปรุงแต่ง สี หรือสารเพิ่มเนื้อ ควรผสมลงอีพอกซี A ก่อน แล้วกวนเข้ากันให้เป็นเนื้อเดียว จากนั้นพักทิ้งไว้ 2-3 ชั่วโมงเพื่อให้ฟองอากาศขึ้นให้หมดก่อน ชั่งน้ำหนักผสม B ตามอัตราส่วน การกวนผสมควรใช้ไม้กวนแบนๆ คนให้ทั่วภาชนะผสมอย่างเบาๆ เป็นเวลาอย่างน้อย 3 นาที ไม่ควรใช้การกวนแรงๆ หรือเครื่องปั่นแรงๆจะทำให้เป็นการตีฟองอากาศไปในตัว หากมีเครื่องแวคคั่ม (เครื่องดูดอากาศ) สามารถแวคคั่มหลังจากการคนผสมทั้ง 2 ส่วนเข้าด้วยกัน ระยะเวลาการแวคคั่มขึ้นอยู่กับปริมาณการผสมแต่ละครั้ง โดยสังเกตุการดันตัวของอากาศในเนื้ออีพอกซีที่น้อยลงและเกือบหมดก็ต่อเมื่อเนื้อฟองไม่ดันตัวสูงเหมือนเดิมขณะแวคคั่ม และไม่ควรปรับเพิ่ม หรือลดส่วน B น้อยกว่าอัตราส่วนที่กำหนด

3) การถอดอีพอกซีที่แข็งตัวแล้วออกจากแม่พิมพ์

ทั้งนี้ควรทิ้งอีพอกซีเรซินให้เซ็ตตัวเกิน 24 เซ็นติเมตร เพื่อการทำปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ก่อนที่จะนำไป ใช้งานหรือทำงานต่อก่อน 24 ชม อีพอกซีอาจเซ็ตตัวเป็นของแข็งแล้ว แต่ผิวอาจมีความเหนียว เมื่อไปจับโดนอาจเกิดเป็นรอยติดที่ผิวงานได้ หรือชิ้นงานภายในความแข็งอาจไม่ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้รูปร่างงานผิดเพี้ยนจากความเป็นจริงได้หลังจากอีพอกซีเซ็ตตัวสมบูรณ์

2.7.2 กาวเรซินชนิดอ่อนตัวเมื่อร้อน (thermo-plastic resins)

1. กาวเรซินโพลีไวนิลอาซีเตต (PVAC resin)

กาวเรซินโพลีไวนิลอาซีเตตนี้ โดยปกติใช้อยู่ในรูปอิมัลชัน แม้ว่าจะแข็งตัวโดยการใช้ความร้อนบ้างแต่ก็จะยังคงอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงๆ มันสามารถถูกปรับปรุงให้มีความหนืดสูงหรือต่ำแข็งหรืออ่อนหยุ่นได้ (rigidify or flexibility) และให้ย้อมสีหรือใส่รงควัตถุเพื่อให้เกิดสีอะไรก็ได้เป็นกาวที่มี 2 แบบที่ใช้ในงานไม้คือ

1) แบบโฮโมโพลีเมอร์ ซึ่งจะอ่อนตัวทันทีเมื่อได้รับความร้อน

2) แบบโค-โพลีเมอร์ ซึ่งจะมีการใช้สารเร่ง (catalyst) เพื่อการยึดเหนี่ยวทำให้มีความต้านทานน้ำ และความร้อนดีขึ้น

แป้งข้าวโพด หรือแป้งชนิดอื่น สามารถเติมลงไปผสมเพื่อเพิ่มความหนืด และป้องกันให้กาวเยิ้มออกจากข้อต่อหรือผ่านทะลุ pores ของไม้บางออกมาสารเติมจำพวกแร่ธาตุ (mineral flers) ก็อาจใช้กันแต่ต้องระมัดระวังอย่าให้โดน หรือใช้กับวัสดุที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งมันจะลดการแข็งตัวของกาวไปการผสมเกลือโลหะ (metallic salts) เช่น โครเมียมหรืออลูมิเนียมไนเตรท จะปรับปรุงให้การต้านทานน้ำดีขึ้น แต่ก็จะทำให้อายุการใช้งานของกาว (pot life) สั้นลงการเติม UF และ MF และไอโซไซยาเนตเรซินก็จะช่วยปรับปรุงสมบัติของกาวได้ กาว PVAC ใช้กันแพร่หลายสำหรับการติดไม้บาง การติดกระดาษ และ PVC foils กับ แผ่น PB, hardboard และ MDF และสำหรับการประกอบ ตู้ โต๊ะ เป็นต้น

2. กาวระบบร้อนเหลว (hot-melt systems) มี 4 ชนิดดังนี้

1) กาวร้อนเหลวชนิด (EVA hot-melts)

กาว ethylene vinyl acetate เป็นส่วนผสมของ EVA resin (ซึ่งเป็นตัวหลักในการเกิดการยึดติด, adhesion และการแตะติด tack) และตัวอุดพวกแร่ธาตุ (mineral filler) เพื่อเป็นตัวเสริมการยึดจับ cohesion และอุดรูของกาวและยังช่วยลดต้นทุนด้วย นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมของขี้ผึ้งเล็กน้อยเพื่อควบคุมระยะเวลาการเปิดและอัตราเร่งการแข็งตัว และยังมี anti–oxidant เพื่อใช้ลดแนวโน้มการเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ในหม้อต้มกาวที่ร้อนการผลิตเริ่มโดยการใส่เรซิน สารเติม (filter), สารแอนติออกซิเดนต์ลงในเครื่องผสมแบบ Z-blade ที่ร้อน ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้บด และตัดเรซินร้อน ให้แน่ใจว่าผสมได้ทั่วถึงสมบูรณ์ทันทีที่ส่วนผสมเข้ากันได้ดี ส่วนผสมอื่นที่เหลือถูกเติมและผสมคลุกต่อไปอีก 30 นาที หลังจากนั้นส่วนผสมทั้งหมดจะถูกเทสู่โต๊ะเย็นที่จัดทำขึ้นให้กาวแข็งตัวก่อนจะทำการตัดเป็นเม็ดๆ หรืออัดรีด (extrude) ออกมาเป็นเม็ดหรือรูปร่างต่างๆ ตามขนาดต้องการรูปร่างของกาวเป็นสิ่งสำคัญมากในการนำไปใช้เพื่อให้แน่ใจว่าได้รับความร้อน ที่เร็วในการทากาวสำหรับการติดขอบ (edge-bander) โดยปราศจากการเกิด การเสื่อมสภาพของกาวจากปฏิกิริยา

ออกซิเดชัน เม็ดกาวมักจะถูกเคลือบด้วยแป้ง talc เพื่อ ป้องกันการจับเป็นก้อนในถุง เครื่องอัดรีด (extruders) มีการใช้สำหรับการผสมด้วยเหมือนกัน และสามารถผลิต กาวในลักษณะต่อเนื่อง ซึ่งช่วยให้สามารถทำเป็นเม็ดๆได้ง่ายขึ้น อย่างไรก็ตามเครื่องอัดรีดก็ไม่ใช่ว่าจะประสบผลสำเร็จเสมอไป เนื่องจากการผสมไม่ละเอียด เหมือน Z-blade Mixer และเป็นการดี ในการเริ่มต้น หรือเปิดเครื่องสำหรับ z-blade หรือ blender อื่น โครงสร้างพื้นฐานของ EVA polymer อาจจะมีปริมาณ vinyl acetate สูง ปานกลาง ต่ำหากมี acetate ในปริมาณสูงจะทำให้มีคุณสมบัติเกิดการยึดเหนี่ยวเข้ากันได้ดีกับสารเติมอื่น มี longer open time (ระยะเวลาก่อนประกบได้นานขึ้น) มีความต้านทานความร้อนจะต่ำ ละลายในตัวทำละลายได้มากขึ้น กาวร้อนเหลว EVA นี้ นิยมใช้กันมากถึงร้อยละ 80 ในการติดแถบขอบ และก็มีการใช้กันบ้างในการประกบติดไม้ โดยเฉพาะในการใช้ระบบกาวคู่ร่วมกับกาว PVAC ในระบบนี้กาวร้อนเหลวจะใช้เพื่อยึดข้อต่อ หรือส่วนที่ต้องการเชื่อมยึด ในขณะที่กาว PVAC แข็งตัว และเป็นแรงยึดเหนี่ยวหลัก

2) กาวโพลีเอไมด์ (polyamide resins)

มีการใช้ในปริมาณน้อย ส่วนใหญ่สำหรับการติดขอบที่ต้องการความต้านทานสูงต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้นคล้ายไนลอนและเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันโพลีเมอร์ที่เป็นกรดไขมัน (faty acid polymers) กับ เดอะมีน (diamine) ลำบากต่อการนำมาใช้งาน เนื่องจากจุดหลอมเหลวของมันจะสูงมาก และง่ายต่อการ oxidat ซึ่งสามารถทำให้ สมบัติการยึดติดเสียไป ดังนั้น บางครั้งจึงมีการใช้เครื่องทากาวที่ปิดอยู่ในก๊าซในโตรเจน กาวโพลีเอไมด์มีการใช้ใน USA สำหรับการติดขอบแต่จะไม่แพร่หลายในที่อื่น เนื่องจากมีราคาแพงกว่า EVA และโพลียูรีเทนหลายเท่าตัว

3) กาวโพลีโอลีไฟน์ (polyolefines)

ใช้กันไม่แพร่หลายนักในอุตสาหกรรมไม้เนื่องจากสมบัติการยึดติดยังไม่เด่น แต่สำหรับการติดแถบขอบแล้ว กาวโพลีโอลีไฟน์ เป็นตัวกลางของการต้านทานความร้อน ระหว่างการใช้ EVA และกาวโพลีเอไมด์ และยังมีราคาที่พอรับได้ กาวนี้เป็นส่วนผสมของ polypropylene, polyethylene และเรซินอื่นคล้ายกับ isobutyl-isoprene rubber เพื่อทำให้เกิดการแตะติด (tack) มีลักษณะการหลอมเหลวที่ดีกว่า โพลีเอไมด์มีความแข็งแรงการยึดเหนี่ยวที่ดี และมีพิกัดของการหลอมเหลวแคบกว่าซึ่งจะช่วยให้การแข็งตัวเร็วขึ้น แต่สมบัติการเป็นกาวด้อยกว่าเมื่อใช้กับพื้นผิวที่ราบเรียบอย่างเช่น PVC

4) กาวเรซินโพลียูรีเทน (polyurethane resins)

กาวเรซินร้อนเหลวโพลียูรีเทน (polyurethane hot melt resins) ที่ใช้ในการติดแถบขอบจะ มีลักษณะการใช้งานและผลิตภัณฑ์คล้าย กับกาวร้อนเหลวเดิม แต่จะทำปฏิกิริยากับ

ความชื้นในอากาศ และวัสดุที่ต้องการติดเกิดเป็นแนวกาวที่มีสมบัติคล้ายกับการเกิดจากกาวชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (thermo-setting resins) กาวเรซินโพลียูรีเทนทำจากการทำปฏิกิริยาไดโอล (diole) กับไดโอโซไซยาเนต (disocyanate) เกิดเป็นโครงสร้างร่างแห ที่มีหมู่ว่องไวสูงที่จะทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลต่อไป การใช้งานจะใช้งานที่อุณหภูมิต่ำกว่า EVA เรซิน คือ ประมาณ 100 ถึง 140 องศาเซลเซียส ต้องป้องกันความชื้นในการเก็บ และระหว่างการใช้ ซึ่งอาจจะต้องใช้อุปกรณ์ปิดที่มีก๊าซ ไนโตรเจน การใช้กาวนี้จะใช้เฉพาะที่ต้องการใช้งานที่มีการยืดเหนี่ยวสูง เช่น เมื่อต้องการติดกาวตรงรอยแผลของประตูกันไฟ มีราคาสูงประมาณมากกว่า 6 เท่าของ EVA แต่ก็คุ้มค่าหากใช้งานที่มีประสิทธิภาพสูงมีอยู่กรณีหนึ่งที่ใช้ติดแถบขอบโดยไม่ใช้ nitrogen blanket ซึ่งเครื่องจ่ายกาวจะร้อนเหลวบนผิวที่จะติดกาวทันทีที่แผ่นถูกทากาวแล้ว ด้านหน้าของเครื่องจ่ายกาวจะปิดโดยมีแผ่นเลื่อนมาปิดเพื่อป้องกันกาวจากการสัมผัสกับอากาศหรือความชื้น (วรธรรม, 2555)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทัศนีย์ (2548) ได้ทำการศึกษาสมบัติกายภาพ และเชิงความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตขึ้นจากทะลายปาล์มน้ำมัน โดยกระบวนการผลิตได้ผสมเส้นใยจากทะลายปาล์มน้ำมันกับสารยึดติด MDI (methylene diphenyl diisocyanate) ร้อยละ5 และ 7 โดยน้ำหนักของชั้นปาร์ติเกิลแห้งทำการอัดร้อนโดยใช้แรงอัด 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 4 นาที ศึกษาสมบัติเชิงกายภาพ และสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน มอก. 876-2532 และสมบัติเชิงการนำความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C 177 ค่าความหนาแน่นระหว่าง 400-800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่า ความชื้นของแผ่นปาร์ติเกิลที่ผสม MDI ร้อยละ 5 และ 7 มีค่าร้อยละ 7.446 และ 7.316 ตามลำดับ ดีกว่ามาตรฐาน เมื่อแช่น้ำพบว่า ค่าการดูดซึมน้ำ และการพองตัวมีค่าลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณสานยึดติด MDI ค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวของชิ้นงานจากการผสม MDI มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ในขณะที่ค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่นไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของการผสมกาว MDI ร้อยละ 7 ให้ค่าเท่ากับ 0.1111 และ 0.1002 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ตามลำดับ ผลการทดสอบชี้ให้เห็นว่า แผ่นปาร์ติเกิลจากทะลายปาล์มที่ผลิตขึ้นเมื่อพิจารณาสมบัติเชิงกายภาพ และสมบัติเชิงความร้อนสามารถใช้เป็นแผ่นปาร์ติเกิลความหนาแน่นปานกลางได้

พนุชศดี (2559) ได้ทำการศึกษาชนิด และปริมาณของกาวที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดตลอดจนการทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพ และเชิงกลตาม มอก. 876-2547 โดยเปรียบเทียบกาว 2 ชนิดคือ กาวไอโอไซยาเนตชนิด polymeric diphenylmethane diisocyanate ปริมาณร้อยละ 3, 5 และ 7 และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ปริมาณร้อยละ 8, 10 และ 12 ของน้ำหนักชิ้นไม้อบแห้ง ผลการ

ศึกษาพบว่า ชนิด และปริมาณของกาวที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดคือ แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวไอโซไซยาเนตชนิด PMDI ในปริมาณร้อยละ 7 ของน้ำหนักชิ้นไม้อบแห้ง โดยให้ค่าคุณสมบัติเชิงกลได้แก่ ค่าความต้านทานแรงดัด ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น และค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงสุดเท่ากับ 17.14, 1,880.89 และ 0.86 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นค่าที่ผ่านมาตรฐาน มอก. 876-2547

ทศพร (2559) ทำการศึกษาอัตราส่วนการผลิตชิ้นไม้อัดจากต้นธูปฤาษี 12 สูตร โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮเป็นวัสดุประสาน ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำเอาแผ่นชิ้นไม้อัดออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 7 วัน แล้วนำไปทดสอบทางกายภาพและความชื้น ผลการวิจัยพบแผ่นชิ้นไม้อัดในอัตราส่วนต้นธูปฤาษี : กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮ : ฟาราฟินอีมัลซัน 50:75:10 มีความต้านทานแรงดัด 15 เมกะพาสคัล ความต้านมานแรงดึง 5.75 เมกะพาสคัล และค่าการดูดซึมความชื้นร้อยละ 4.97 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบเหมาะสมที่จะนำมาทำผลิตภัณฑ์สำหรับงานประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ และความพึงพอใจของผู้บริโภคจากแผ่นปาร์ติเกิลอยู่ในระดับดีมากมีค่าเฉลี่ย 3.96

นงค์นุช (2557) ศึกษาเกี่ยวกับการทำไม้อัดจากเศษขี้เลื่อยโดยใช้ผลผลิตจากครั่งเป็นตัวประสาน และกำหนดอัตราส่วนผสมกันที่แตกต่างกันระหว่างเศษขี้เลื่อยไม้แดงกับผลผลิตจากครั่ง การทดลองครั้งนี้ใช้เชลแล็กผสมกับแอลกอฮอล์ 100 คือ ร้อยละ 5, 10, 15, 20, 30 และ 40 ผลการวิจัยพบว่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้คืออัตราส่วนผสมแชลแลคที่ร้อยละ 20, 30 และ40 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติเหมาะสมอยู่ในช่วงเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.966-2547 เป็นวัสดุที่สามารถนำไปใช้ทดแทนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ และการตกแต่งภายใน

Ittihadul.et al., (2014) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และเชิงกลของแผ่นไม้อัดฟางข้าว (*Oryza Sativa* L.) แผ่นไม้อัดถูกสร้างขึ้นในสองสภาวะคือ แผ่นใยไม้อัดฟางข้าวที่ไม่ปรับสภาพ และแผ่นไม้อัดฟางข้าวที่ปรับสภาพด้วยน้ำร้อน และใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดฟางข้าวที่ไม่ปรับสภาพ และแผ่นไม้อัดฟางข้าวที่ปรับสภาพด้วยน้ำร้อนมีค่าเท่ากับ 0.79 และ0.91 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าความต้านทานแรงดัด (MOR) ของแผ่นใยไม้อัดฟางข้าวที่ไม่ปรับสภาพมีค่าเท่ากับ 13.15 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และแผ่นใยไม้อัดฟางข้าวที่ปรับสภาพด้วยน้ำร้อน มีค่าเท่ากับ 25.59 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร มอดูลัสของการยืดหยุ่น (MOE) ของแผ่นไม้อัดฟางข้าวที่ไม่ปรับสภาพมีค่าเท่ากับ 386,57 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร แต่แผ่นไม้อัดฟางข้าวที่ปรับสภาพด้วยน้ำร้อนมีค่าเท่ากับ 1,044.31 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร การศึกษานี้ พบว่า แผ่น

ใยไม้อัดฟางข้าวที่ปรับสภาพด้วยน้ำร้อน มีคุณสมบัติที่ทดสอบทั้งหมดดีกว่าแผ่นไม้อัดที่ไม่ปรับสภาพ ยกเว้นปริมาณความชื้น

จักริน (2546) ได้ศึกษาการออกแบบวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมขี้เลื่อยไม้ และพีวีซีในกระบวนการอัดรีด ได้ทำการผลิตในอัตราส่วนของขี้เลื่อยที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0–41.2 โดยน้ำหนัก ผลการศึกษา พบว่า มอดูลัสยืดหยุ่น ความต้านทานแรงดัด และความต้านทานแรงกระแทกมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณขี้เลื่อยไม้เพิ่มขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์การยืดตัว และความต้านทานโค้งงอมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มขี้เลื่อยไม้ แต่ไม่มีผลอย่างเป็นนัยสำคัญกับปริมาณขี้เลื่อยไม้ที่เพิ่มขึ้น และพบว่าอัตราส่วนของขี้เลื่อยไม้ที่ร้อยละ 33.3 โดยน้ำหนักเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการทำการผลิต จากนั้นทำการศึกษาอิทธิพลของสารช่วยขึ้นรูป (processing aids) สารหล่อลื่น (lubricants) ที่เติมลงในวัสดุผสม PVC กับ ขี้เลื่อยไม้ โดยใช้อัตราส่วนของขี้เลื่อยไม้ที่ร้อยละ 33.3 โดยน้ำหนัก พบว่า ค่าแรงบิดขณะผสม ค่าความเค้นเฉือน และปริมาณการบวมตัวเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารช่วยขึ้นรูป โดยในงานวิจัยนี้พบว่าสารช่วยผลิตชนิด PA-20 มีประสิทธิภาพในการช่วยผลิตดีกว่าสารช่วยผลิตชนิด K120 และ K130 เนื่องจากสามารถช่วยให้มีการหลอมตัวได้ดี โดยพิจารณาจากแรงบิดขณะผสมซึ่ง PA-20 มีค่าแรงบิดสูงกว่า K120 และ K130 และเมื่อเติมสารช่วยผลิตและสารหล่อลื่นลงในวัสดุผสมทำให้สมบัติทางความร้อนสูงขึ้น มีอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว และอุณหภูมิเริ่มการสลายตัวสูงขึ้น ในการผลิตสามารถทำการผลิตผลิตภัณฑ์ PVC กับขี้เลื่อยไม้ในกระบวนการอัดรีดได้ในเชิงอุตสาหกรรมโดยบริษัท วี.พี.วุดจำกัด ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสวยงาม และมีลักษณะคล้ายไม้จริงในธรรมชาติ

สิริชัย และคณะ (2556) ได้ศึกษาการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากใบสนทะเลเพื่อเพิ่มมูลค่าจากขยะธรรมชาติ โดยทำการผลิตไม้อัดที่ความหนาแน่น 600 และ 700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความหนาของแผ่น 10 มิลลิเมตร ความชื้นของใบสนทะเลก่อนผสมกาวอยู่ที่ร้อยละ 3-5 และปริมาณกาวที่ใช้ต่อน้ำหนักของเส้นใยใบสนทะเลแห้งร้อยละ 12 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและสมบัติต่าง ๆ ของไม้อัดจากใบสนทะเลพบว่า ค่าการดูดซึมน้ำ ความหนาแน่น และปริมาณความชื้น การพองตัวตามความหนา ค่าความต้านทานแรงดัด ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น และค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547

นิตยา (2552) ได้ทำการวิจัยการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกลับมาใช้ใหม่กรณีศึกษาฟางข้าว และเปลือกข้าวโพดมาผลิตแผ่นผนังเบาในงานก่อสร้าง โดยใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮร้อยละ 13 ใช้การอัดร้อนอุณภูมิ 120 องศาเซลเซียส ด้วยความดัน 150 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เป็นเวลา 9 นาที มีความหนาแน่นที่ 400 และ 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศ์เมตร โดยน้ำหนักแห้งเพื่อศึกษาสมบัติเชิงความร้อนทดสอบมาตรฐาน ASTM 177 สมบัติเชิงกายภาพและเชิงกล JIS A 5908:2003 ผลการศึกษาเห็นว่าแผ่นผนังเบาที่ใช้ฟางข้าวและเปลือกข้าวโพด จัดเป็นแผ่นผนังเบาที่ดีประเภทหนึ่ง

ซึ่งพิจารณาจากวัสดุที่ได้จากการทดสอบปรากฏว่า วัสดุจากเปลือกข้าวโพดความหนาแน่นที่ 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศ์เมตร มีคุณสมบัติที่ดีในเรื่องการดูดซึมน้ำที่น้อยค่าที่ได้ 61 (แช่น้ำ 1 ชั่วโมง) 104.93 (แช่น้ำ 24 ชั่วโมง) ค่าแรงดึงยึดเหนี่ยวที่ได้ 0.16 เมกะพาสคัล ค่าความหนาแน่น 622.09 กิโลกรัมต่อลูกบาศ์เมตร และค่าความชื้นร้อยละ 10.54 ปริมาณกาวสังเคราะห์ร้อยละ 13 มีสมบัติตามมาตรฐาน JIS A 5908:2003 และ มอก. 876-2547

วัลยุทธ และคณะ (2557) ได้ศึกษาการยึดแน่นผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยูคาลิปตัสยูโรฟิลลาการวิจัยนี้ใช้ไม้ยูคาลิปตัสยูโรฟิลลา (*Eucalyptus urophylla*) เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง โดยมีสภาวะในการทดลองดังนี้ การปรับสภาพก่อนอัดร้อน มี 2 ระดับคือ พ่นน้ำ และไม่พ่นน้ำที่ผิวหน้า อุณหภูมิในการอัดร้อน 3 ระดับคือ 160, 180 และ 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการอัดร้อน 2 ระดับคือ 5 นาที และ 7 นาที แผนที่ผลิตได้นำไปทดสอบคุณลักษณะตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 และ JIS A 5906-1994 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสมบัติด้านต่างๆ สรุปได้ว่า หากต้องการให้แผ่นมีการยึดแน่นของผิวหน้าที่แข็งแรงควรทำการปรับสภาพก่อนการอัดร้อนโดยการพ่นน้ำที่ผิวหน้า ส่วนสภาวะในการอัดร้อนที่เหมาะสมคือ 180 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที เนื่องจากมีสมบัติผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานมอก. 966-2547 JIS A 5906-1994 และ EN 311-2002 กำหนด ยกเว้นค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547

อนุวัตร (2554) ได้ศึกษาแผ่นไม้อัดจากผงขี้เลื่อยไม้ยางพาราผสมพลาสติกรีไซเคิลโดยใช้น้ำยางธรรมชาติคอมปาว์ตเป็นตัวประสานพลาสติกรีไซเคิลเตรียมได้โดยการนำขยะประเภทถุงพลาสติกชนิดต่างๆ โดยไม่มีการแยกประเภทและชนิดของพลาสติกมาหล่อมผ่านเครื่องอัดรีดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาบดต่อให้มีขนาดเล็กด้วยเครื่องบดพลาสติก จากนั้นนำพลาสติกรีไซเคิลที่เตรียมไว้ไปผสมกับผงขี้เลื่อยไม้ยางพาราโดยใช้น้ำยางธรรมชาติคอมปาว์ตปริมาณร้อยละ 60 ของน้ำหนักเปียกเป็นตัวประสาน โดยกำหนดอัตราส่วนระหว่างผงขี้เลื่อยไม้ยางพาราและพลาสติกรีไซเคิลที่แตกต่างกัน จากผลการทดลองพบว่า แผ่นไม้อัดที่ผสมขี้เลื่อยไม้ยางพาราและพลาสติกรีไซเคิลที่อัตราส่วน 50:50 โดยน้ำหนักจะมีความต้านทานต่อแรงดัดโค้งสูงสุด ส่วนร้อยละการดูดซับน้ำ ความชื้น และการบวมพองในน้ำลดลงเมื่อผสมพลาสติกรีไซเคิลในปริมาณเพิ่มขึ้น และเมื่อปริมาณเทียบสมบัติความต้านทานการดูดซับน้ำ ความชื้น และการพองตามความหนา ในน้ำกับแผ่นไม้อัดที่จำหน่ายเชิงพาณิชย์พบว่า แผ่นไม้อัดที่เตรียมได้จะมีสมบัติเด่นกว่า และผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547

สมชาย และคณะ (2560) ได้ศึกษาการผลิตไม้อัดจากโพลิเอทธิลีนผสมเส้นใยปาล์มน้ำมันสำหรับวิสาหกิจชุมชน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้กำหนดอัตราส่วนเส้นใยปาล์มน้ำมัน: โพลีเอทธิลีน เท่ากับ 50:50, 55:45, 60:40, 65:35 และ 70:30 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปไม้อัดเทียมขนาด 30x30x1.5 เซนติเมตร แล้ว

ทำการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 966-2547 ผลการทดสอบพบว่า แผ่นไม้อัดเทียมจากโพลีเอทธิลีนที่มีปริมาณเส้นใยปาล์มน้ำมันมากมีค่าความหนาแน่น ความต้านทานแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น ความต้านทานแรงดึงตั้งฉาก และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลงโดยที่ลักษณะปริมาณความชื้น และการพองตัวตามความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้น จากการทดสอบตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดเทียมจากโพลิเอทธิลีน อัตราส่วนที่มีเส้นใยปาล์มน้ำมันน้อยกว่า 65 โดยน้ำหนัก มีสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

จารุณี และคณะ (2562) ได้ศึกษาการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากใบตะไคร้และฟางข้าวในจำนวน 3 สัดส่วนได้แก่ใบตะไคร้ 100 ใบตะไคร้ผสมฟางข้าวร้อยละ 50:50 และฟางข้าว 100 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และเชิงกลกระบวนการผลิตใช้กาว PMDI (polymeric diphenylmethane diisocyanate) เป็นตัวประสานในปริมาณร้อยละ 7 โดยน้ำหนักของวัสดุแห้ง ซึ่งทำการอัดร้อนด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกที่ความดัน 147 bar อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ภายใต้การควบคุมให้แผ่นมีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 400-900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีขนาด 450x450x10 มิลลิเมตร เพื่ออธิบายลักษณะของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ได้จึงทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ (ความหนาแน่น ความชื้น การดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนา) และสมบัติทางกล (ความต้านทานแรงดัด และมอดูลัสยืดหยุ่น) เปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 876-2547 ผลการวิจัยพบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ได้ไม่มีกลิ่นหรือสีของการไหม้ผิวของแผ่นเนียนเรียบ ไม่มีการกระจุกตัวของวัสดุ ไม่มีการโก่งตัวหรือบิดงอ ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของแผ่นเทียบกับมาตรฐาน พบว่าสมบัติทางกายภาพได้แก่ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนามีค่าผ่านเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนดทุกสัดส่วน และสมบัติเชิงกลได้ แก่ความต้านแรงดัด และมอดูลัสยืดหยุ่นมีค่าผ่านเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนดทุกสัดส่วน ยกเว้นสัดส่วนที่ขึ้นรูปด้วยฟางข้าว 100 พบว่า มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้น จากผลการวิจัยจึงบ่งชี้ได้ว่าใบตะไคร้และใบตะไคร้ผสมฟางข้าวสามารถเป็นทางเลือกของวัสดุในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดในเชิงอุตสาหกรรมได้

กฤปวุฒิ (2548) ได้ศึกษาคุณสมบัติของขี้เลื่อยผสมกาว โดยใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา และกาวในอัตราส่วน 1:1.50, 1:1.25, 1:1, 1:0.75 และ 1:0.50 รวมทั้งสิ้น 125 ตัวอย่าง จากผลการศึกษา พบว่า กำลังรับแรงอัดของขี้เลื่อยผสมกาวมีค่าสูงสุด เมื่อผสมกันในอัตราส่วน 1:1.50 ได้มีพฤติกรรมการรับแรงเป็นไม้เนื้ออ่อน ส่วนกำลังรับแรงดัด ทุกอัตราส่วนผสมรับกำลังได้น้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับพฤติกรรมรับแรงของไม้ไม่สามารถจัดอยู่ในกลุ่มใดได้ สำหรับอัตราส่วนผสมขี้เลื่อยต่อกาว 1:1.50 ความเต้นเฉือนจะมีค่าสูงสุด สำหรับอัตราส่วนมีค่าน้อยกว่ามาตรฐานของไม้เนื้ออ่อน กำลังรับแรงดึงของขี้เลื่อยผสมกาวค่าแรงดึงเฉพาะอัตราส่วน 1:1.50, 1:1.25 และ 1:1 ส่วนอัตราส่วนผสม 1:0.75, 1:0.50 ไม่สามารถหาค่าแรงดึงได้ เพราะจัดรูปทรงไม่ได้สรุปได้ว่า ขี้เลื่อยไม้ยางพาราผสมกาวสามารถนำไปใช้งานได้ในกรณีเป็นไม้เนื้ออ่อน และมีคุณสมบัติรับแรงเฉือน และแรงดึงได้

ภคพล และคณะ (2554) ได้ทำศึกษากาวติดไม้ไร้สารฟอร์มัลดีไฮค์จากพอลีไวนิลแอลกอฮอล์กับน้ำมันซักแห้งธรรมชาติสำหรับงานแผ่นปาร์ติเกิล โดยใช้สารตั้งต้นเป็นพอลิไอนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันซักแห้งธรรมชาติ เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลและความต้านทานน้ำโดยทำการปรับเปลี่ยนชนิดของน้ำมันซักแห้ง และใช้สารตัวเติมอนินทรีย์ในอัตราส่วนร้อยละ 0-5 โดยน้ำหนัก นำกาวที่เตรียมได้มาทำการขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิล โดยใช้ไม้ยูคาลิปตัสขนาดความละเอียดเบอร์ 2 และปริมาณกาวไม้เป็นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแผ่นปาร์ติเกิลที่ได้นำไปทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 966-876 ของแผ่นปาร์ติเกิล ทดสอบความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การพองตัวตามความหนา ความแข็งแรงโค้งงอ 3 จุด มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ผลการศึกษาพบว่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดเมื่อกาวไม้มีปริมาณพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 85 น้ำมันซักแห้งธรรมชาติร้อยละ 15 ปริมาณสารตัวเติมซิลิการ้อยละ 3

สมพร และคณะ (2551) ได้ศึกษาฉนวนกันความร้อนจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติได้แก่ เปลือกมะพร้าว แกลบ ซังข้าวโพด ผักตบชวาและผสมรวมกันทั้ง 4 ชนิดโดยใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดิไฮด์ เป็นสารยึดติด วิธีการอัดร้อน โดยแผนที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบแบบชั้นเดียวมีขนาดความกว้าง 350x350x10 มิลลิเมตร ความหนาแน่น 200, 400 และ 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผลการศึกษาคคุณสมบัติการนำความร้อนพบว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนจากแกลบ มีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด รองลงมาคือแผนที่ผลิตจากเปลือกมะพร้าว ผักตบชวา ซังข้าวโพด และวัสดุผสมทั้ง 4 ชนิดตามลำดับ

ผกามาศ และภาณุเดช (2557) ได้ศึกษาการใช้กากมะพร้าว และเส้นใยต้นข้าวโพด เป็นแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูงโดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ : ทรายละเอียด : กากมะพร้าว และเส้นใยต้นข้าวโพด : น้ำ : สารเร่งการก่อตัวของปูนต์ซีเมนต์ (อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$), แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$), โซเดียมซีลีเกต (Na_2SiO_3) เท่ากับ 1 : 0.2: 0.05 : 0.3 : 0.03 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนกากมะพร้าว : เส้นใยต้นข้าวโพดทั้งหมด 5 อัตราส่วนคือ 0.0500 : 0 (CN0), 0.0375 : 0.0125 (CN25), 0.0250 : 0.0250 (CN50), 0.0125 : 0.0375 (CN75) และ 0 : 0.0500 (CN100) โดยน้ำหนัก ทำการปรับปรุงเส้นใยทั้งหมดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซต์ (NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 12 โดยอัตราส่วนเส้นใยต่อสารละลายเท่ากับ 1:10 ต้มในระบบเปิดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-3 ชั่วโมง ขึ้นรูปโดยการอัดส่วนผสมลงในแบบหล่อที่อุณหภูมิปกกติ 30-35 องศาเซลเซียส ให้ความหนาแน่น 0.75 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จากผลการทดสอบพบว่า CN75 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก 878-2537

วรธรรม และลัดดาวัลย์ (2551) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส โดยเป็นการเปรียบเทียบลักษณะขนาดของชิ้นเปลือกไม้ และปริมาณกาวที่ใช้ในการผลิตแผ่น โดยใช้ชิ้นเปลือกไม้เบอร์ 1 (ขนาดรูตะแกรงร่อน 1 มิลลิเมตร) และ

เบอร์ 2 (ขนาดูตะแกรงร่อน 0.6 มิลลิเมตร) กาวยูเรียฟอร์มัลดิไฮด์ 10 และ15 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวประสาน จากการทดสอบสมบัติของแผ่พบว่า คุณสมบัติความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และความชื้นของแผ่นมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อขนาดของชิ้นเปลือกไม้ และปริมาณกาว ส่วนสมบัติการพองตัวตามความหนา และการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ ความต้านทานแรงดัดมอดูลัสยืดหยุ่น และความหนาแน่นของแผ่นมีค่าแตกต่างกันย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อขนาดของชิ้นเปลือกไม้และปริมาณกาว เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908-1994 พบว่า มีเพียงความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และความชื้นที่มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ทั้งนี้ผลการทดสอบพบว่าแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้เปรือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลเลนซิสอายยุ 5-7 ปี เบอร์ 2 ใชกาวยูเรียฟอร์มัลดิไฮด์ร้อยละ 15 เป็นตัวประสานมีคุณสมบัติของแผ่นดีที่สุด

อิสรีย์ (2552) ได้ทำการศึกษาแผ่นชิ้นไม้อัดจากเศษเหลือไม้กฤษณา ทั้งจากไม้ที่ไม่เกิดสารกฤษณา และเศษเหลือจากการกลั่นน้ำมันหอมละเหย โดยผลิตแผ่นไม้อัดที่ความหนาแน่น 0.65 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และใช้ปริมาณกาวในชั้นผิวร้อยละ 8, 10 และ 12 โดยน้ำหนักอบแห้งชิ้นไม้ ปริมาณกาวในชั้นไส้ร้อยละ 6, 8 และ 10 โดยน้ำหนักของชิ้นไม้ ที่อุณหภูมิ 140, 150 และ 180 องศาเซลเซียส ด้วยความดันจำเพาะ 41 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และเชิงกลตามมาตรฐาน EN (European Standard) จากการทดสอบพบว่า ค่ามอดูลัสแตกร้าว แผ่นชิ้นไม้อัดจากเศษเหลือไม้กฤศณาในส่วนที่ไม่เกิดสารกฤษณา ไม่ผ่านมาตรฐาน EN ส่วนแผ่นชิ้นไม้อัดที่ได้จากเศษเหลือจากการกลั่นน้ำมันหอมละเหยที่ใช้ปริมาณกาวที่ชั้นผิวร้อยละ 12 ชั้นไส้ร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียสได้ค่าผ่านมาตรฐาน EN ค่ามอดูลัสหยืดยุ่น พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดจากเศษเหลือไม้กฤษณาในส่วนที่ไม่เกิดสารกฤษณาที่ปริมาณกาวในชั้นผิวร้อยละ 10 ชั้นไส้ร้อยละ 8 ที่อุณภูมิ 140, 150 และ 180 องศาเซลเซียส และแผนที่ใช้ปริมาณกาวในชั้นผิวร้อยละ 12 ชั้นไส้ร้อยละ 10 อัดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ให้ค่ามอดูลัสผานมาตรฐาน ส่วนแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผลิตจากเศษเหลือจากการกลั่นน้ำมันหอมละเหยที่ใช้ปริมาณกาวชั้นผิวร้อยละ 12 ชั้นไส้ร้อยละ 10 อัดที่อุณหภูมิ 140 และ150 องศาเซลเซียส ให้ค่าผ่านมาตรฐาน EN สำหรับแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และค่าการพองตัวตามความหนาในแผ่นชิ้นไม้อัดทั้งที่ผลิตจากเศษเหลือที่ไม่เกิดสารกฤษณา และผลิตจากเศษเหลือจากการกลั่นน้ำมันหอมละเหยผ่านค่ามาตรฐาน

สุทธิชัย และผกามาศ (2555) ได้ทำการศึกษาแผ่นใยไม้อัดจากเส้นใยต้นมันสำปะหลัง โดยใช้อัตราส่วนเส้นใยมันสำปะหลังมีทั้งหมด 3 อัตราส่วนผลิตโดยวิธีอัดร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ด้วยความดันในการอัด 20-50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 10 นาที มีความหนาแน่น 681-724 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และปริมาณความชื้นร้อยละ 7.09-7.69 จากผลการทดสอบ พบว่าอัตราส่วน CF05 (ต้นมันสำปะหลัง : กาวยูเรียเท่ากับ 0.95:0.13) มีสมบัติทางกายภาพ และเชิงกลเหมาะสมที่สุด

ชาตรี และคณะ (2559) ได้ศึกษาการผลิตแผ่นไม้อัดปลอดสาร พิษจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และอุตสาหกรรม โดยแบ่งวิธีการในกระบวนการได้ 4 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่1 เตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองขั้นตอนที่ 2 ทำการขึ้นรูปเป็นแผ่นชิ้นงานตัวอย่าง โดยการอัดใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส แรงดัดอัด 2,000 psi เป็นระยะเวล 30 นาที ขั้นตอนที่ 3 ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และทางกลตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของญี่ปุ่น (Japanese Industrial Standard; JIS A 5905) ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์จากการทดสอบขี้เลื่อยไม้ยางพาราเส้นใยผลตาลโตนด และ แป้งมันสำปะหลังมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อสมบัติความแข็งแรงดัด มอดูลัสการดัด ความแข็งแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า การดูดซับน้ำ และการพองตัว เช่นเดียวกันพบว่าการเพิ่มชิ้นของขี้เลื่อยไม้ยางพาราเส้นใยผลตาลโตนด และแป้งมันนสำปะหลังมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของสมบัติความแข็งแรงดัด มอดูลัสการดัด ความแข็งแรงดึงตั้งฉากกบผิวหน้า การดูดซับน้ำ และการพองตัวของแผ่นไม้อัด นอกจากนี้ ยังพบว่า สูตรที่เหมาะสมที่สุดต่อสมบัติทางกายภาพ และทางกลของแผ่นใยไม้อัดคือ เส้นใยผลตาลโตนดร้อยละ 90.1 ขี้เลื่อยไม้ยางพาราร้อยละ 74.5 และแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 16.4 ค่าความแข็งแรงดัดเท่ากับ 80.3 เมกะพาสคัล ค่ามอดูลัสเท่ากับ 1325 เมกะพาสคัล ค่าความแข็งแรงดึงแกกับผิวหน้าเท่ากับ 0.9 เมกะพาสคัล การดูดซับน้ำเท่ากับร้อยละ 93 และ การพองตัวเมื่อแช่น้ำเท่ากับร้อยละ 22

นวรัตน์ และคณะ (2557) ได้ศึกษาแนวทางการแปรรูปวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมกระดาษโดยใช้เศษเปลือกไม้ และฝุ่น ซึ่งในบริษัทฟินิกซ์พลัพแอนด์เพเพอร์ จำกัดมหาชน (SCG) เป็นโรงงานอุตสาหกรรมกระดาษใหญ่ ทำให้มีเศษฝุ่นเหลือใช้จากการผลิต 37 ตันต่อวัน เศษเปลือก 112 ตันต่อวัน โดยการนำเศษเปลือกไม้ และเศษฝุ่นยูคาลิปตัสมาอัดขึ้นรูปแผ่น และผลวิจัยพบว่า สูตรกาวที่ใช้ในการทดลองมีอยู่ 2 สูตรคือ กาวปะสารที่ได้จากการละลายพลาสติกขาวใสในน้ำมันเบนซิน โดยใช้กาวร้อยละ 60 เศษเปลือกฝุ่นไม้ยูคาลิปตัสร้อยละ 40 อัดเย็นลงในแม่พิมพ์นาน 30 นาที ที่แรงกด 1,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเศษฝุ่นไม้ยูคาลิปตัสต่อกาวประสานที่ได้จากการเทเคลือบตัวเรซินโดยใช้เรซิร้อยละ 60 เศษฝุ่นไม้ยูคาลิปตัสร้อยละ 40 เทลงในแม่พิมพ์นาน 3 ชั่วโมง รอให้เศษฝุ่นไม้ และตัวประสานแห้งเป็นแผ่นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก 876-2547 พบว่าแผ่นวัสดุทดแทนไม้จากเศษเปลือกไม้ สูตรที่ 1 มีค่าความชื้นที่ 7.41 ค่าความหนาแน่นที่ 0.71 การพองตัวตามความหนาที่ 2.56 และ มีสมบัติเชิงกลคือ ค่าสัมประสิทธิ์การแตกหักที่ 5.32 ค่าสัมประสิทธิ์ยืดหยุ่นที่ 611.62 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าซึ่งมี 2 คุณสมบัติที่ไม่ผ่านไปตามเกณฑ์มาตรฐานคือ ค่าสัมประสิทธิ์การแตกหักมีค่า 5.32 เมกะพาสคัล ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ไม่น้อยกว่า 14 และค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นมีค่า 611.62 เมกะพาสคัล ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 800, สูตรที่ 2 เศษฝุ่นไม้ยูคาลิปตัสมีค่าความชื้นที่ 0.61 ความหนาแน่นที่ 1.15 การพองตัวตามความหนาที่ 1.26 และมีสมบัติเชิงกลคือ ค่าสัมประสิทธิ์การแตกหักที่ 16.90 ค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นที่ 2,078.22 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า 0.69 ผ่านทั้งหมดทุกคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก 876-2547) สามารถนำไปผลิต และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมสมัยอีกทางหนึ่ง

ประชุม (2552) ได้ทำการวิจัยการผลิตแผ่นใยไม้อัดเทียม จากโพลีเอทธิลีนผสมเส้นใยเปลือกทุเรียน ในการวิจัยได้ทำการศึกษาสมบัติของแผ่นใยไม้อัดเทียม โดยการผสมวัสดุจากโพลีเอทธิลีนกับเส้นใยเปลือกทุเรียน โดยมีการผสมของโพลีเอทธิลีนต่อเส้นใยเปลือกทุเรียนเท่ากับ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 โดยน้ำหนักผสมเส้นใยทุเรียนด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกลิง จากนั้นทำการอัดขึ้นรูปแผ่นวัสดุผสมขนาด 30x30x0.5 เซนติเมตร โดยวิธีการอัดร้อน และทดอบสมบัติทางกลของแผ่นวัสดุผสมตามมาตรฐาน ASTM จากการทดสอบพบว่า วัสดุผสมที่มีปริมาณของโพลีเอทธิลีนที่สูง ขึ้นจะทำให้วัสดุผสมมีความต้านทานรับแรงดึง และแรงกระแทรกสูงกว่า ส่วนปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนที่เพิ่มขึ้นทำให้ความต้านทานการรับแรงดัด และความแข็งที่ผิวสูงขึ้น ผลการวิจัยมีแนวโน้มที่จะนำไปพัฒนาเป็นแผ่นวัสดุตกแต่งผนังอาคาร เนื่องจากมีสีผิว และลวดลายของวัสดุที่สวยงาม

บทที่ 3 วิธีการวิจัย หรืออุปกรณ์ และวิธีการ

3.1 สารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้งานวิจัย

3.1.1 สารเคมี และวัตถุดิบ

1) อีพอกซีหล่อใส 350 AและB (clear case epoxy resin) ชนิดแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง

2) ขี้เลื่อยไม้สักจากโรงเลื่อย บุณจัณฑ์ ที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

3.1.2 อุปกรณ์

1) ถุงพลาสติกขนาด 30x25 นิ้ว (ใช้สำหรับเตรียมการทดลอง)
2) บิกเกอร์พลาสติก/ แก้ว
3) กระบอกตวง
4) ตาชั่ง
5) เครื่องชั่งชิ้นงานทดสอบ (2 ตำแหน่ง)
6) ตะแกรงร่อนเบอร์ 10
7) แท่งแก้วคนสาร
8) อะซิโตน (Acetone)
9) แม่พิมพ์แผ่นอะคริลิก ขนาด 150x150x10 มิลลิเมตร
10) แม่พิมพ์อะคริลิก ขนาด 400x250x15 มิลลิเมตร
11) กะละมัง
12) เวอร์เนียคาลิปเปอร์
13) เลื่อยตัด
14) ชุดไขควง

3.1.3 เครื่องมือ

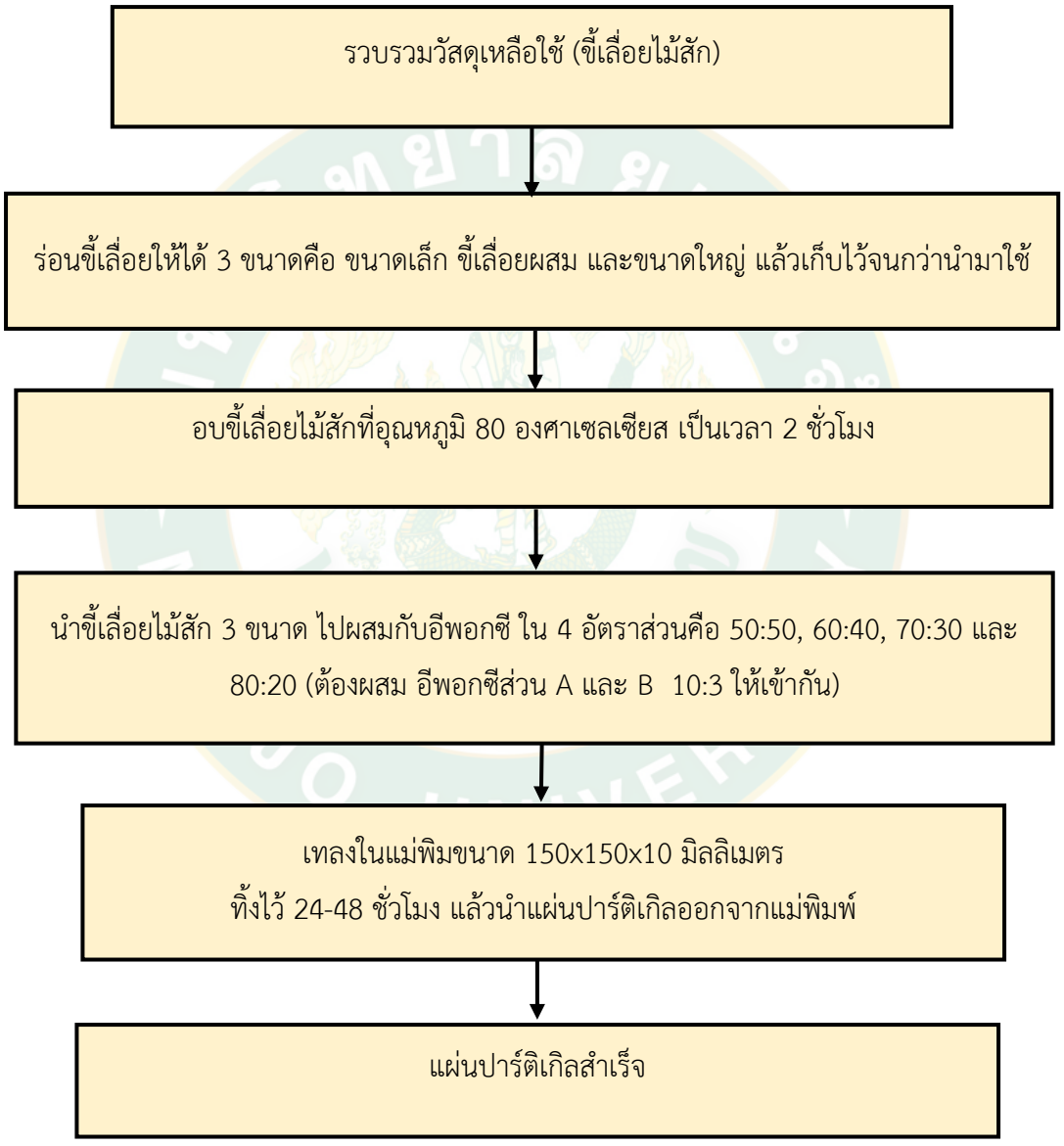
1) โถดูดความชื้น
2) ตู้อบ รุ่น Hot air over ED53, binder
3) ชุดทดสอบสภาพการนำความร้อนด้วยวิธี Single plate
4) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ universal testing machine, model NRI-TI-500 10B (Extra)

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำเป็นแผ่นปาร์ติเกิลที่จากขี้เลื่อยไม้สัก ซึ่งได้แบ่งภาคการศึกษาเป็น 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2.1 กระบวนการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก

กระบวนการทำแผ่นปาร์ติเกิลในครั้งนี้มีขั้นตอนดังนี้ (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 ขั้นตอนการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก

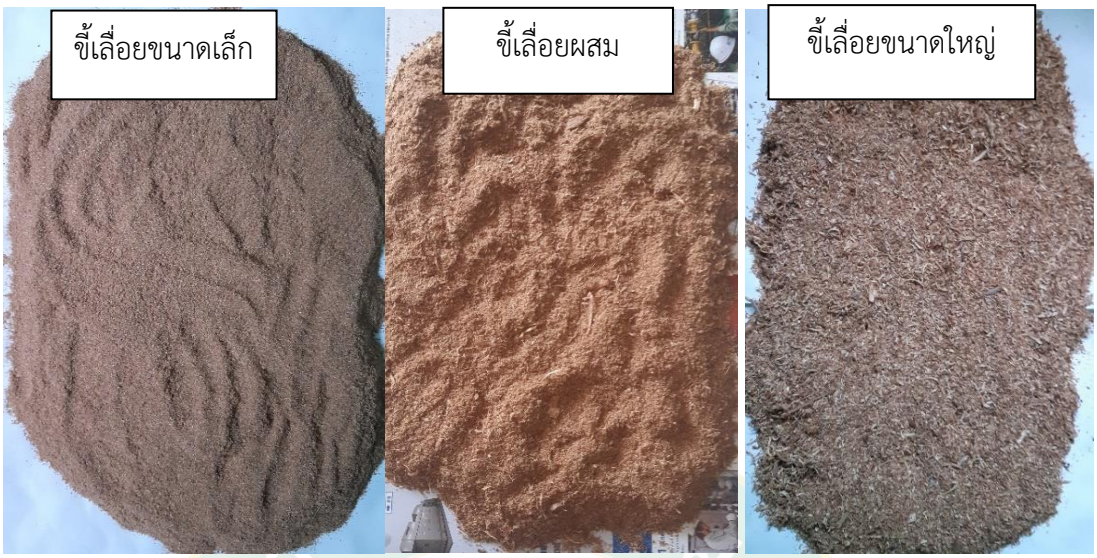
1) ทำการรวบรวมขี้เลื่อยไม้สัก นำขี้เลื่อยที่ได้มาคัดแยกขนาดให้ได้ 3 ขนาด ได้แก่ขนาดเล็ก ขนาดผสม และขนาดใหญ่ โดยทำการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 10 (ดังภาพที่ 17)

- ขี้เลื่อยขนาดเล็ก เป็นขี้เลื่อยที่ได้จากการร่อนผ่านตะแกงเบอร์ 10 ลงไปข้างล่าง
- ขี้เลื่อยผสม เป็นขี้เลื่อยที่ไม่ได้ร่อน ซึ่งนำมาจากโรงเลื่อยโดยตรง เพียงแต่อบไล่ความชื้น
- ขี้เลื่อยขนาดใหญ่ เป็นขี้เลื่อยที่ค้างอยู่ข้างบนของตะแกรงเบอร์ 10 ขี้เลื่อยทุกขนาดแสดงดัง (ภาพที่ 18)

ภาพที่ 17 การร่อนขี้เลื่อยไม้สักเพื่อแยกขนาดด้วยตะแกรงเบอร์ 10

2) นำขี้เลื่อยไม้สักมาอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง ให้ความชื้นน้อยที่สุด

3) นำเอาอีพอกซีไปผสมกับขี้เลื่อยไม้สักทั้ง 3 ขนาดโดยน้ำหนัก อีพอกซีที่ใช้ทดลองครั้งนี้เป็นชนิดแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง A และ B (ภาพที่ 19) ในอัตราส่วน 10:3 โดยแบ่งการทดลองออก เป็น 4 ชุดการทดลองใช้อัตราส่วนของอีพอกซีต่อน้ำหนักขี้เลื่อยไม้สัก 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 ดังตารางที่ 4



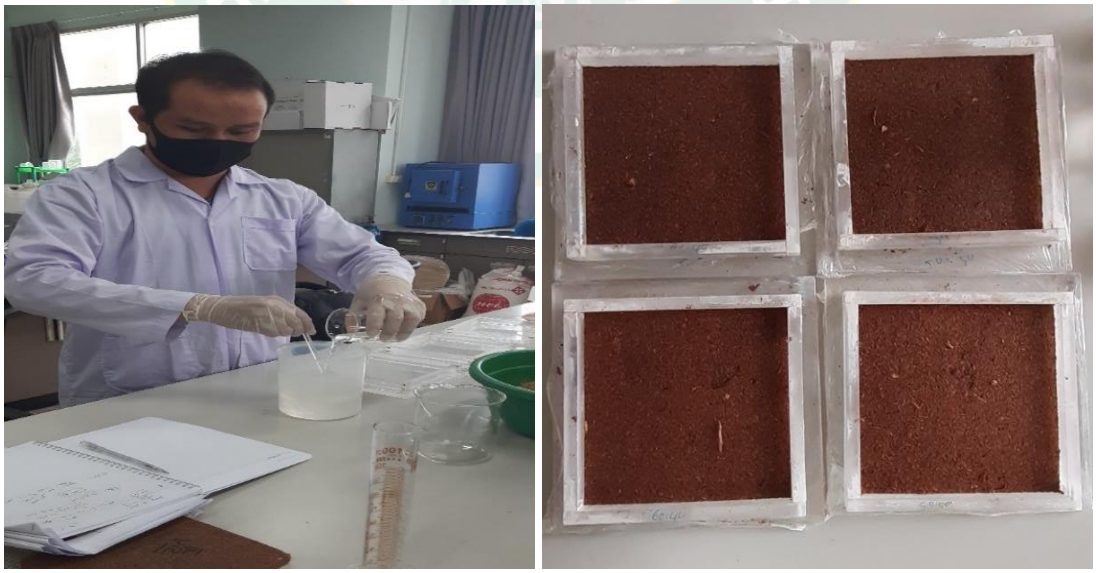
ภาพที่ 18 ขี้เลื่อยไม้สัก 3 ขนาดที่ใช้ทดลอง

ตารางที่ 4 อัตราส่วนผสมระหว่างอีพอกซี ต่อ ขี้เลื่อยไม้สัก

อัตราส่วน	ปริมาณอีพอกซี (กรัม)	ปริมาณขี้เลื่อยไม้สัก (กรัม)
1 แผ่นปาร์ติเกิลทำจากขี้เลื่อยขนาดเล็ก		
50:50	50	50
60:40	60	40
70:30	70	30
80:20	80	20
2 แผ่นปาร์ติเกิลทำจากขี้เลื่อยขนาดผสม		
50:50	50	50
60:40	60	40
70:30	70	30
80:20	80	20
3 แผ่นปาร์ติเกิลทำจากขี้เลื่อยขนาดใหญ่		
50:50	50	50
60:40	60	40
70:30	70	30
80:20	80	20

ภาพที่ 19 อีพอกซีที่นำมาทดลอง

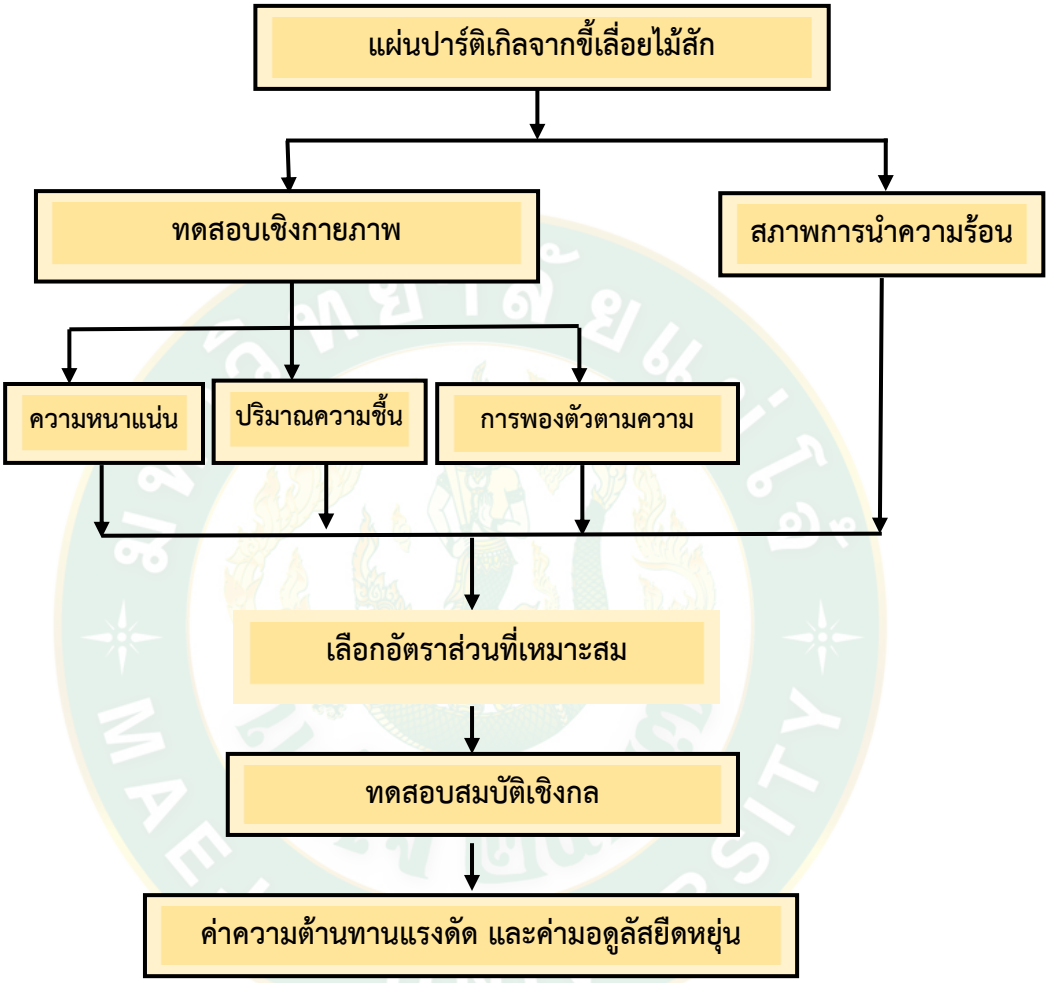
4) ทำการผสมอีพอกซี A และ B กวนให้เข้ากันโดยใช้เวลาในการกวนประมาณ 3-5 นาที จากนั้นนำเอาขี้เลื่อยไม้สักที่เตรียมไว้มาผสมกับอีพอกซีกวนประมาณ 5-8 นาที ให้ทั้ง 2 ส่วนเข้ากันแล้วเทลงในแม่พิมพ์ขนาด 150x150x10 มิลลิเมตร (ดังภาพที่ 20) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อให้ชิ้นงานเกิดการแข็งตัว แล้วแกะออกจากแม่พิมพ์ เตรียมชิ้นงานเพื่อนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และสภาพการนำความร้อน



ภาพที่ 20 การผสมอีพอกซี และ ขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อย

3.2.2 การทดสอบคุณสมบัติแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก

ภายหลังที่ผลิตแผ่นปาร์ติเกิลได้สำเร็จแล้วก็นำไปทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ สมบัติเชิงกลและการนำความร้อนของแผ่น (ภาพที่ 21)



ภาพที่ 21 ขั้นตอนการทดสอบแผ่นปาร์ติเกิล

ในงานวิจัยนี้ทำการทดสอบตัวอย่างที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักตามมาตรฐาน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2457) ประกาศ ณ วันที่ 26 พฤษภาคม พ.ศ. 2547 ดังนี้

1. การทดสอบแผ่นปาร์ติเกิลทางสมบัติเชิงกายภาพ (physical of properties)

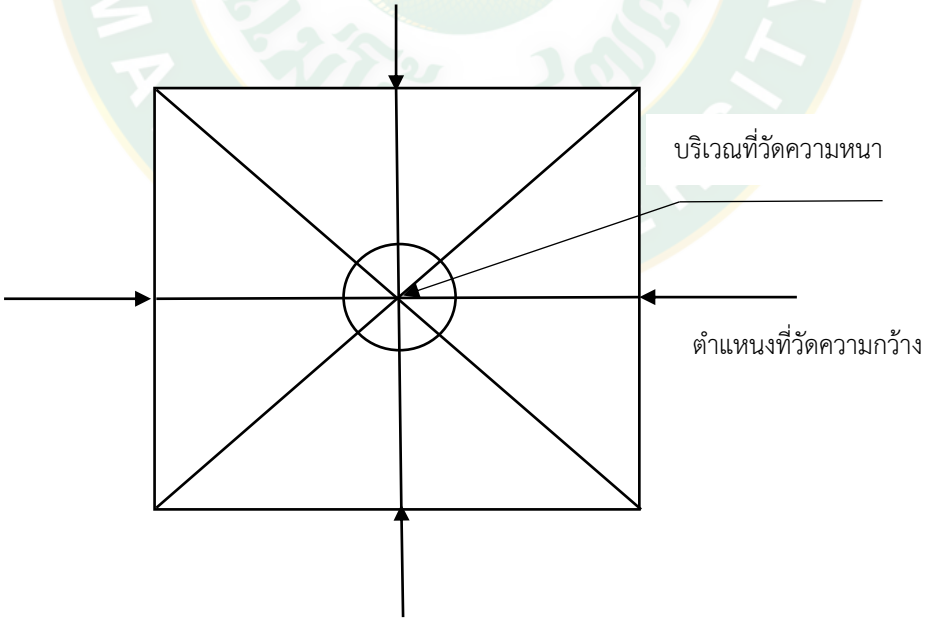
1) การทดสอบความหนาแน่น (density)

ในแต่ละชุดการทดลองทำการตัดแผ่นปาร์ติเกิลให้ได้ขนาด 50x50 มิลลิเมตร นำชิ้นทดสอบมาชั่งโดยใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียด 0.01 กรัม ใช้ไมโครมิเตอร์ หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่าที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบ และขนานกัน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6-20 มิลลิเมตร หลังจากนั้นใช้แคลิเปอร์แบบเลื่อน (sliding caliper) ละเอียด 0.01 มิลลิเมตร ทำการวัด ความกว้าง และความยาวของชิ้นทดสอบตรงจุดกึ่งกลางตามภาพที่ 22 โดยวางเครื่องมือให้ทำมุมกับแนวละนาบของชิ้นทดสอบประมาณ 45 องศา คำนวณค่าความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลจากสมการที่ (3.1)

$$\text{ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เมตร)} = \frac{m}{V} \times 10^6 \qquad (3.1)$$

เมื่อ m คือ มวลของชิ้นทดสอบ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม

V คือ ปริมาตรของชิ้นทดสอบ มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 22 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ

2) การทดสอบปริมาณความชื้น (moisture content)

ในแต่ละชุดการทดลองทำการตัดแผ่นปาร์ติเกิลให้ได้ขนาด 50x50 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบที่ใช้โดยไม่ต้องปรับสภาวะ แล้วนำชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นมาชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง 0.01 กรัม เป็นน้ำหนักก่อนอบแห้ง หลังจากชั่งน้ำหนักแล้วให้นำชิ้นทดสอบมาอบในเตาอบที่มีอุณหภูมิ 103±2 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักของแผ่นปาร์ติเกิลคงที่เมื่อชั่ง 2 ครั้งที่เวลาห่างกัน 6 ชั่วโมง ต้องไม่แตกต่างกันเกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ ของมวลชิ้นทดสอบ หลังจากนำชิ้นทดสอบมาใส่ในเดซิกเคเตอร์แล้วปล่อยไว้ให้เย็น จึงนำแผ่นปาร์ติเกิลออกมาชั่งน้ำหนักสุดท้ายเป็นน้ำหนักอบแห้ง และหาค่าปริมาณความชื้นของชิ้นทดสอบจากสมการ (3.2) การทดสอบแสดงดัง ภาพที่ 23

$$\text{ปริมาณความชื้น} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \qquad (3.2)$$

m_1 คือ มวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ มีหน่วยเป็น กรัม

m_2 คือ มวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง มีหน่วยเป็น กรัม

ภาพที่ 23 นำชิ้นทดสอบไปอบในเตาอบ และใส่ในโถดูดความชื้น

3) การทดสอบการพองตามความหนา (thickness swelling)

แผ่นปาร์ติเกิลที่นำไปทดสอบมีขนาด 50x50 มิลลิเมตร โดยทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาตามภาพที่ 18 วัดความหนาของชิ้นทดสอบ เป็นค่าความหนาก่อนแช่น้ำ หลังจากนั้น นำแผ่นปาร์ติเกิลไปแช่ในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ (20±2) องศาเซลเซียส โดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ฉากกับ

ระดับผิวน้ำให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำประมาณ 25 มิลลิเมตร แต่ละชิ้นต้องห่างจากกัน ต้องห่างจากผนัง และก้นภาชนะที่ใส่ไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร (ภาพที่ 24) เมื่อชิ้นงานทดสอบครบ 24 ชั่วโมงแล้ว รีบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาดวัดความหนาตามตำแหน่งเดิมเป็นความหนาหลังแช่น้ำ และหาค่าการพองตามความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลจากสมการที่ (3.3)

$$\text{ร้อยละการพองตัวตามความหนา} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \qquad (3.3)$$

เมื่อ t_1 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

t_2 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

ภาพที่ 24 การนำชิ้นทดสอบลงแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง

2. การทดสอบสมบัติเชิงความร้อน (thermal conductivity) ด้วยวิธี single plate

1) ตรวจสอบอุปกรณ์สำหรับทำงานทดลอง

2) ใช้เวอร์เนียร์วัดความหนาของพอลิสไตรีน และชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ

3) นำ chamber heater ต่อเข้าที่ socker และต่อสายไฟไปยังแหล่งจ่ายไฟ

4) นำเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลใส่ในช่องหมายเลข (4) ตำแหน่งล่างสุด

5) นำแผ่นวัสดุลงใน chamber โดยเรียงลำดับคือ อะลูมิเนียมบาง-พอลิสไตรีน-อะลูมิเนียมบาง-แผ่นชิ้นงานที่ต้องการทดสอบ-แผ่นอะลูมิเนียมบางที่เคลือบสีดำหนึ่งด้าน

6) ใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล ซึ่งทำจาก Cr-Ni แทรกระหว่างชั้นของแผ่นวัสดุในข้อที่ 5 โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลเข้าในช่องหมายเลข (4)

7) ใช้ heater-accumulation body วางทับด้านบน

8) จ่ายไฟโดยใช้ความต่างศักย์ 4 โวลต์

9) อ่านค่าอุณภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ทั้ง 4 ตำแหน่งที่วัด โดยอ่านค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที จนครบ 30 นาที โดยปริมาณ ซึ่งอุณหภูมิจะค่อนข้างคงที่

10) เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณภูมิ (ใช้ excel) ใช้ค่าอุณภูมิที่คงที่ซึ่งหาได้จากกราฟไปคำนวณค่าสภาพการนำความร้อนตามสมการ 3.4

$$\text{ค่าสภาพการนำความร้อน } (K_B) = K_A \frac{x_B}{x_A} \frac{(T-T_A)}{(T_B-T)} \quad (3.4)$$

โดย K_A คือ ค่าสภาพการนำความร้อนของแผ่นพอลิสไตรีน มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

K_B คือ ค่าสภาพการนำความร้อนของแผ่นชิ้นงานทีได้ทดสอบ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

x_A คือ ความหนาของแผ่นพอลิเอสไตรีน มีหน่วยเป็นเมตร

x_B คือ ความหนาของแผ่นชิ้นงานที่ใช้ทดสอบ มีหน่วยเป็นเมตร

T คือ อุณหภูมิตำแหน่งที่ 3 มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

T_A คือ อุณหภูมิตำแหน่งที่ 2 มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

T_B คือ อุณหภูมิตำแหน่งที่ 4 มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

ภาพที่ 25 แผ่นปาร์ติเกิล และเครื่องที่ใช้ในการทดสอบการนำความร้อนด้วยวิธี single plate

3. การทดสอบแผ่นปาร์ติเกิลสมบัติเชิงกล (mechanical of properties)

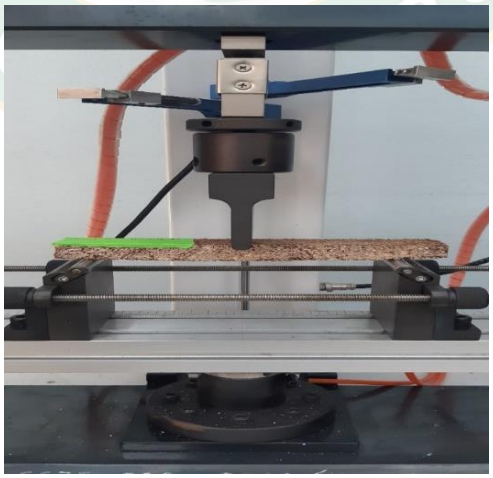
นำอัตราส่วนที่ดีที่สุดจากการทดสอบทางกายภาพ และสภาพการนำความร้อนมาทดสอบสมบัติเชิงกลดังนี้

1) การทดสอบค่าความต้านแรงดัด (modulus of rupture)

ตัดชิ้นทดสอบขนาด 5x15 ตารางเซนติเมตร วางชิ้นทดสอบบนแท่งรองรับซึ่งมีระยะห่างกัน 15 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับข้างละประมาณ 25 มิลลิเมตร ให้แรงกดที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบโดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกด จนกระทั้งชิ้นทดสอบหักต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที แต่ไม่มากกว่า 90 วินาที (ความเร็วในการกดประมาณ 10 มิลลิเมตรต่อนาที) ภาพที่ 26 และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัวดังภาพที่ 27 จากนั้นนำไปคำนวณค่าความต้านทานแรงดัด และมอดูลัสยืดหยุ่นจากสมการที่ (3.5) และ (3.6) มอก. 966-2547

$$fm = \frac{3\,F_{max}\,l_1}{2\,b\,t^2} \tag{3.5}$$

เมื่อ fm	คือ ค่าความต้านแรงดัด	มีหน่วยเป็นเมกะพาสคัล
F_{max}	คือ แรงกดสูงสุด	มีหน่วยเป็นนิวตัน
l_1	คือ ระยะห่างระหว่างแท่งรองรับ	มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
b	คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ	มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
t	คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ	มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร



ภาพที่ 26 การทดสอบค่าความต้านแรงดัดด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ Universal Testing Machine, Model NRI-TI-500 10B (Extra)

2) ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elastic, MOE)

$$E_m = \frac{l_1^3\ (\mathrm{F_2} - \mathrm{F_1})}{4\ \mathrm{b}\ \mathrm{t}^3\ (a_2 - a_1)} \qquad (3.6)$$

เมื่อ E_m คือ ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น มีหน่วยเป็นเมกะพาสคัล

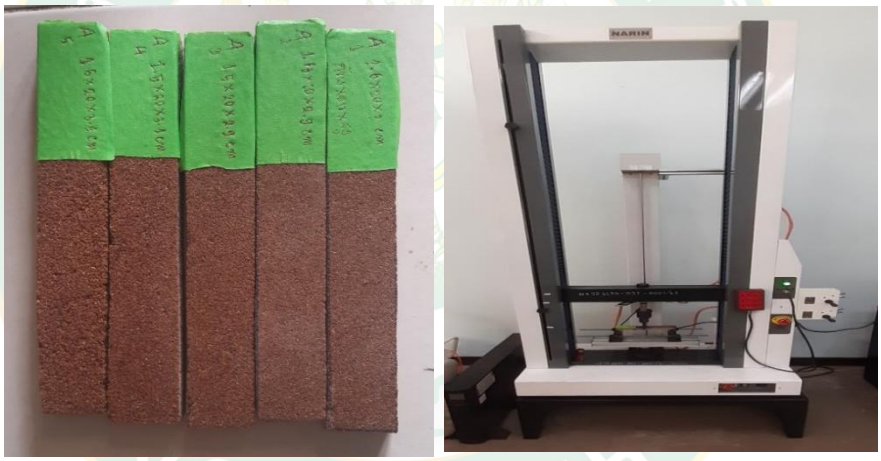
l_1 คือ ระยะห่างของแท่งรองรับ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

$\mathrm{F_2} - \mathrm{F_1}$ คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง มีหน่วยเป็นนิวตัน

b คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

$a_2 - a_1$ คือ ระยะแอ่นตัวสูงสุดในช่วงที่กราฟเป็นเส้นตรง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร



ภาพที่ 27 ชิ้นงานที่ทดสอบ และเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ Universal Testing Machine, Model NRI-TI-500 10B (Extra)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของอีพอกซีต่อขี้เลื่อยไม้สักในครั้งนี้ ตลอดจนศึกษาผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ เชิงกล ตามมาตรฐาน มอก. 966-2547 และสภาพการรนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิล โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) จำนวน 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 4 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลค่าความแตกต่างทางสถิติโดยใช้

analysis of variance (one-way ANOVA) ตลอดวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test ที่ระดับ 0.05 ด้วยโปรแกรม SPSS

3.3 การคำนวณต้นทุนในการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก

ภายหลังนำไปทดสอบเชิงกายภาพ เชิงกล และสภาพการนำความร้อน เลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด ไปทำแผ่นปาร์ติเกิลขนาด 400x250x15 มิลลิเมตร และคำนวณปริมาณอีพอกซีต่อแผ่น โดยคิดเป็นราคาต่อแผ่น เป็นต้นทุนของการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สักเปรียบเทียบกับราคาแผ่นปาร์ติเกิลในท้องตลาด และทำการเปรียบเทียบราคาระหว่างกับแผ่นไม้สักในโรงเลื่อยที่ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และประเทศไทย

3.4 การศึกษาความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก

1) ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง คือ เจ้าของโรงเลื่อยประกอบด้วย ภาพรวมของธุรกิจ ความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิล ข้อเสนอแนะ สำหรับประชาชนคือ เพศ อายุ อาชีพ ระดับการศึกษา รายได้ ความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิล และข้อเสนอแนะ

2) การสร้างแบบสอบถาม

ทำการรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาในเบื้องต้น เช่น การสร้างแบบสอบถาม ความคิดเห็น รูปแบบของแบบสอบถาม และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถาม " การเพิ่มมูลค่าขี้เลื่อยไม้สักจากโรงเลื่อยในเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง เป็นแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อการผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ " นำแบบสอบถามดังกล่าวให้อาจารย์ที่ปรึกษา และที่ปรึกษาร่วมตรวจสอบเพื่อสอบทานความครอบคลุมของแบบสอบถาม และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย นำแบบสอบถามมาพิจารณา และแก้ไขตามคำแนะนำ

3) รายละเอียดของแบบสอบถาม

แบบสอบถาม " การเพิ่มมูลค่าขี้เลื่อยไม้สักจากโรงเลื่อยในเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง เป็นแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อการผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ " แบ่งออกเป็น 2 ชุด ตามกลุ่มของประชากรดังนี้

ชุดที่ 1 ใช้สอบถามสำหรับประชากรกลุ่มที่ 1 โรงเลื่อยทั้งหมดในเมืองเชียงเงิน โดยแบ่งเป็น 4 ส่วนมีรายละเอียดดังนี้

- ส่วนที่ 1 ภาพรวมของธุรกิจไม้
- ส่วนที่ 2 การนำเข้าวัตถุดิบ และการจัดการสิ่งเศษเหลือ (ขี้เลื่อย ขี้กบ) ในโรงเลื่อย
- ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก
- ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะ

ชุดที่ 2 ใช้สำหรับประชากรกลุ่มที่ 2 ประชาชน 100 คน ที่เมืองเชียงเงิน แบ่งเป็น 3 ส่วนมีรายละเอียดดังนี้

- ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ถูกสอบถาม
- ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก
- ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

4) การเก็บข้อมูล

ประชากรกลุ่มที่ 1 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูล โดยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) โดยได้ทำการสัมภาษณ์เจ้าของโรงไม้ทั้ง 8 โรงในเมืองเชียงเงิน

ประชากรกลุ่มที่ 2 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูล โดยวิธีการเลือกเก็บตัวอย่างแบบการบังเอิญพบ (accidental selection) โดยผู้วิจัยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ของเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง โดยมีการเก็บตัวอย่างกระจายไปตามแหล่งต่างๆ ดังนี้ในพื้นที่คณวิชาป่าไม้ ร้านค้า สำนักงานราชการของรัฐ แหล่งชุมชน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 1-30 มีนาคม 2564

5) การวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรกลุ่มที่ 1 โรงเลื่อย 8 โรงในเมืองเชียงเงิน

ส่วนที่ 1 ภาพรวมของธุรกิจไม้ ใช้การสอบด้วยแบบสอบถาม แสดงผลเป็นแบบพรรณนาเพื่อให้เห็นถึงภาพรวมของธุรกิจของโรงเลื่อยในมืองเชียงเงิน

ส่วนที่ 2 การนำเข้าวัตถุดิบและการจัดการสิ่งเศษเหลือ (ขี้เลื่อย ขี้กบ) ในโรงเลื่อย ใช้แบบสอบถาม แสดงผลเป็นปริมาณของปริมาณของไม้สักที่ใช้ในขบวนการผลิต เศษสิ่งเหลือทิ้ง และวิธีการจัดการเศษสิ่งเหลือทิ้ง แสดงข้อมูลที่รวบรวมได้ในรูปแบบของตาราง และคำบรรยายประกอบ

ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจของเจ้าของโรงเลื่อยต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก ใช้แบบสอบถาม และทำการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจ จากค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของระดับความพึงพอใจ นำเสนอในรูปแบบของตาราง และคำบรรยายประกอบมีรายละเอียดดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนนมี 5 ระดับความพึงพอใจ (พิชิต, 2547)

5 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด
4 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก
3 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง
2 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย
1 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

เกณฑ์การวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจ ใช้การคำนวณค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และนำมาจัดลำดับแบ่งเป็น 5 ระดับตามเกณฑ์การแบ่งของ (บุญชม, 2545) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึงความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึงความพึงพอใจในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึงความพึงพอใจในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึงความพึงพอใจในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึงความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะอื่นๆ ใช้แบบสอบถาม ในลักษณะเป็นการสัมภาษณ์เชิงลึก แสดงผลเป็นคำบรรยาย

ประชากรกลุ่มที่ 2 ประชาชน 100 คนในเมืองเชียงเงินมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ถูกสอบถาม ใช้การสอบด้วยแบบสอบถาม แสดงผลเป็นตารางความถี่ เพื่อให้เห็นถึงอธิบายคุณลักษณะทั่วไปของประชากรที่ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของเจ้าของประชาชนต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก ใช้แบบสอบถาม และทำการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจ จากค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของระดับความพึงพอใจ นำเสนอในรูปแบบของตาราง และคำบรรยายประกอบมีรายระเอียดดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนนมี 5 ระดับความพึงพอใจ (พิชิต, 2547)

5 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

4 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

3 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

2 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

1 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

เกณฑ์การวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจ ใช้การคำนวณค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และนำมาจัดลำดับแบ่งเป็น 5 ระดับตามเกณฑ์การแบ่งของ (บุญชม, 2545) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึงความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึงความพึงพอใจในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึงความพึงพอใจในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึงความพึงพอใจในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึงความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะอื่นๆ ใช้แบบสอบถาม ในลักษณะเป็นการสัมภาษณ์เชิงลึก แสดงผลเป็นคำบรรยาย

3.5 การวิเคราะห์ความเป็นเป็นไปได้ในการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก

โดยการคำนวณหาต้นทุนจากการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก เปรียบเทียบราคากับแผ่นไม้สักทั่วไป ความพึงพอใจของประชาชน 2 กลุ่ม ในเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง โดยเอาค่าระดับความพึงพอใจเป็นตัวช่วยในการตัดสินความเป็นไปได้ของการแผ่นปาร์ติเกิล และวิเคราะห์สิ่งเศษเหลือทิ้งในโรงเลื่อยเพื่อหาปริมาณขี้เลื่อย ขี้กบ ที่จะนำมาทำเป็นแผ่นปาร์ติเกิลทั้งหมดในเมืองเชียงเงิน มีมากน้อยเท่าใด

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์

แผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักในครั้งนี้ประกอบขี้เลื่อยไม้สัก 3 ขนาดคือ ขี้เลื่อยขนาดเล็ก ขี้เลื่อยผสม และขี้เลื่อยขนาดใหญ่ผสมกับอีพอกซีโดยใช้อัตราส่วนอีพอกซีต่อขี้เลื่อย 4 อัตราส่วน คือ 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 เพื่อนำไปทดสอบความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การพองตัวตามความหนา ความต้านทานแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่น สภาพการนำความร้อน คำนวณต้นทุนการทำแผ่นปาร์ติเกิล โดยการเปรียบเทียบกับราคาในต้องตลาด แผ่นไม้สักในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และที่ประเทศไทย และประเมินสอบถามความพึงพอใจของเจ้าของโรงเลื่อย และประชาชนจำนวน 100 คน ที่เมืองเชียงเงินแขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว มีผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบแผ่นปาร์ติเกิล

4.1.1 คุณสมบัติเชิงกายภาพ (physical of properties)

1) ความหนาแน่น (density)

จากการทดสอบค่าความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก 3 ขนาด และ 4 อัตราส่วน พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดเล็ก ขนาดผสม และขนาดใหญ่มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.822±0.104–3.77±0.155, 2.07±0.236–3.734±0.125 และ 1.400±0.115–3.436±1757 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และปริมาณในแต่ละอัตราส่วนทำให้แผ่นปาร์ติเกิลมีความหนาแน่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 5 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณอีพอกซีมากขึ้น และลดปริมาณขี้เลื่อยไม้สักลง แผ่นปาร์ติเกิลมีความหนาแน่นสูงขึ้น เนื่องจากอีพอกซีมีความหนาแน่นสูง ขี้เลื่อยไม้สักมีความหนาแน่นต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นใยไม้อัดจากเศษขี้เลื่อยไม้แดงโดยใช้แซลแลคในอัตราร้อยละ 5, 10, 15, 20, 30 และ 40 งานวิจัยของนงค์นุช (นงค์นุช, 2557) พบว่า แผ่นใยไม้อัดมีความหนาแน่นเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน

นอกจากนั้น ยังพบว่าแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยขนาดเล็ก และขนาดผสมมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยใกล้เคียงกันในทุกอัตราส่วน เนื่องจากขี้เลื่อยขนาดเล็กจะมีช่องว่างระหว่างกันน้อย ในขณะที่ขี้เลื่อยขนาดผสมนั้นอนุภาคขนาดเล็กจะไปแทรกอยู่ในช่องว่างระหว่างอนุภาคใหญ่ เมื่อผสมกับอีพอกซีจึงมีการยึดจับกันได้ดีกว่า ส่วนแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยขนาดใหญ่มีช่องว่างระหว่างอนุภาคมากอีพอกซีไม่สามารถไหลเข้าไปในช่องว่างเหล่านั้นได้อย่างทั่วถึง อย่างไรก็ตามแผ่นปาร์ติเกิลทุกอัตราส่วนมีค่าความหนาแน่นผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิล (อีพอกซี : ขี้เลื่อยไม้สัก)

ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก (g/m^3)					
อัตราส่วน	ขนาดเล็ก	ขนาดผสม	ขนาดใหญ่	อีพอกซี	มอก.966-2547
50:50	1.822±0.104^d	2.073±0.236^d	1.400±0.115^d	4.335±0.160	0.4-0.8
60:40	2.586±0.251^c	2.671±0.114^c	2.152±0.304^c		
70:30	3.550±0.789^b	3.475±0.115^b	2.600±0.197^b		
80:20	3.770±0.155^a	3.734±0.125^a	3.436±1757^a		
F-test	**	**	**		

หมายเหตุ: a, b, c และ d ในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P-value ≤ 0.05)

จากการทดสอบ พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดผสม และอัตราส่วนที่ 50:50 มีความหนาแน่นเหมาะสมที่สุดคือ 2.073±0.236 มิลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องจากเป็นการลดต้นทุนการทำแผ่นปาร์ติเกิล และลดเวลาในการร่อนขี้เลื่อยไม้สักลง ซึ่งสามารถนำอัตราส่วนดังกล่าวไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ได้

2) ปริมาณความชื้น (moisture content)

เมื่อนำแผ่นปาร์ติเกิลไปทดสอบปริมาณความชื้น พบว่า ปริมาณความชื้นลดลง เมื่อลดปริมาณขี้เลื่อยไม้สักลง โดยแผ่นปาร์ติเกิลทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดผสมมีค่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 6.834±0.197-3.910±0.300 ตามด้วยแผ่นปาร์ติเกิลทำจากขี้เลื่อยขนาดเล็ก และขนาดใหญ่อยู่ใช่วงร้อยละ 7.750±0.285-3.478±0.233 และ 7.308±0.322-3.684±0.2849 ตามลำดับ และปริมาณในแต่ละอัตราส่วนทำให้แผ่นปาร์ติเกิลมีปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 6 ในเมื่อเพิ่มปริมาณอีพอกซีมากขึ้น และลดปริมาณขี้เลื่อยไม้สักลง แผ่นปาร์ติเกิลมีปริมาณความชื้นลดลง เนื่องจากอีพอกซีมีความสามารถในการดูดความชื้นต่ำ เนื่องจากเป็นวัสดุประเภทไม่ชอบน้ำ (hydrophobic materials) ส่วนขี้เลื่อยไม้สักมีความสามารถในการดูดความชื้นสูง เนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก (-OH) เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของทศพร (ทศพร, 2559) ที่ทำแผ่นปาร์ติเกิลจากต้นธูปฤาษีโดยใช้กาวพาราฟินอิมัลชันเพิ่มมากขึ้น พบว่า ทำให้ปริมาณความชื้นของแผ่นไม้อัดมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากพาราฟินอิมัลชันมีคุณสมบัติเป็นสารเคลือบผิวกันซึมเพื่อลดการดูดซึมน้ำ และเมื่อแผ่นไม้อัดมีส่วนผสมพาราฝินอิมมัลชันน้อยลงจะทำให้ความชื้นเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของพนุชศดี (พนุชศดี, 2559) ที่ได้ทำแผ่นปาร์ติเกิลจากเศษเหลือทิ้งของไม้

เสม็ดขาวผสมกาวไอโซซาเนตปริมาณร้อยละ 3, 5, 7 และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ปริมาณร้อยละ 8, 10 และ 12 โดยการอัดร้อน พบว่าปริมาณความชื้นของแผ่นปาร์ติเกิลลดลงเมื่อปริมาณกาวเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของแผ่นปาร์ติเกิล (อีพอกซี : ขี้เลื่อยไม้สัก)

ปริมาณความชื้นของแผ่นปาร์ติเกิที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก (ร้อยละ)					
อัตราส่วน	ขนาดเล็ก	ขนาดผสม	ขนาดใหญ่	อีพอกซี	มอก.966-2547
50:50	7.750±0.285[a]	6.834±0.197[a]	7.308±0.322[a]	1.851±0.187	4-13
60:40	6.630±0.263[b]	6.428±0.380[b]	6.268±0.136[b]		
70:30	4.942±0.286[c]	5.036±0.081[c]	5.334±0.310[c]		
80:20	3.478±0.233[d]	3.910±0.300[d]	3.684±0.284[d]		
F-test	**	**	**		

หมายเหตุ : a, b, c และd ในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P-value ≤ 0.05)

นอกจากนั้น ยังพบว่าแผ่นปาร์ติเกิลทำจากขี้เลื่อยไม้สักทุกขนาด และทุกอัตราส่วนผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 966-2547 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง มาตรฐานกำหนดปริมาณความชื้นอยู่ในช่องร้อยละ 4-13

จากการทดสอบ พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดผสม และอัตราส่วนที่ 50:50 มีปริมาณความชื้นเหมาะสมที่สุดคือ ให้ค่าปริมาณความร้อยละ 6.834±0.197

3) การพองตัวตามความหนา (thickness swelling)

จากการนำแผ่นปาร์ติเกิลไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า มีค่าการพองตัวตามความหนาลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณอีพอกซีมากขึ้น โดยแผ่นปาร์ติเกิลทำจากขี้เลื่อยขนาดใหญ่มีค่าการพองตัวอยู่ในช่วงร้อยละ 3.038±0.461-0.888±0.296 ตามด้วยแผ่นทำจากขี้เลื่อยขนาดผสม และขนาดเล็กอยู่ในช่วง 4.373±0.410-0.528±0.799 และ4.238±0.631-0.937±0.548 ตามลำดับ และปริมาณในแต่ละอัตราส่วนทำให้แผ่นปาร์ติเกิลมีค่าการพองตัวตามความหนาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 7 เนื่องจากขี้เลื่อยไม้สักเป็นวัสดุที่ชอบน้ำ เมื่อปริมาณขี้เลื่อยลดลงความสามารถในการดูดซับน้ำก็ลดลง จึงส่งผลให้แผ่นปาร์ติเกิลมีการพองตัวตามความหนาน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอำไพศักดิ์ (อำไพศักดิ์ และคณะ, 2551) ซึ่งแสดงไว้ว่าปริมาณตัวประสานที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการพองตัวที่น้อยลง โดยแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำการทดลองนี้ แนวโน้มการพองตัวลงในทุกขนาดของขี้เลื่อยไม้สัก

นอกจากนั้นมาตรฐานกำหนดการพองตัวตามความหนาไม่เกินร้อยละ 15 ดังนั้นแผ่นปาร์ติเกิลทุกขนาดขี้เลื่อยไม้สัก และทุกอัตราส่วนผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยการพองตัวตามความหนาของแผ่นปาร์ติเกิล (อีพอกซี : ขี้เลื่อยไม้สัก)

ค่าเฉลี่ยการพองตัวตามความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก (ร้อยละ)					
อัตราส่วน	ขนาดเล็ก	ขนาดผสม	ขนาดใหญ่	อีพอกซี	มอก.966-2547
50:50	4.238±0.631[a]	4.373±0.410[a]	3.038±0.461[a]	0.591±0.480	ไม่เกิน 15
60:40	3.099±0.829[b]	3.037±0.423[b]	2.372±0.338[b]		
70:30	1.862±0.920[c]	1.266±0.955[c]	2.098±0.149[c]		
80:20	0.937±0.548[d]	0.528±0.799[d]	0.888±0.296[d]		
F-test	**	**	**		

หมายเหตุ : a, b, c และd ในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P-value ≤ 0.05)

จากการทดสอบ พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลทำจากขี้เลื่อยขนาดผสม และอัตราส่วนที่ 50:50 มีความเหมาะสมที่สุดสามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ภายในอาคารได้

4.1.2 สภาพการนำความร้อน (thermal conductivity)

จากการทดสอบ พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่มีปริมาณขี้เลื่อยไม้สักลดลง ค่าสภาพการนำความร้อนค่อยๆเพิ่มขึ้น แผ่นปาร์ติเกิลทำจากขี้เลื่อยทุกขนาดมีค่าการนำความร้อนแตกต่างกันเล็กน้อย โดยแผ่นทำจากขี้เลื่อยขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ยสภาพการนำความร้อนอยู่ในช่วง 0.078±0.002-0.167±0.005 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ตามด้วยแผ่นทำจากขี้เลื่อยขนาดผสม และแผ่นทำจากขี้เลื่อยขนาดเล็กอยู่ในช่วง 0.114±0.002-0.179±0.024 และ0.128±0.024-0.154±0.021 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ตามลำดับ ดังตารางที่ 8 เนื่องจากขี้เลื่อยไม้สักมีความหนาแน่นต่ำ และเมื่อนำมาผสมกับอีพอกซี ซึ่งเป็นของเหลวอนุภาคของขี้เลื่อยไม้สักจะขัดขวางการรวมตัวกันของอีพอกซีส่งผลให้มีช่องว่างภายในเกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นที่วัดได้ ส่งผลให้สภาพการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งสภาพการนำความร้อนไม่มีมาตรฐานกำหนด แต่หากการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลน้อย ก็จะเหมาะต่อการนำไปใช้เป็นผนังกันความร้อน (ทัศนีย์, 2548) แผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักในครั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับการนำความร้อนของไม้อัด ไฟเบอร์ซีเมนต์ แผ่นยิบซัม ฉนวนจากข้าวโพด

และมันสำปะหลังของธนัญชัย (ธนัญชัย และคณะ, 2549) พบว่า มีค่าการนำความร้อนใกล้เคียงกัน เหมาะกับการนำไปใช้ทำฉนวนกันความร้อนฝ้าตัวในอาคาร หรือฝ้าเพดานได้

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยสภาพการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิล (อีพอกซี : ขี้เลื่อยไม้สัก)

ค่าเฉลี่ยสภาพการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก (วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน)				
อัตราส่วน	ขนาดเล็ก	ขนาดผสม	ขนาดใหญ่	อีพอกซี
50:50	0.128±0.024	0.114±0.002^{b}	0.078±0.002^{b}	0.180±0.037
60:40	0.129±0.011	0.115±0.010^{b}	0.085±0.11^{b}	
70:30	0.136±0.012	0.129±0.004^{b}	0.151±0.004^{a}	
80:20	0.154±0.021	0.179±0.024^{a}	0.167±0.005^{a}	
F-test	N	**	**	

หมายเหตุ: a และ b ในแนวตั้งขี้เลื่อยขนาดผสม และขาดใหญ่ หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P-value ≤ 0.05)

N หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ (P-value ≥ 0.05)

จากตารางที่ 8 เมื่อเปรียบเทียบสภาพการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก 4 อัตราส่วน พบว่า แผ่นทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดเล็กทุกอัตราส่วนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนแผ่นทำจากขี้เลื่อยขนาดผสม และขนาดใหญ่ พบว่า อัตราส่วนที่ 50:50, 60:40 มีความแตกต่างจากอัตราส่วนที่ 70:30, 80:20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นทำจากขี้เลื่อยขนาดใหญ่มีค่าสภาพการนำความร้อนต่ำกว่าคือ 0.078±0.002-0.167±0.005 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน แต่เนื่องจากเป็นการลดต้นทุน และเวลาในการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก ซึ่งอัตราส่วนที่ 50:50 ขี้เลื่อยไม้สักขนาดผสมมีความเหมาะสมสามารถนำไปพัฒนาแผ่นปาร์ติเกิล เป็นฝ้านเพดาน หรือผนังกันความร้อนได้

หลังจากที่นำแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักทั้ง 3 ขนาด และ 4 อัตราส่วนไปทดสอบเชิงกายภาพ เช่น ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และการพองตัวตามความหนา ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง และสภาพการนำความร้อน พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักทุกขนาด ทุกอัตราส่วนมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง แต่เนื่องจากอีพอกซี

มีราคาค่อนข้างแพง เพื่อลดต้นทุนในการทำแผ่นปาร์ติเกิล ดังนั้น จึ่งเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด โดยอัตราส่วนที่มีอีพอกซีน้อยที่สุดเพื่อมาทำแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อไปทดสอบเชิงกายภาพคือ ค่าความต้านทานแรงดัด และมอดูลัสยืดหยุ่น โดยเลือกอัตราส่วนที่ 50:50 ขี้เลื่อยขนาดเล็ก ขนาดผสม ขี้เลื่อยขนาดใหญ่อัตราส่วนที่ 50:50 มีช่องว่างมากทำให้การยึดเกาะของอีพอกซี และขี้เลื่อยไม่ทั่วถึง จึงเลือกอัตราส่วนที่ 60:40 และเนื่องจากแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักนี้ จะนำไปผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ประเภทภายในบ้าน งานเบาบางเท่านั้น เช่น ฝ้าเพดาน ตู้ใส่ของเป็นต้น

4.1.3 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล (mechanical properties)

1) ความต้านทานแรงดัด (modulus of rupture, MOR)

จากการทดสอบแผ่นปาร์ติเกิลทำจากขี้เลื่อยไม้สักทั้ง 3 ขนาดคือ ขี้เลื่อยขนาดเล็ก ขนาดผสม และขนาดใหญ่ อัตราส่วน 50:50, 50:50 และ 60:40 พบว่า แผ่นทำจากขี้เลื่อยขนาดผสมมีค่าความต้านแรงดัดสูงที่สุดคือ 1.96±0.29 ตามด้วยขี้เลื่อยขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ 1.63±0.45 และ1.51 ±0.08 เมกะพาสคัล ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลแต่ละอัตราส่วนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ดังตารางที่ 9 ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับการนำเศษวัสดุเหลือใช้จากไม้ยูคาลิปตัสในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้กาว 60 ต่อเศษฝุ่นไม้ยูคาลิปตัสร้อยละ 40 ของนวรัตน์ (นวรัตน์ และคณะ, 2557) ใช้เวลาการอัด 30 นาที มีค่าความต้านทานแรงดัดเฉลี่ยเท่ากับ 5.32 เมกะพาสคัล ซึ่งได้ค่าสูงกว่าการทดลองครั้งนี้ เนื่องจากได้ใช้เครื่องจักรเข้าในกระบวนการผลิตแต่มีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางเช่นกัน

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงดัดของแผ่นปาร์ติเกิล (อีพอกซี : ขี้เลื่อยไม้สัก)

อัตราส่วน	ขี้เลื่อย	ความต้านทานแรงดัด (MPa)	F-test
50:50	ขนาดเล็ก	1.63±0.45	N
50:50	ขนาดผสม	1.96±0.29	
60:40	ขนาดใหญ่	1.51±0.08	
มอก. 966-2547		ไม่น้อยกว่า 20	

หมายเหตุ: N หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ (P-value ≥ 0.05)

2) มอดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elastic, MOR)

จากการทดสอบแผ่นปาร์ติเกิลทำจากขี้เลื่อยไม้สักค่ามอดุลัสยืดหยุ่น พบว่า อัตราส่วน 50:50 ขี้เลื่อยขนาดผสมให้ค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 200.443±19.598 เมกะพาสคัล แผ่นทำจากขี้เลื่อยขนาดเล็ก และขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ยเท่ากันคือ 124.254±53.514 และ124.922±47.303 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลทำจากขี้เลื่อยไม้สักแต่ละอัตราส่วนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังตารางที่ 10 และแผ่นปาร์ติเกิลมีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นปาร์ติเกิลจากแกนกันชงเพื่อเป็นแผ่นผนังตกแต่งในอาคาร โดยใช้กาวยูเรีย-ฟอมัลดิไฮด์ร้อยละ 13 เป็นการอัดร้อน 12-15 นาที่ พบว่า ให้ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยเท่ากับ 878.91 เมกะพาลคัล ซึ่งให้ค่าสูงกว่าแผ่นปาร์ติเกิลทำจากขี้เลื่อยไม้สักครั้งนี้ แต่ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นไม่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางเช่นกัน (วนารัตน์ และคณะ, 2562)

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นปาร์ติเกิล (อีพอกซี : ขี้เลื่อยไม้สัก)

อัตราส่วน	ขี้เลื่อย	มอดุลัสยืดหยุ่น (MPa)	F-test
50:50	ขนาดเล็ก	124.254±53.514	N
50:50	ขนาดผสม	200.443±19.598	
60:40	ขนาดใหญ่	124.922±47.303	
มอก.966-2547		2,200	

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ (P-value ≥ 0.05)

4.2 คำนวณต้นทุนในการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก

ต้นทุนในการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สักครั้งนี้ เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการวิจัยเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งในโรงเลื่อย เพื่อเป็นการลดปัญหามลพิษจากการเผาขี้เลื่อยทิ้ง และช่วยลดปริมาณขี้เลื่อยไม้สักในโรงเลื่อย แบ่งต้นทุนการทำแผ่นปาร์ติเกิลออกเป็น ต้นทุนด้านวัสดุ (อีพอกซี) ดังตารางที่ 11 นำไปเปรียบเทียบราคากับแผ่นปาร์เกิลราคากลางตามท้องตลาดทั่วไป และแผ่นไม้สักในโรงเลื่อยที่สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และราชอาณาจักรไทย ตารางที่ 12

4.2.1 ต้นทุนด้านวัสดุ

ต้นทุนด้านวัสดุในการทำแผ่นปาร์ติเกิลขนาด 400x250x15 มิลลิเมตร ซึ่งวัสดุหลักที่ใช้สำหรับการทำแผ่นปาร์ติเกิลได้แก่อีพอกซี และขี้เลื่อยไม้สัก แต่เนื่องจากขี้เลื่อยไม้สักเป็นสิ่งเศษเหลือในโรงเลื่อย ส่วนอีพอกซีมีราคาในการทดลอง จำเป็นต้องได้คำนวณโดยการคิดเทียบกับปริมาณที่ใช้ในการทำต่อแผ่นข้อมูลที่ได้แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ต้นทุนด้านวัสดุ (อีพอกซี A และ B)

อัตราส่วน	ขี้เลื่อย	น้ำหนักต่อแผ่น (กรัม)	ปริมาณอีพอกซี (กรัม)	ราคาต่อแผ่น (บาท)
50:50	ขนาดเล็ก	900	450	150.81
50:50	ขนาดผสม	850	425	142.36
60:40	ขนาดใหญ่	800	480	160.75

4.2.2 เปรียบเทียบราคาแผ่นไม้สัก และแผ่นปาร์ติเกิล

เมื่อนำแผ่นปาร์ติเกิลทำจากขี้เลื่อยไม้สักทั้ง 3 ขนาด มาเปรียบเทียบราคาแผ่นไม้ปาร์เก้ ฝ้าเพดาน จากไม้สัก (ไม้จริง) ที่สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว แผ่นปาร์ติเกิลที่ขายในร้านทั่วไป (เปลือย) ราคากลาง และไม้สักแปรรูปที่ประเทศไทย พบว่า แผ่นไม้ปาร์เก้ ฝ้าเพดานจากไม้สัก (ไม้จริง) ที่สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และแผ่นปาร์ติเกิลขายในร้านทั่วไป (เปลือย) ราคากลาง มีราคาถูกกว่า ส่วนแผ่นไม้สักแปรรูปที่ประเทศไทย เช่น แผ่นขนาด 2x1x3, 2x1x6 และ 2x1x10 ฟุต มีราคา 2,750.10, 4,068.50 และ 4,635.00 บาทต่อลูกบาศก์ฟุต ตามลำดับ ส่วนแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักทั้ง 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดผสม และ ขนาดใหญ่ มีราคา 3,770.25, 3,559 และ 4,018.75 บาทต่อลูกบาศก์ฟุต ตามลำดับ ตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบราคาระหว่างไม้ปาร์เก้ แผ่นไม้สัก (ไม้จริง) แผ่นปาร์ติเกิลตามร้านขายไม้ทั่วไป และแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก

ลำดับ	ประเภทแผ่น	ขนาด (ฟุต)	ราคาต่อลูกบาศก์ฟุต
1	ไม้ปาร์เก้ (ฝ้าเพดาน) ไม้สักไม้จริงที่ ส ปป ลาว	0.32 x 0.03 x 6.56	466.66
		0.32 x 0.06 x 6.56	433.33
		0.49 x 0.04 x 6.56	633.33
แหล่งที่มา: โรงเลื่อยบุณนำเมืองเชียงเงิน			
2	แผ่นไม้สัก (ไม้จริง) ที่ประเทศไทย	2 x 1 x 3	2,750.10
		2 x 1 x 6	4,068.50
		2 x 1 x 10	4,635.00
แหล่งที่มา: https://www.onestockhome.com			
3	แผ่นปาร์ติเกิล (เปลือย) ร้านทั่วไป ตามท้องตลาด	4 x 0.02 x 8	335.93
		4 x 0.03 x 8	260.41
		4 x 0.04 x 8	210.93
		4 x 0.06 x 8	182.29
แหล่งที่มา: http://www.108wood.com 2564			
4	แผ่นปาร์ติเกิลทำจาก ขี้เลื่อยไม้สัก	1.31 x 0.82 x 0.04 (ขนาดเล็ก)	3,770.25
		1.31 x 0.82 x 0.04 (ขนาดผสม)	3,559
		1.31 x 0.82 x 0.04 (ขนาดใหญ่)	4,018.75

4.3 ความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก

4.3.1 ความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อย

การประเมินสอบถามความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อยในเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ได้แบ่งแบบสอบถามเป็น 4 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ภาพรวมของธุรกิจไม้ในโรงเลื่อย

ส่วนที่ 2 การนำเข้าวัตถุดิบ (ไม้สัก) ปริมาณขี้เลื่อย ขี้กบต่อเดือน และการจัดการในโรงเลื่อย

ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อยต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก

ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ส่วนที่ 1 ภาพรวมของธุรกิจไม้ในโรงเลื่อย

ปัจจุบันที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบางสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว มีโรงเลื่อยทั้งหมด 8 โรง ซึ่งในเมื่อก่อนได้ตัดไม้ธรรมชาติ และไม้ปลูกเพื่อนำมาทำเป็นไม้ปาร์เก้ ทำเป็นเฟอร์นิเจอร์จำหน่ายภายใน และต่างประเทศ แต่เนื่องจากปัจจุบันการตัดไม้ตามป่าธรรมชาติได้ยุติลง ซึ่งได้ตัดไม้ปลูก (ไม้สักอย่างเดียว) โดยทั่วไปได้นำไม้ท่อน มาผ่านกระบวนการให้เป็นไม้ขนาดเล็กตามความต้องการของลูกค้า เพื่อจำหน่ายภายในแขวงหลวงพระบาง และส่งออกไปประเทศจีน เพื่อใช้เป็นไม้ปาร์เก้ เพดานบ้าน และเฟอร์นิเจอร์ เช่น โต๊ะ ตู้ เตียง เก้าอี้ เป็นต้น

2) ส่วนที่ 2 การนำเข้าวัตถุดิบ (ไม้สัก) ปริมาณขี้เลื่อย ขี้กบต่อเดือน และการจัดการในโรงเลื่อย

จากผลการประเมินสอบถามความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อย 8 โรงที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบางสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พบว่า ไม้ที่นำเข้ามาผ่านกระบวนการในโรงเลื่อยเป็นไม้สักทั้งสิ้นประมาณ 615 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน มาผ่านกระบวนผลิตให้เป็นไม้ปาร์เก้ แผ่นไม้ที่มีขนาดเล็กลง หรือเป็นเฟอร์นิเจอร์ตามความต้องการของลูกค้าเช่น ทำเป็น เก้าอี้ ตู้ โต๊ะวางของใช้ตามบ้าน สำนักงานที่ทำงานของรัฐ ร้านขายของทั่วไป ร้านอาหาร เป็นต้น สิ่งเศษเหลือที่เกิดขึ้นจากกระบวนผลิตต่างๆนั้นมี เปลือกไม้ ปีกไม้ ขี้เลื่อย ขี้กบ กิ่ง ก้าน สำหรับการกำจัดกับสิ่งเศษเหลือ (ขี้เลื่อย ขี้กบ) จากกระบวนการผลิตในโรงเลื่อยส่วนมากนิยมขายให้คนจีนไปเผาเป็นถ่านปริมาตรประมาณ 2,770 กิโลกรัมต่อเดือน ตามด้วยทิ้งในพื้นที่โรงเลื่อยประมาณ 2,100 กิโลกรัมต่อเดือน เผาทิ้ง และให้ชาวบ้านนำไปทำปุ๋ย ตามลำดับ นอกจากนั้น ยังพบว่า สิ่งเศษเหลือที่มีมากที่สุดเป็นช่วงเดือนมกราคม ถึง เดือน มิถุนายนของทุกๆปี โดยมีขี้เลื่อย ขี้กบเหลือทิ้งประมาณ 800-1,000 กิโลกรัมต่อวัน คิดเป็นปริมาตร 24-30 ตันต่อเดือน และ 162 ตันต่อปี ซึ่งถือว่ามีสิ่งเศษเหลือจากกระบวนการผลิตในโรงเลื่อยที่มีปริมาตรมาก จากการสำรวจ พบว่า โรงเลื่อยไม่มีปัญหาในการจัดการของเหลือทิ้ง แต่เพื่อลดปัญหาของเหลือทิ้งในโรงเลื่อยไม้ให้น้อยลงมีโรงเลื่อย 5 โรงที่มีความสนใจการนำสิ่งเศษเหลือกลับมาใช้ใหม่ เพื่อเป็นนวัตกรรม แต่ไม่พร้อมที่จะลงทุน มี 1 โรงเลื่อยที่พร้อมจะลงทุนในขนะที่มี 1 โรงเลื่อยที่ไม่สนใจ และมี 1 โรงเลื่อย ที่ไม่แน่ใจ ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 การนำเข้าวัตถุดิบ (ไม้สัก) ปริมาณขี้เลื่อย ขี้กบต่อเดือน และการจัดการในโรงเลื่อย

1 ประเภทไม้ที่นำเข้ามาผ่านกระบวนการในโรงเลื่อย	ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน
ไม้สักมีปริมาตรทั้งหมด	615
2. ไม้ที่นำเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต	ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน
ไม้ท่อน	485
ไม้กึ่งสำเร็จรูป	84
ไม้เลื่อย	20
ไม้ซอย	26
3. สิ่งเศษเหลือที่เกิดจากกระบวนการผลิตในโรงเลื่อย	
เปลือกไม้ ปีกไม้ ขี้เลื่อย ขี้กบ	
4. วิธีจัดการกับสิ่งเศษเหลือ (ขี้เลื่อย ขี้กบ) จากกระบวนการผลิต	กิโลกรัมต่อเดือน
เผา	470
ทิ้งในพื้นที่โรงเลื่อย	2,100
ให้ชาวบ้าน	175
ผลิตถ่าน	2,770
5. ช่วงเดือนที่มีขี้เลื่อย และขี้กบมากที่สุด	
เดือน มกราคม ถึง เดือน มิถุนายนของทุกๆปี	
6. ขี้เลื่อย ขี้กบที่เกิดขึ้นในโรงเลื่อยปริมาตรต่อวัน	จำนวนโงเลื่อย
50-100	3
101-200	2
201-300	3
7. การจัดการของเหลือทิ้งในโรงเลื่อย	จำนวนโรงเลื่อย
ไม่มีปัญหา	6
เป็นปัญหาที่ยุ่งอยาก	1
ไม่ได้สนใจกับสิ่งเหล่านั้น	1
8. เพื่อลดปัญหาของเหลือทิ้งในโรงเลื่อยไม่ให้น้อยลงท่านมีความสนใจหรือไม่	จำนวนโรงเลื่อย
สนใจ พร้อมที่จะลงทุน	5
สนใจ แต่ไม่พร้อมที่จะลงทุน	1
ไม่สนใจ	1
ไม่แน่ใจ	1

3) ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อยต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก

จากการประเมินสอบถามความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อย 8 โรง ที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบางสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยขนาดเล็ก พบว่าแผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ (โต๊ะ เก้าอี้ ตู้ เตียง) มีค่าเฉลี่ย 4.63 เป็นค่าความพึงพอใจระดับมากที่สุด และแผ่นปาร์ติเกิลมีความแข็งแรงคงทนมีค่าเฉี่ย 3.50 เป็นค่าความพึงพอใจระดับปานกลาง ส่วนข้ออื่นๆ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.75-4.50 เป็นค่าความพึงพอใจระดับมาก และ มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยขนาดเล็กเท่ากับ 4.1 เป็นค่าความพึงพอใจระดับมาก ดังตารางที่ 14

จากการประเมินสอบถามความพึงพอใจ เจ้าของโรงเลื่อย 8 โรง ที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบางสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยขนาดผสม พบว่า ขี้เลื่อยมีความเหมาะสมในการทำแผ่นปาร์ติเกิล และแผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นฝ้าเพดาน ทั้ง 2 มีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 เป็นค่าพึงพอใจระดับมากที่สุด และแผ่นปาร์ติเกิลมีความแข็งแรงคงทนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.25 เป็นพึงพอใจระดับปานกลาง ส่วนข้ออื่นๆ มีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.75-4.50 เป็นค่าที่พึงพอใจระดับมาก และค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อย 8 โรง ที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบางสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดผสมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.1 เป็นค่าความพึงพอใจระดับมาก ดังตารรงที่ 15

จากการประเมินสอบถามความพึงพอใจเจ้งของโรงเลื่อย 8 โรง ที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบางสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ต่อแผนปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดใหญ่ พบว่ามีค่าความพึงพอใจระดับปานกลาง ถึง ความพึงพอใจระดับมากเช่น แผ่นปาร์ติเกิลสามารถใช้ทดแทนไม้จริงในงานไม้ทั่วไปได้ และแผ่นปาร์ติเกิลมีความแข็งแรงคงทนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.38 และ 3.50 เป็นค่าความพึงพอใจในระดับปานกลาง นอกเหนือนั้นเป็นความพึงพอใจในระดับมาก และค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อยต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักเท่ากับ 3.9 ซึ่งเป็นค่าความพึงพิใจในระดับมาก ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 14 ความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อยจำนวน 8 โรง ต่อแผนที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดเล็ก

ลำดับ	รายละเอียดการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ							
		5	4	3	2	1	$\bar{X}$	S. D	ความหมาย
1	แผ่นปาร์ติเกิลมีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร	3	4	1	0	0	4.25	0.66	มาก
2	ขี้เลื่อยมีความเหมาะสมในการทำแผ่นปาร์ติเกิล	3	3	2	0	0	4.13	0.78	มาก
3	แผ่นปาร์ติเกิลแสดงความเป็นธรรมชาติของไม้ลวดลายชัดเจน (มีความสวยงาม)	2	5	1	0	0	4.13	0.60	มาก
4	แผ่นปาร์ติเกิลมีความแข็งแรงคงทน	0	4	4	0	0	3.50	0.50	ปานกลาง
5	แผ่นปาร์ติเกิลสะท้อนแนวคิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น (ลดการเผาทิ้ง การสร้างขยะล้นเหลือในโรงงานสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์)	4	4	0	0	0	4.50	0.50	มาก
6	แผ่นปาร์ติเกิลสามารถใช้แทนไม้จริงในงานไม้ทั่วไปได้	1	4	2	1	0	3.63	0.86	มาก
7	แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะ สมในการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ (โต๊ะ เก้าอี้ ตู้ เตียง)	5	3	0	0	0	4.63	0.48	มากที่สุด
8	แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะ สมในการนำมาทำเป็นฝ้าเพดาน	3	5	0	0	0	4.38	0.48	มาก
9	แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะ สมในการนำมาทำเป็นของที่ระลึก (นาฬิกา กล่องใส่อุปกรณ์)	0	6	2	0	0	3.75	0.43	มาก
10	แผ่นปาร์ติเกิลสามารถนำมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ และท่านพร้อมที่จะซื้อและสนับสนุน (เพราะเป็นนวัตกรรมใหม่)	2	5	1	0	0	4.13	0.60	มาก
เฉลี่ย		2.5	4.3	1.5	0.3	0.1	4.1	0.6	มาก

ตารางที่ 15 ความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อยจำนวน 8 โรง ต่อแผนที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดผสม

ลำดับ	รายละเอียดการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ							
		5	4	3	2	1	$\bar{X}$	S. D	ความหมาย
1	แผ่นปาร์ติเกิลมีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร	5	3	0	0	0	4.63	0.48	มากที่สุด
2	ขี้เลื่อยมีความเหมาะสมในการทำแผ่นปาร์ติเกิล	2	5	1	0	0	4.13	0.60	มาก
3	แผ่นปาร์ติเกิลแสดงความเป็นธรรมชาติของไม้ลวดลายชัดเจน (มีความสวยงาม)	2	3	2	0	0	4.00	0.76	มาก
4	แผ่นปาร์ติเกิลมีความแข็งแรงคงทน	0	3	4	1	0	3.25	0.66	ปานกลาง
5	แผ่นปาร์ติเกิลสะท้อนแนวคิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น (ลดการเผาทิ้ง การสร้างขยะล้นเหลือในโรงงานสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์)	3	4	1	0	0	4.25	0.66	มาก
6	แผ่นปาร์ติเกิลสามารถใช้แทนไม้จริงในงานไม้ทั่วไปได้	1	4	3	0	0	3.75	0.66	มาก
7	แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ (โต๊ะ เก้าอี้ ตู้ เตียง)	4	4	0	0	0	4.50	0.50	มาก
8	แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นฝ้าเพดาน	5	3	0	0	0	4.63	0.48	มากที่สุด
9	แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นของที่ระลึก (นาฬิกา กล่องใส่อุปกรณ์)	1	6	1	0	0	4.00	0.50	มาก
10	แผ่นปาร์ติเกิลสามารถนำมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ และท่านพร้อมที่จะซื้อและสนับสนุน (เพราะเป็นนวัตกรรมใหม่)	2	5	1	0	0	4.13	0.60	มาก
เฉลี่ย		2.7	4	1.5	0.3	0.1	4.1	0.6	มาก

ตารางที่ 16 ความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อยจำนวน 8 โรง ต่อแผนที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดใหญ่

ลำดับ	รายละเอียดการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ							
		5	4	3	2	1	$\bar{X}$	S. D.	ความหมาย
1	แผ่นปาร์ติเกิลมีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร	2	5	1	0	0	4.13	0.60	มาก
2	ขี้เลื่อยมีความเหมาะสมในการทำแผ่นปาร์ติเกิล	2	3	3	0	0	3.88	0.78	มาก
3	แผ่นปาร์ติเกิลแสดงความเป็นธรรมชาติของไม้ลวดลายชัดเจน (มีความสวยงาม)	3	2	2	2	0	3.67	1.15	มาก
4	แผ่นปาร์ติเกิลมีความแข็งแรงคงทน	0	4	3	1	0	3.38	0.70	ปานกลาง
5	แผ่นปาร์ติเกิลสะท้อนแนวคิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น (ลดการเผาทิ้ง การสร้างขยะล้นเหลือในโรงงานสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์)	4	3	1	0	0	4.38	0.70	มาก
6	แผ่นปาร์ติเกิลสามารถใช้แทนไม้จริงในงานไม้ทั่วไปได้	1	3	3	1	0	3.50	0.87	ปานกลาง
7	แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์(โต๊ะ เก้าอี้ ตู้เตียง)	4	4	0	0	0	4.50	0.50	มาก
8	แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นฝ้าเพดาน	1	6	0	1	0	3.88	0.78	มาก
9	แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นของที่ระลึก (นาฬิกา กล่องใส่อุปกรณ์)	28	44	16	8	4	3.84	1.05	มาก
10	แผ่นปาร์ติเกิลสามารถนำมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ และท่านพร้อมที่จะซื้อและสนับสนุน (เพราะเป็นนวัตกรรมใหม่)	2	5	0	1	0	4.00	0.87	มาก
เฉลี่ย		4.7	7.5	2.9	1.5	0.5	3.9	0.8	มาก

4) ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะ

- ปรับปรุงการอัดแผ่นปาร์ติเกิลให้มีความหนาแน่นอีก และการยึดเกาะให้ดีกว่าแผ่นที่นำไปสอบถามความพึงพอใจในครั้งนี้
- ร่วมมือกับภาคส่วนอื่น เพื่อสืบต่อพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถส่งเสริมให้ชาวบ้านเห็น และรับรู้คุณค่าของขี้เลื่อยไม้สัก

4.3.2 ความพึงพอของใจประชาชน 100 คนต่อแผ่นปาร์ติเกิล

การประเมินสอบถามความพึงพอใจประชาชนจำนวน 100 คน ที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ได้แบ่งแบบสอบถามเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ถูกสอบถาม

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของประชาชนต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ถูกสอบถาม

จากผลการประเมินสอบถามความพึงพอใจของประชาชนจำนวน 100 คนที่เมืองเชียงเงินแขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยปะชาชนลาว พบว่า กลุ่มถูกสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 62 ด้านอายุ ส่วนมากมีอายุต่ำกว่า 25 ปี ซึ่งเป็นนักศึกษาร้อยละ 24 ด้านอาชีพ พบว่าส่วนใหญ่เป็นรับราชการคิดเป็นร้อยละ 43 ด้านระดับการศึกษา พบว่า จบมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. ร้อยละ 38 และด้านรายได้ พบว่า ส่วนใหญ่มีรายได้ 5,001-10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 45 ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลการสอบถามความพึงพอใจของประชาชนต่อแผ่นปาร์ติเกิล

ข้อมูลพื้นฐานของผู้ถูกสอบถาม	ร้อยละ
1 เพศ	
ชาย	62
หญิง	38
2 อายุ	
ต่ำกว่า 25 ปี	24
25-29 ปี	17
30-34 ปี	17
35-40 ปี	23
41 ขึ้นไป	19
3 สถานภาพ	
สมรด	58
โสด	41
ย่า/หม้าย	1
4 อาชีพ	
รับราชการ	43
นักศึกษา	21
พนักงานเอกชน	27
ประกอบอาชีพส่วนตัว	9
5 ระดับการศึกษา	
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	38
ปวส./อนุปริญญา	29
ปริญญาตรี	31
ปริญญาโท	2
6 รายได้	
ต่ำกว่า 5,000 บาท	43
5,001-10,000 บาท	45
10,001-15,000 บาท	4
15,001-20,000 บาท	8

2) ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของประชาชนต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก

จากผลการประเมินสอบถามความพึงพอใจของประชาชนที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบางสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดเล็ก พบว่า ค่าความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ยกเว้นข้อที่ 4 แผ่นปาร์ติเกิลมีความแข็งแรง คงทนมีค่าเฉลี่ย 3.44 เป็นความงพึงพอใจระดับปานกลาง และค่าความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.2 เป็นความพึงพอใจในระดับมาก ดังตารางที่ 18

ผลการประเมินสอบถามความพึงพอใจของประชาชนที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบางสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดผสม พบว่า มีความพึงพอใจอยู่ในช่วง 4.03-4.47 เป็นความพึงพอใจในระดับมากทั้งหมด และค่าความพึงพอใจของประชาชนต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดผมค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.3 เป็นความพึงพอใจในระดับมาก ดังตารางที่ 19 ซึ่งความพึงพอใจของประชาชนต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยขนาดผสมมีความสอดคล้องกับค่าที่วัดได้จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และ สภาพการนำความร้อนที่ทดลองในครั้งนี้ โดยแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยผสมมีค่าที่เหมาะสม และดีกว่าขี้เลื่อยขนาดเล็ก และขี้เลื่อยขนาดใหญ่

จากผลการประเมินสอบถามความพึงพอใจของประชาชนที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบางสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดใหญ่ พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นฝ้าเพดานได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55 เป็นความพึงพอใจระดับมากที่สุด ส่วนที่เหลือเป็นความพึงพอใจในระดับมาก และความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.2 เป็นความพึงพอใจในระดับมาก ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 18 ความพึงพอใจของประชาชน 100 คน ต่อแผนที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดเล็ก

ลำดับ	รายละเอียดการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ							
		5	4	3	2	1	$\bar{X}$	S. D	ความหมาย
1	แผ่นปาร์ติเกิลมีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร	39	46	13	2	0	4.22	0.74	มาก
2	ขี้เลื่อยมีความเหมาะสมในการทำแผ่นปาร์ติเกิล	52	36	8	4	0	4.36	0.79	มาก
3	แผ่นปาร์ติเกิลแสดงความเป็นธรรมชาติของไม้ลวดลายชัดเจน (มีความสวย งาม)	39	47	10	3	1	4.20	0.81	มาก
4	แผ่นปาร์ติเกิลมีความแข็งแรงคงทน	11	35	43	9	2	3.44	0.88	ปานกลาง
5	แผ่นปาร์ติเกิลสะท้อนแนวคิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น (ลดการเผาทิ้ง การสร้างขยะ ล้นเหลือในโรงงานสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์)	33	41	18	7	1	3.98	0.94	มาก
6	แผ่นปาร์ติเกิลสามารถใช้แทนไม้จริงในงานไม้ทั่วไปได้	46	35	13	4	2	4.19	0.95	มาก
7	แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ (โต๊ะ เก้าอี้ ตู้ เตียง)	51	37	9	3	0	4.36	0.77	มาก
8	แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นฝ้าเพดาน	49	38	11	2	0	4.34	0.75	มาก
9	แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นของที่ระลึก (นาฬิกา กล่องใส่อุปกรณ์)	36	44	18	1	1	4.13	0.81	มาก
10	แผ่นปาร์ติเกิลสามารถนำมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ และท่านพร้อมที่จะซื้อและสนับสนุน (เพราะเป็นนวัตกรรมใหม่)	52	41	7	0	0	4.45	0.62	มาก
เฉลี่ย		37.5	36.7	13.9	3.4	0.7	4.2	0.8	มาก

ตารางที่ 19 ความพึงพอใจของประชาชน 100 คน ต่อแผนที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดผสม

ลำดับ	รายละเอียดการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ							
		5	4	3	2	1	$\bar{X}$	S. D	ความหมาย
1	แผ่นปาร์ติเกิลมีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร	53	35	12	0	0	4.45	0.36	มาก
2	ขี้เลื่อยมีความเหมาะสมในการทำแผ่นปาร์ติเกิล	47	39	13	1	0	4.3	0.84	มาก
3	แผ่นปาร์ติเกิลแสดงความเป็นธรรมชาติของไม้ลวดลายชัดเจน (มีความสวย งาม)	52	41	6	1	0	4.44	0.65	มาก
4	แผ่นปาร์ติเกิลมีความแข็งแรงคงทน	33	45	18	2	2	4.03	0.96	มาก
5	แผ่นปาร์ติเกิลสะท้อนแนวคิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น (ลดการเผาทิ้ง การสร้างขยะ ล้นเหลือในโรงงานสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์)	58	32	8	2	0	4.46	0.73	มาก
6	แผ่นปาร์ติเกิลสามารถใช้แทนไม้จริงในงานไม้ทั่วไปได้	44	43	9	4	0	4.23	0.98	มาก
7	แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ (โต๊ะ เก้าอี้ ตู้ เตียง)	51	42	5	2	0	4.46	0.33	มาก
8	แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นฝ้าเพดาน	50	39	9	2	0	4.35	0.84	มาก
9	แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นของที่ระลึก (นาฬิกา กล่องใส่อุปกรณ์)	33	49	14	3	1	4.08	0.91	มาก
10	แผ่นปาร์ติเกิลสามารถนำมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ และท่านพร้อมที่จะซื้อและสนับสนุน (เพราะเป็นนวัตกรรมใหม่)	47	38	9	5	1	4.21	1.06	มาก
เฉลี่ย		43	37	9.6	2.2	0.5	4.3	0.8	มาก

ตารางที่ 20 ความพึงพอใจของประชาชน 100 คน ต่อแผนที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดใหญ่

ลำดับ	รายละเอียดการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ							
		5	4	3	2	1	$\bar{X}$	S. D	ความหมาย
1	แผ่นปาร์ติเกิลมีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร	58	32	10	0	0	4.48	0.67	มาก
2	ขี้เลื่อยมีความเหมาะสมในการทำแผ่นปาร์ติเกิล	46	35	14	5	0	4.22	0.87	มาก
3	แผ่นปาร์ติเกิลแสดงความเป็นธรรมชาติของไม้ลวดลายชัดเจน (มีความสวย งาม)	39	47	12	2	0	4.23	0.73	มาก
4	แผ่นปาร์ติเกิลมีความแข็งแรงคงทน	22	34	39	3	2	3.71	0.91	มาก
5	แผ่นปาร์ติเกิลสะท้อนแนวคิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น (ลดการเผาทิ้ง การสร้างขยะล้นเหลือในโรงงานสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์)	29	43	21	5	2	3.92	0.93	มาก
6	แผ่นปาร์ติเกิลสามารถใช้แทนไม้จริงในงานไม้ทั่วไปได้	34	39	21	1	5	3.96	1.02	มาก
7	แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ (โต๊ะ เก้าอี้ ตู้ เตียง)	53	37	10	0	0	4.43	0.67	มาก
8	แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นฝ้าเพดาน	64	27	9	0	0	4.55	0.65	มากที่สุด
9	แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นของที่ระลึก (นาฬิกา กล่องใส่อุปกรณ์)	28	44	16	8	4	3.84	1.05	มาก
10	แผ่นปาร์ติเกิลสามารถนำมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ และท่านพร้อมที่จะซื้อและสนับสนุน (เพราะเป็นนวัตกรรมใหม่)	48	36	10	3	3	4.23	0.96	มาก
เฉลี่ย		38.7	34.4	15	2.6	1.5	4.2	0.8	มาก

3) ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

1) ถ้านำแผ่นปาร์ติเกิลมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ภายในบ้านเช่น โต๊ะ ตู้ เตียง ต้องพัฒนาแผ่นปาร์ติเกิลมีความแข็งแรงขึ้นกว่านี้โดยการเคลือบ หรือเพิ่มสารแข็งตัว และต้องคำนึงถึงการใช้งานเป็นหลัก

2) แผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้สักนี้อาจจะไม่เหมาะสมทำเป็นเฟอร์นิเจอร์นอกบ้าน เนื่องจากไม่สามารถรับน้ำหนักได้มาก เมื่อโดนน้ำจะทำให้แผ่นปาร์ติเกิลมีความทนทานน้อย แตกหักได้ง่าย

3) กรณีนำไปทำเป็นฝ้าเพดานเพื่อกันความร้อนมีความเหมาะสม แต่ต้องทำให้ผิวหน้าของแผ่นปาร์ติเกิลเรียบดี เพิ่มความหนาแน่น และลดน้ำหนักลง

4) ต้องพัฒนาให้แผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักให้เป็นรูปร่าง หรือผลิตภัณฑ์ที่สามารถยอมรับได้จากสังคม เพราะเป็นการใช้สิ่งเศษเหลือกลับมาใช้ใหม่เพื่อทดแทนไม้ (เป็นนวัตกรรมใหม่ๆ) ขี้เลื่อยมีจำนวนมาก ซึ่งไม่มีใครที่ทำมาก่อน และเป็นการใช้ไม้สักให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้

5) เป็นงานวิจัยที่สามารถต่อยอดได้ และสามารถส่งเสริมชุมชน หรือครัวเรือนได้ โดยอาศัยทรัพยากรที่มีในปัจจุบันเพื่อหลีกเลี้ยงปัญหามลพิษที่เกิดจากกระบวนการในโรงเลื่อยไม้

4.4 การวิเคราะห์ความเป็นเป็นไปได้ในการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก

จากการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ต้นทุนการทำแผ่นปาร์ติเกิลค่อนข้างสูง ถ้าเทียบกับแผ่นไม้สักที่ขายในประเทศลาว เนื่องจากอีพอกซีมีราคาแพง แต่อย่างไรก็ตามขี้เลื่อยไม้สักมีศักยภาพเหมาะสมที่จะนำไปทำเป็นแผ่นปาร์ติเกิลใช้ทดแทนไม้ได้ โดยการใช้สาร หรือตัวประสานปะเภทอื่นที่มีราคาถูก หรือในกรณีใช้อีพอกซีต้องเพิ่มกรรมวิธีในการทำก็จะทำให้ต้นทุนน้อย

จากผลการประเมินแบบสอบถาม พบว่า เจ้าของโรงเลื่อยที่ดำเนินธุรกิจไม้โดยให้ความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักว่า ขี้เลื่อยไม้สักมีความเหมาะสม และเป็นไปได้ในการที่จะนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ภายในอาคาร และฝ้าเพดานได้ เพื่อใช้ทดแทนไม้สัก โดยให้ค่าความพึงพอใจทั้ง 3 แผ่นคือ แผ่นที่ทำจากขี้เลื่อยขนาดเล็ก ขี้เลื่อยผสม และขี้เลื่อยขนาดใหญ่ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.03 เป็นค่าความพึงพอใจในระดับดีมาก ส่วนประชาชนจำนวน 100 คนที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง ก็มีความพึงพอใจเหมือนกัน ซึ่งให้ความคิดเห็นว่า แผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักเป็นนวัตกรรมใหม่ๆที่ไม่ซ้ำของใคร และมีความเหมาะสมที่นำไปพัฒนาเป็นเฟอร์นิเจอร์ เช่น ตู้ โต๊ะ เก้าอี โดยให้ค่าความพึงพอใจทั้ง 3 แผ่น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 เป็นค่าความพึงพอใจในระดับดีมาก

สำหรับการลดปัญหาสิ่งเหลือทิ้งในโรงเลื่อยนั้น พบว่า ปัจจุบัน มีขี้เลื่อย ขี้กบเกิดขึ้นจากกระบวนการต่างๆในโรงเลื่อยที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง นับตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนมิถุนายนของทุกๆปี ขี้เลื่อย ขี้กบเป็นสิ่งเศษเหลือประมาณ 800-1,000 กิโลกรัมต่อวัน ประมาณ 24-

30 ตันต่อเดือน และในช่วงที่มีการผลิตในโรงเลื่อยอาจมีขี้เลื่อย ขี้กบประมาณ 162 ตัน ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งเศษเหลือที่มากพอสมควร ถ้าหากการนำสิ่งเศษเหลือ (ขี้เลื่อย ขี้กบ) จากโรงเลื่อยกับมาใช้ใหม่เพื่อเพิ่มมูลค่า ก็สามารถสร้างรายได้จำนวณมากให้กลับสถานประกอบการ ชุมชน ยังลดปัญหาการเผาขี้เลื่อยไม้สักทิ้งได้ และเป็นแนวความคิดสร้างสรรค์ที่สังคมกำลังให้ความสำคัญ ในอนาคตอาจจะเพิ่มกรรมวิธีในการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สักเพื่อลดต้นทุนจะมีความเป็นไปได้สูง โดยใช้เครื่องจักรเข้ามาในกระบวนทำแผ่นปาร์ติเกิล ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก และงานวิจัยครั้งนี้ก็เป็นแนวทางในการที่จะนำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สักไปพัฒนาให้ดีที่สุดในขั้นตอนต่อไป

บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การศึกษา การเพิ่มมูลค่าขี้เลื่อยไม้สักในโรงเลื่อยที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบางเป็นแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อการผลิตเฟอร์นิเจอร์ ผ่านการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สภาพการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลทำจากขี้เลื่อยไม้สัก 3 ขนาด และ 4 อัตราส่วน 12 สูตร คือ 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 และสมบัติเชิงกล 3 อัตราส่วน การวิเคราะห์ความเป็นไปได้การทำแผ่นปาร์ติเกิ และประเมินสอบถามความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อย และประชาชน 100 คน ต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ 3 อัตราส่วนในครั้งนี้สามารถสรุปได้ดังนี้

จากการทดสอบ 4 อัตราส่วน พบว่า อัตราส่วนอีพอกซีต่อขี้เลื่อยไม้สักที่เหมาะสมที่จะสามารถนำไปพัฒนาเป็นแผ่นปาร์เกิลเพื่อการผลิตเฟอร์นิเจอร์ คือ อัตราส่วนที่ 50:50 และ ขี้เลื่อยผสม เนื่องจากอัตราส่วนดังกล่าวได้ผ่านการทดสอบค่าความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และการพองตัวตามความหนา มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.966-2547 และ ใช้ปริมาณอีพอกซีน้อยเป็นการลดต้นทุนในการทำแผ่นปาร์ติเกิล

สมบัติทางกายภาพ คือ ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และการพองตัวตามความหนาทุกอัตราส่วนมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.966-2547 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง และสภาพการนำความร้อน มีความเหมาะสมที่จะไปเป็นฝ้าเพดานหรือ ผนังกันความร้อนได้ ส่วนสมบัติเชิงกลทุกอัตราส่วน ค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.966-2547 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง แต่อย่างไรก็ตามแผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ภายในบ้านประเภทเบาบางได้เช่น ตู้ ฝ้าเพดาน หรือผนังกันความร้อนได้ กรณีจะนำไปพัฒนาเป็นเฟอร์นิเจอร์ประเภทงานหนักเช่น โต๊ะ ตู้ ต้องเคลือบผิวด้วยเมลามิน และอื่นๆ

ต้นทุนของแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักมีราคาสูงกว่า แผ่นปาร์ติเกิลทั่วไปในท้องตลาดที่ประเทศไทย และแผ่นไม้สักที่ขายในโรงเลื่อย ที่สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว แต่มีราคาใกล้เคียงกับแผ่นไม้สักแปรรูปที่ขายในท้องตลาดที่ประเทศไทย โดยคิดเป็นลูกบาศก์ฟุต แต่อย่างไรก็ตามขี้เลื่อยไม้สักมีความเหมาะสมที่สามารถนำไปทำเป็นแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อการผลิตเฟอร์นิเจอร์ใช้ทดแทนไม้สักได้ ในเมื่อหากใช้กรรมวิธีในการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สักจะทำให้ลดต้นทุนต่ำได้

การประเมินความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อยต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยขนาดเล็ก ขี้เลื่อยผสม และขนาดใหญ่ คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.1, 4.1 และ 3.9 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.03

เป็นความพึงพอใจในระดับมาก และความพึงพอใจของประชาชนจำนวน 100 คน ให้ความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลต่อแผ่นปาร์ติเกิลทำจากขี้เลื่อยขนาดเล็ก ขี้เลื่อยผสม และขนาดใหญ่ คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.2, 4.3 และ 4.2 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 เป็นความพึงพอใจในระดับมากเช่นกัน

ขี้เลื่อยไม้สักมีศักยภาพที่เหมาะสมในการที่จะนำไปทำเป็นแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อการผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ใช้ทดแทนไม้สักได้ เนื่องจากเป็นสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบ (เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน) และมีขี้เลื่อยไม้สักในเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงงพระบางเหลือทิ้งเป็นปริมาณมาก

5.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

จากการทำแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สักในครั้งนี้ ผ่านการทดสอบ พบว่า อัตราส่วนอีพอกซี : ขี้เลื่อยไม้สักในอัตราส่วน 50:50 และขี้เลื่อยขนาดผสมมีความเหมาะสมที่สุด ในงานวิจัยครั้งต่อไปควรทำการผสมอัตราส่วนแตกต่างกัน และนำไปทดสอบบางค่าดังต่อไปนี้

1) ใช้อัตราส่วน อีพอกซี : ขี้เลื่อยไม้สัก หรือขี้เลื่อยไม้ประเภทอื่นในอัตราส่วน 45:55, 40:60 และ 35:65 หรือน้อยกว่านี้ เพื่อลดต้นทุนในการทำแผ่นปาร์ติเกิล และใช้การอัดร้อนแทนการอัดเย็น

2) นำแผ่นปาร์ติเกิลไปทดสอบความต้านทานแรงดัด และค่ามอดูลัสอีกครั้งเพื่อความถูกต้องและได้ข้อมูลที่ชัดเจนขึ้น เนื่องจากการทดสอบในครั้งนี้ มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย และนำแผ่นไปทดสอบการกันเสียงเพื่อสามารถนำไปพัฒนาใช้แทนแผ่นโฟมได้

3) ไม่จำเป็นร่อนขี้เลื่อย เพื่อแยกขนาดเนื่องจากขี้เลื่อยขนาดผสมมีความเหมาะสมที่สุดในการผสมกับอีพอกซี และยังเป็นการประยัดเวลาด้วย

4) ทำให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ และให้ประชาชนนำไปใช้ก่อนแล้วสอบถามความพึงพอใจในการใช้ผลิตภัณฑ์จากขี้เลื่อยไม้สัก เนื่องจากการทดลองในครั้งนี้เป็นครั้งแรก เป็นเพียงความคิดเห็นหรือแนวทางในเบื้องต้นในการที่จะพัฒนาเป็นเฟอร์นิเจอร์เท่านั้น

5) การสอบถามความพึงพอใจให้มีหลากหลายอาชีพ ทั้งภายใน และต่างประเทศเช่น นักลงทุนชาวต่างชาติ และองค์กรใหญ่ๆ ที่ให้ความสำคัญทางสิ่งแวดล้อม

6) ขี้เลื่อยไม้สักอาจไม่เหมาะสมนำมาทำเป็นแผ่นปาร์ติเกิลที่ประเทศลาว เนื่องจากปัจจุบัน ยังมีไม้มาก และประชาชนยังไม่ให้ความสำคัญเท่าที่ควร แต่มีความเหมาะสมที่นำไปทำแผ่นปาร์ติเกิล ที่ต่างประเทศ เช่น ประเทศไทย เป็นต้น

บรรณานุกรม

Avsfencing.co.uk,2021. Radiata pine plywood sheet. [online] แหล่งที่มา https:// www. avsfencing.co.uk. Radiata pine plywood sheet. 11/6/2021.

Akiko inoguchi และ สุกัณ บุณทะปะดิด. 2020. พื้นที่ป่าไม้ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชน ลาว. กองสำรวจ และวางแผนป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงกสิกรม และป่าไม้.

Cherryvalleyamishfurniture. 2021. In-door furniture living [online] แหล่งที่มา https:// cherryvalleyamish furniture. com in door furniture 11/6/2021.

Diynetwork.com. 2010. How to skills and know how painting tips for refinishing wooden ou tdoor furniture [online] แหล่งที่มา https://www.diynetwork.com. how to skills and know how painting tips for refinishing wooden outdoor furniture 11/6/2021.

Teknoyapi.com.tr. 2017. [online] แหล่งที่มาhttps://www.teknoyapi.com.tr/en/products / industrial-flooring-products/teknobond-350-epoxy-casting-resin

Harold, C, Michael, E, Obert, P, and SVilaysouk, S., 2016. Lao PDR 2015 census-based povery map, Province and district leval Results. Ministry of Planning and Investment, Lao Statistics Bureau, Vientiane Capital, Lao PDR.

Indofor group. 2560. Future Trends in Smallhoder Planttation Forestry. [online] Auailabee แหล่งที่มา https:// indoforgroup.com/future-trends-in-smallhoder-planttation-forestry. 18/9/2020.

Ittihadul I., Md. Atanu K., Das., Shah, Z., Md. Rumana., R. Md. and Shams, I., Md. 2014. Using of Rice Straw (*Oryza sativa* L.) for Better Purposes Fabricating and Evaluating of Physical and Mechanical Properties of Fiberboard. International Journal of Agricultural Science and Technology.

Indiamart.com.proddetail.plain.particleboard, 2017[online] แหล่งที่มา https://www.

indiamart.com proddetail plain particle board 11/6/2021

Ken, B., and Hongkham, S., 2016. Mapping and characterisation of plantation teak in Luang Prabang Province, Lao PDR. Canberra: ACIAR.

Midgley, S., Blyth, M., Mounlamai, K., Midgley, D. and Brown, A. 2007.Towards improving profitability of teak in integrated smallholder farming systems in northern Laos. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra, Australia.

Robert H., 2013. The Winding Road to Renewable Thermoset Polymers Part 5: Epoxies. ออนไลน์ แหล่งที่มา https://polymerinnovationblog.com/the-winding-road-to-renewable-thermoset-polymers-part-5-epoxies/4/7/2021

Sdlyhlsy.en. 2019. Made in china.com product. Fiberboard MDF Plywood. html [online] แหล่งที่มา https://sdlyhlsy.en.made in china.com product China High Density Fiberboard MDF Plywood html.11/6/2021.

กรมป่าไม้. 2556. องค์ความรู้ของไม้สักไทย. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กองสำรวจ และวางแผนป่าไม้. 2558. บทรายงานการสำรวจพื้นที่ป่าไม้ ปี 2015. กรมป่าไม้ กระ ทรวงกสิกรรม และป่าไม้.

กนกวรรณ อัสสานนท์, ศุภณัฐ โพธิ์ทอง, อนวรรษ ขัดวิลาศ, นิธิรัชต์ สงวนเดือน และพงศธร โสภาพันธ์. 2017. มอดูลัสการแตกร้าวของผ้าใบคอนกรีดในสภาวะแวดล้อมต่างๆ. การประชุมวิชา การระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 2.

กิตติยากรณ์ รองเมือง. 2558. การประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในที่โล่งแจ้ง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

แขนงป่าไม้. 2558. บทรายงานประจำปี การปลูกไม้สักในแขวงหลวงพระบาง. แผนกกสิกรรมและป่าไม้. แขวงหลวงพระบาง

โครงการฉลากเขียว. 2554. ข้อกำหนดฉลากเขียวผลิตภัณฑ์แผ่นอัดสำหรับงานอาคาร ตกแต่ง และอุตสาหกรรมเครื่องเรือน. คณะกรรมการบริหารโครงการฉลากเขียว สถาบันสิ่งแวดล้อม สำนักงานมาตรฐานผะลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

จารุณี เข็มพิลา, ชญานิศ นามไพร และอลิษา แก้วใส. 2562. การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากใบตะไคร้และ

ฟางข้าว. วารสารวิชาการปทุมวัน

ชาตรี หอมเขียว, วรพงศ์ บุณช่วยแทน และวรรธนพร ชีววุฒิพงศ์. 2559. การผลิตแผ่นใยไม้อัดปลอดสารพิษจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรม. สาขาศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงลคลศรีวิชัย.

ทัศนีย์ ทองก้านเหลือง, 2548. การศึกษาสมบัติเชิงกายภาพและสมบัติเชิงความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลจากทะลายปาล์มน้ำมัน. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี.

ธนัญชัย ปดุณวรกิจ, พันธุดา พุฒิไพโรจน์, วรธรรม อุ่นจิตติชัย และพรรณจิรา ทิศาวิภาต. 2549. งานประชุมวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และผังเมือง มหาวิทลัยธรรมศาสตร์

นงค์นุช กลิ่นพิกุล. 2557. การศึกษาแผ่นใยไม้อัดจากเศษขี้เลื่อยโดยใช้ผลผลิตจากครั่งเป็นตัวประ สาน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

ประชุม คำพุฒ, 2552. แผ่นวัสดุผสมโพลีเอทธิลีนเสรีมเส้นใยเปลือกทุเรียน. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ราชมงคลธัญบุรี

กามาศ ชูสิทธิ์ และภาณุเดชัดเงางาม. 2557. การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติจจากกากมะพร้าว และต้นข้าวโพด. มหวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม.

แผนกแถล่งข่าววัฒนธรรมและท่องเที่ยว. 2559. แผนยุทธศาสตร ส่งเสริมกิจกรรมการตลาดการท่องเที่ยว 2016-2020. แขวงหลวงพระบาง.

นวรัตน์ เหลืองไตรรัตน์, จตุรงต์ เลาหะเพ็ณแสง และทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา. 2557. การศึกษาแนวทางการแปรรูปวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมกระดาษ. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร.

กฤปวุฒิ พรวรศักดิ์. 2548. การศึกษาคุณสมบัติของขี้เลื่อยผสมกาว บัญฑิตวิทยาลัยสถาบันเทคโนโล ยีพระจอมเกล้าพระนคนเหนือ.

จักริน พรหมจิรสุข. 2546. การออกแบบวัตถุดิบ และการผลิตผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมขี้เลื่อยไม้ และพีวีซีในกระบวนการอัดรีด. สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทค โนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นิตยา พัดเกาะ. 2552. การศึกษาการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกลับมาใช้ใหม่ กรณีศึกษาฟางข้าว

และเปลือกข้าวโพดมาผลิตแผ่นผนังเบาในงานก่อสร้าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

บุญชม ศรีสะอาด. 2545. การวิจัยเบื้องต้น พิมพ์ครั้งที่ **7** กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์สุวีริยาสาสน์

ทศพร โพธิ์เนียม. 2559. การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากต้นธูปฤาษีการประยุกต์ใช้สำหรับงานประประดิษฐ์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

วัลยุทธ เฟื่องวิวัฒน์, ปิยะวดี บัวจงกล และวีรญา ธรรมขันธ์. 2557. การศึกษาการยึดแน่นของผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยูคาลิปตัสยูโรฟิลลา.

พนุชศดี เย็นใจ. 2559. การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากเศษเหลือทิ้งของไม้เสม็ดขาว.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิชิต ฤทธิ์จรุญ. 2547. ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์. กรุ่งเทพฯ เฮาสออฟ เคอรมีท.

ภคพล ลัคนาพรวิสิฐ, ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ และวรรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2554. กาวติดไม้ไร้สารฟอร์มัลดีไฮค์จากพอลีไวนิลแอลกอฮอล์กับน้ำมันซักแห้งธรรมชาติสำหรับงานแผ่นปาร์ติเกิล.

มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. 2556. ศูนย์ศึกษาการค้าระหว่างประเทศ คณะเศรษฐศาสตร์. อุตสาหกรรมไม้ยางพาราและผลิตภัณ.

โรงงานในลำดับที่ 34 (1). 2549. คู่มือมาตรฐานการตรวจสำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา. เลื่อย ไส ซอย เซาะร่องหรือการแปรรูปไม้ด้วยวิธีอื่นที่คล้ายคลึงกัน.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2555. วัสดุทดแทนไม้. กรมป่าไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ

วรธรรม อุ่นจิตติชัย และลัดดาวัลย์ ชื่นอารมย์. 2551. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลซีส. สำนักงาน และพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้.

วรรณพรรษศรณ์ ตริยะเกษม และมุกริน หิรัญตรีพล. 2553. ระบบบริหารราชการของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. สำนักงานคณพกรรมการข้าราชการพลเรือน(ก.พ) 47/111ถนนติวานนท์ ตำบนตลาดขวัญ อำเภอเมือง นนทบุรี

วนรัตน์ กรอิสรานุกูล, นวลวรรณ ทวยเจริญ และสุณาดา โสรธร. 2562. การพัฒนาแผ่นปารีติเกิลจากแกนกันชงเพื่อเป็นผนังตกแต่งภายในอาคาน. วารสารวิชาการพลังงานและสิ่งแวดล้อมในอาคานปีที่ 2 ฉบับที่ 3.

วารภรณ์ ตันรัตนกุล. (2549). บดรายงานวัจัยฉบับสมบุรณ์โครงการอพอกซี-เส้นใยแก้วคอมโพสิทอบ

ด้วยกลี่นไมโครเวฟ. คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์

สมพร ปัญญาใจ, อธิพงศ์ บุณส่ง, เดชา ไชยเคน, กนกกาญจน์ ว่องวัชรพร และวรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2551. บทรายงานประจำปี พ.ศ 2551 ฉนวนกันความร้อนจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัด กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ.กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานเลขานุการโครงการฉลากเขียว. 2554. ข้อกำนดฉลากสีเยวผลิตภัณฑ์แผ่นอัดสำหรับงานอาคาร ตกแต่ง และอุตสาหกรรมเครื่องเรือน. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

สำนักส่งเสริมการปูกป่า. 2556. ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน. กรมป่าไม้.

สำนักส่งเสริมการปลูกป่า. 2553. ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน. กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สิริชัย จิรวงศ์นุสรณ์, วิศิษฐ์ ลีลาผาติกุล และณิชาภา มินาบูลย์. 2556. การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลจากใบสนทะเลเพื่อเพิ่มมูลค่าจากขยะธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.

สุทธิชัย อุดมรัตน์ และผกานาศ ขูสิทธิ์. 2555. แผ่นใยไม้อัดจากเส้นต้นสำปะหลัง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม.

สมชาย เหลืองสด, ประชุม คำพุฒ, อรรคเดช ฤกษ์พิบูลย์ และสัจจะชาญ พรัดมะลี. 2560. การผลิตไม้อัดจากโพลิเอทธิลีนผสมเส้นใยปาล์มน้ำมันสำหรับวิสาหกิจชุมชน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

อิสริย์ ฮาวปินใจ. 2552. แผ่นชิ้นไม้อัดจากเศษเหลือไม้กฤษณา. บัณฑิตวิทยาลัย มหวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อนุวัตร วอลี. 2554. แผ่นไม้อัดจากผงขี้เลื่อยไม้ยางพาราผสมพลาสติกรีไซเคิล. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย.

อภิวัฒน์ ศรศักดา. 2555. โครงการออกแบบเครื่องเรือนประเภทลอยตัวให้ปรับเปรี่ยนรูปแบบได้ โดย

ได้รับแรงบันดาลใจจากลักษณะพับบรรจุภัณฑ์ใบตอง. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อำไพศักดิ์ ทิบุญมา, ชาคริต โพธิ์งาม, อาคม ปาสีโล และปนิชา ทุมมุ. 2551.บดรายงาน. การพัฒนาแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ทรกฎ อุตรา. 2560. วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์. มหาวิทยาลัยราชภัฏอดรธานี.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การคำนวณการเตรียม อีพอกซี และขี้เลื่อยไม้สักในการทำแผ่นปาร์ติเกิลขนาด 150x150x10 มิลลิเมตร และแผ่นปาร์ติเกิลขนาด 400x250x15 มิลลิเมตร

1 คำนวณปริมาณอีพอกซี A, B และน้ำหนักขี้เลื่อยไม้สักในอัตราส่วนที่ 50:50 (อีพอกซีต่อขี้เลื่อยไม้สัก) จากแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดเล็ก ซึ่งแผ่นมีขนาด 150x150x10 มิลลิเมตร มีน้ำหนักเท่ากับ 130 g คำนวณตามสมการ (1) และ (2) ดังต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณอีพอกซี (ml)} = \frac{\text{อัตราส่วนร้อยละ x น้ำหนักของแผ่นปาร์ติเกิล (g)}}{100\ \%} \qquad (1)$$

$$\text{น้ำหนักขี้เลื่อยไม้สัก (ml)} = \frac{\text{อัตราส่วนร้อยละ x น้ำหนักของแผ่นปาร์ติเกิล (g)}}{100\ \%} \qquad (2)$$

1) วิธีคำนวณอีพอกซีตามสมการ (1)

$$\text{ปริมาณอีพอกซี (ml)} = \frac{50 \text{ x } 130 \text{ (g)}}{100\ \%}$$

ปริมาณอีพอกซี = 65 ml

ซึ่งต้องผสมอีพอกซี 10:3, A=10, B=3 ได้ดังนี้

65 ml ÷13 ส่วน = 5 ml

A = 10 ส่วน x 5 ml = 50 ml และ B = 3 ส่วน x 5 ml =15 ml

2) วิธีคำนวณขี้เลื่อยไม้สักตามสมการ (2)

$$\text{น้ำหนักขี้เลื่อยไม้สัก (g)} = \frac{50 \text{ x } 130 \text{ (g)}}{100\ \%}$$

$$= 65 \text{ g}$$

ดังนั้น อีพอกซี 65 ml, อีพอกซี A =50 ml, B=15 ml และ ขี้เลื่อยไม้สัก = 65 g

2 คำนวณปริมาณอีพอกซี A, B และน้ำหนักขี้เลื่อยไม้สักในอัตราส่วน 60:40 (อีพอกซีต่อขี้เลื่อยไม้สัก) จากแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดเล็ก ซึ่งแผ่นมีขนาด 150x150x10 มิลลิเมตร มีน้ำหนักเท่ากับ 150 g คำนวณตามสูตรดังต่อไปนี้

1) วิธีคำนวณอีพอกซีตามสมการ (1)

$$\text{ปริมาณอีพอกซี (ml)} = \frac{60 \text{ x } 150 \text{ (g)}}{100 \text{ \%}}$$

$$= 90 \text{ ml}$$

ซึ่งต้องคำนวณอีพอกซีในอัตราส่วน 10:3 หา A=10, B=3 ได้ดังนี้

90 ml ÷13 ส่วน = 6.92 ml

A =10 ส่วน x 6.92 ml =69.2 ml และ B = 3 ส่วน x 6.92 ml =2.76 ml

2) วิธีคำนวณขี้เลื่อยไม้สักตามสมการ (2)

$$\text{น้ำหนักขี้เลื่อยไม้สัก (g)} = \frac{40 \text{ x } 150 \text{ (g)}}{100 \text{ \%}}$$

$$= 60 \text{ g}$$

ดังนั้น อีพอกซีรวม 90 ml, อีพอกซี A=69.2 ml, อีพอกซี B=20.76 ml และขี้เลื่อย = 60 g

3 คำนวณปริมาณอีพอกซี A, B และน้ำหนักขี้เลื่อยไม้สักในอัตราส่วน 70:30 (อีพอกซีต่อขี้เลื่อยไม้สัก) จากแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดเล็ก ซึ่งแผ่นมีขนาด 150x150x10 มิลลิเมตร มีน้ำหนักเท่ากับ 200 g คำนวณตามสมการดังต่อไปนี้

1) วิธีคำนวณอีพอกซีตามสมการ (1)

$$\text{ปริมาณอีพอกซี (ml)} = \frac{70 \text{ x } 200 \text{ (g)}}{100 \text{ \%}}$$

$$= 140 \text{ ml}$$

ซึ่งต้องผสมอีพอกซี 10:3 หา A=10, B=3 ได้ดังนี้

140 ml ÷13 ส่วน = 10.77 ml

A =10 ส่วน x 10.77 ml = 107.7 ml และ B = 3 ส่วน x 10.77 ml =32.31 ml

2) วิธีคำนวณขี้เลื่อยไม้สักตามสมการ (2)

$$\text{น้ำหนักขี้เลื่อยไม้สัก (g)} = \frac{30 \text{ x } 200 \text{ (g)}}{100 \text{ \%}}$$

$$= 60 \text{ g}$$

ดังนั้น อีพอกซีรวม 140 ml, อีพอกซี A=107.7 ml, อีพอกซี B= 32.31 ml และขี้เลื่อย = 60 g

4 คำนวณปริมาณอีพอกซี A, B และน้ำหนักขี้เลื่อยไม้สักในอัตราส่วน 80:20 (อีพอกซีต่อขี้เลื่อยไม้สัก) จากแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดเล็ก ซึ่งแผ่นมีขนาด 150x150x10 มิลลิเมตร มีน้ำหนักเท่ากับ 220 g คำนวณตามสมการดังต่อไปนี้

1) วิธีคำนวณอีพอกซีตามสมการ (1)

$$\text{ปริมาณอีพอกซี (ml)} = \frac{80 \text{ x } 220 \text{ (g)}}{100 \text{ \%}}$$

$$=176 \text{ ml}$$

ซึ่งต้องคำวนณอีพอกซี 10:3 หา A=10, B=3 ได้ดังนี้

176 ml ÷13 ส่วน =13.53 ml

A = 10 ส่วน x 13.53 ml =135.3 ml และ B = 3 ส่วน x 13.53 ml = 40.59 ml

2) วิธีคำนวณขี้เลื่อยไม้สักตามสมการ (2)

$$\text{น้ำหนักขี้เลื่อยไม้สัก (g)} = \frac{20 \text{ x } 200 \text{ (g)}}{100 \text{ \%}}$$

$$= 44 \text{ g}$$

ดังนั้น อีพอกซีรวม =176 ml, อีพอกซี A=135.3 ml, อีพอกซี B= 40.59 ml และขี้เลื่อย=44 g

5 คำนวณปริมาณอีพอกซี A, B และน้ำหนักขี้เลื่อยไม้สักในอัตราส่วน 50:50 (อีพอกซีต่อขี้เลื่อยไม้สัก) จากแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดเล็ก ซึ่งแผ่นมีขนาด 400x250x15 มิลลิเมตร มีน้ำหนักเท่ากับ 900 g คำนวณตามสูตรดังต่อไปนี้

1) วิธีคำนวณอีพอกซีตามสมการ (1)

$$\text{ปริมาณอีพอกซี (ml)} = \frac{50 \text{ x } 900 \text{ (g)}}{100 \text{ \%}}$$

$$= 450 \text{ ml}$$

ซึ่งคำนวณอีพอกซี 10:3 หา A=10, B=3 ได้ดังนี้

450 ml ÷13 ส่วน=34.61 ml

A =10 ส่วน x 34.61 ml = 346.1 ml และ B = 3 ส่วน x 34.61 ml =103.83 ml

2) วิธีคำนวณน้ำหนักขี้เลื่อยไม้สักตามสมการ (2)

$$\text{น้ำหนักขี้เลื่อยไม้สัก (g)} = \frac{50 \text{ x } 900 \text{ (g)}}{100 \text{ \%}}$$

$$= 450 \text{ g}$$

ดังนั้น อีพอกซีรวม=450 ml, อีพอกซี A=346.1 ml, อีพอกซี B=103.83 mlและขี้เลื่อย=450 g

6 คำนวณปริมาณอีพอกซี A, B และน้ำหนักขี้เลื่อยไม้สักในอัตราส่วน 50:50 (อีพอกซีต่อขี้เลื่อยไม้สัก) จากแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดผสม ซึ่งแผ่นมีขนาด 400x250x15 มิลลิเมตร มีน้ำหนักเท่ากับ 850 g คำนวณตามสมการดังต่อไปนี้

1) วิธีคำนวณอีพอกซีตามสมการ (1)

$$\text{ปริมาณอีพอกซี (ml)} = \frac{50 \text{ x } 850 \text{ (g)}}{100 \text{ \%}}$$

$$= 425 \text{ ml}$$

ซึ่งการคำนวณอีพอกซี 10:3 หา A=10, B=3 ได้ดังนี้

425 ml ÷13 ส่วน =32.69 ml

A= 10 ส่วน x 32.69 ml =326.9 ml, B= 3 ส่วน x 32.69 ml =98.07 ml

2) วิธีคำนวณขี้เลื่อยไม้สักตามสมการ (2)

$$\text{น้ำหนักขี้เลื่อยไม้สัก (g)} = \frac{\mathbf{50\ x\ 850\ (g)}}{\mathbf{100\ \%}}$$

$$= 425\ \text{g}$$

ดังนั้น อีพอกซี=425 ml, อีพอกซี A=326.9 ml, อีพอกซี B=98.07 ml และ ขี้เลื่อย=425 g

7 คำนวณปริมาณอีพอกซี A, B และน้ำหนักขี้เลื่อยไม้สักในอัตราส่วน 60:40 (อีพอกซีต่อขี้เลื่อยไม้สัก) จากแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดใหญ่ ซึ่งแผ่นมีขนาด 400x250x15 มิลลิเมตร มีน้ำหนักเท่ากับ 800 g คำนวณตามสมการดังต่อไปนี้

1) วิธีคำนวณอีพอกซีตามสมการ (1)

$$\text{ปริมาณอีพอกซี (ml)} = \frac{\mathbf{60\ x\ 800\ (g)}}{\mathbf{100\ \%}}$$

$$= 480\ \text{ml}$$

ซึ่งการคำนวณอีพอกซี 10:3 หา A=10, B=3 ได้ดังนี้

480 ml ÷13 ส่วน =36.92 ml

A =10 ส่วน x 36.92 ml = 369.2 ml และ B = 3 ส่วน x 36.92 ml =110.76 ml

2) วิธีคำนวณขี้เลื่อยไม้สักตามสมการ (2)

$$\text{น้ำหนักขี้เลื่อยไม้สัก (g)} = \frac{\mathbf{40\ x\ 800\ (g)}}{\mathbf{100\ \%}}$$

$$= 320\ \text{g}$$

ดังนั้น อีพอกซี=480 ml, อีพอกซี A=369.2 ml, อีพอกซี B=110.76 ml และขี้เลื่อย=320 g

8 จะทำแผ่นปาร์ติเกิลขนาด 40x25x1.5 เซนติเมตร ได้กี่แผ่น (อัตราส่วน 50:50 โดยขี้เลื่อยขนาดผสม) (ก) ถ้ามีขี้เลื่อยไม้สักปริมาฒ 1 ตัน (ข) อีพอกซี A จำนวณ 20 kg และจะใช้ อีพอกซี B เท่าไร

(ก) วิธีคำนวณ ขี้เลื่อยไม้สัก 1 ตัน จะทำแผ่นปาร์ติเกิลได้ดังต่อไปนี้

1 ตัน= 1,000 kg =1,000,000 cm^3

ปาร์ติเกิล 1 แผ่นมีน้ำหนัก = 850 g

1 แผ่นใช้ขี้เลื่อย $\Rightarrow$ 425 g

X $\Rightarrow$ 1,000,000 g

$$= \frac{1{,}000{,}000\ cm^3 \text{ x } 1 \text{ แผ่น}}{425 \text{ กรัม}}$$

$$= 2{,}352 \text{ แผ่น}$$

(ข) อีพอกซี A จำนวณ 20 kg และจะใช้ อีพอกซี B เท่าไร (kg) ในอัตราส่วน 10:3

อีพอกซีรวม 425 ml ต่อแผ่น, อีพอกซี A= 326.9 ml และอีพอกซี B=98.07 ml

20 kg =20,000 ml

1 แผ่นใช้อีพอกซี $\Rightarrow$ 425 ml

X $\Rightarrow$ 20,000 ml

$$\text{น้ำหนักขี้เลื่อยไม้สัก (g)} = \frac{20{,}000 \text{ ml x } 1 \text{ แผ่น}}{425 \text{ กรัม}}$$

$$= 47 \text{ แผ่น}$$

ใช้ อีพอกซี B 4,609. 29 ml หรือ 4.609 kg

ภาคพนวก ข

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และสภาพการนำความร้อนแผ่นปาร์ติเกิล

ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก

Descriptives

ขี้เลื่อยไม้สัก	อัตราส่วน	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ขนาดเล็ก	50:50	5	1.8220	.10426	.04663	1.6925	1.9515	1.65	1.91
	60:40	5	2.5860	.02510	.01122	2.5548	2.6172	2.57	2.63
	70:30	5	3.5500	.17930	.08019	3.3274	3.7726	3.36	3.77
	80:20	5	3.7700	.15492	.06928	3.5776	3.9624	3.62	4.00
	Total	20	2.9320	.80950	.18101	2.5531	3.3109	1.65	4.00
ขนาดผสม	50:50	5	2.0732	.23579	.10545	1.7804	2.3660	1.88	2.47
	60:40	5	2.6714	.11428	.05111	2.5295	2.8133	2.48	2.76
	70:30	5	3.4750	.11536	.05159	3.3318	3.6182	3.38	3.68
	80:20	5	3.7338	.12545	.05610	3.5780	3.8896	3.57	3.88
	Total	20	2.9884	.68990	.15427	2.6655	3.3112	1.88	3.88
ขนาดใหญ่	50:50	5	1.4000	.11467	.05128	1.2576	1.5424	1.28	1.54
	60:40	5	2.6000	.30356	.13576	2.2231	2.9769	2.17	2.90
	70:30	5	2.1520	.19715	.08817	1.9072	2.3968	1.90	2.37
	80:20	5	3.4360	.17573	.07859	3.2178	3.6542	3.14	3.60
	Total	20	2.3970	.78049	.17452	2.0317	2.7623	1.28	3.60

ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก

ANOVA

ขี้เลื่อยไม้สัก		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ขนาดเล็ก	Between Groups	12.180	3	4.060	240.058	.000
	Within Groups	.271	16	.017		
	Total	12.451	19			
ขนาดผสม	Between Groups	8.652	3	2.884	118.076	.000
	Within Groups	.391	16	.024		
	Total	9.043	19			
ขนาดใหญ่	Between Groups	10.874	3	3.625	82.824	.000
	Within Groups	.700	16	.044		
	Total	11.574	19			

ปริมาณความชื้นของแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก

Descriptives

ขี้เลื่อยไม้สัก	อัตราส่วน	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ขนาด เล็ก	50:50	5	7.7500	.28548	.12767	7.3955	8.1045	7.26	8.00
	60:40	5	6.6300	.26334	.11777	6.3030	6.9570	6.39	6.93
	70:30	5	4.9420	.28604	.12792	4.5868	5.2972	4.54	5.27
	80:20	5	3.4780	.23274	.10409	3.1890	3.7670	3.21	3.80
	Total	20	5.7000	1.68653	.37712	4.9107	6.4893	3.21	8.00
ขนาด ผสม	50:50	5	6.8340	.19680	.08801	6.5896	7.0784	6.61	7.00
	60:40	5	6.4280	.38009	.16998	5.9561	6.8999	5.80	6.79
	70:30	5	5.0360	.08142	.03641	4.9349	5.1371	4.94	5.13
	80:20	5	3.9100	.30042	.13435	3.5370	4.2830	3.56	4.23
	Total	20	5.5520	1.21367	.27138	4.9840	6.1200	3.56	7.00

ขนาด ใหญ่	50:50	5	7.3080	.32206	.14403	6.9081	7.7079	6.83	7.57
	60:40	5	6.2680	.13627	.06094	6.0988	6.4372	6.09	6.40
	70:30	5	5.3340	.30981	.13855	4.9493	5.7187	4.88	5.71
	80:20	5	3.6840	.28395	.12699	3.3314	4.0366	3.26	3.96
	Total	20	5.6485	1.38934	.31067	4.9983	6.2987	3.26	7.57

ปริมาณความชื้นของแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก

ANOVA

ขี้เลื่อยไม้สัก		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ขนาดเล็ก	Between Groups	52.896	3	17.632	245.880	.000
	Within Groups	1.147	16	.072		
	Total	54.044	19			
ขนาดผสม	Between Groups	26.867	3	8.956	127.900	.000
	Within Groups	1.120	16	.070		
	Total	27.987	19			
ขนาดใหญ่	Between Groups	35.479	3	11.826	158.267	.000
	Within Groups	1.196	16	.075		
	Total	36.675	19			

การพองตัวตามความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก

Descriptives

ขี้เลื่อยไม้สัก	อัตราส่วน	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ขนาดเล็ก	50:50	5	4.2392	.54812	.24513	3.5586	4.9198	3.60	5.04
	60:40	5	3.0994	.91951	.41122	1.9577	4.2411	1.98	4.54
	70:30	5	1.8624	.82868	.37059	.8335	2.8913	1.12	3.16
	80:20	5	.9372	.63107	.28222	.1536	1.7208	.08	1.65
	Total	20	2.5346	1.45212	.32470	1.8549	3.2142	.08	5.04

ขนาดผสม	50:50	5	4.3734	.79925	.35744	3.3810	5.3658	3.42	5.42
	60:40	5	3.0372	.95463	.42692	1.8519	4.2225	1.52	3.90
	70:30	5	1.2656	.42274	.18905	.7407	1.7905	.67	1.78
	80:20	5	.5282	.40997	.18334	.0192	1.0372	.21	1.04
	Total	20	2.3011	1.66775	.37292	1.5206	3.0816	.21	5.42
ขนาด ใหญ่	50:50	5	3.0380	.29643	.13257	2.6699	3.4061	2.64	3.47
	60:40	5	2.3720	.14890	.06659	2.1871	2.5569	2.22	2.54
	70:30	5	2.0980	.33774	.15104	1.6786	2.5174	1.64	2.51
	80:20	5	.8880	.46062	.20600	.3161	1.4599	.32	1.32
	Total	20	2.0990	.85406	.19097	1.6993	2.4987	.32	3.47

การพองตัวตามความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก

ANOVA

ขี้เลื่อยไม้สัก		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ขนาดเล็ก	Between Groups	31.141	3	10.380	18.612	.000
	Within Groups	8.924	16	.558		
	Total	40.065	19			
ขนาด ผสม	Between Groups	45.259	3	15.086	31.812	.000
	Within Groups	7.588	16	.474		
	Total	52.846	19			
ขนาด ใหญ่	Between Groups	12.114	3	4.038	37.022	.000
	Within Groups	1.745	16	.109		
	Total	13.859	19			

สภาพการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก									
Descriptives									
ขี้เลื่อยไม้สัก	อัตราส่วน	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ขนาดเล็ก	50:50	2	.1278	.02362	.01670	-.0844	.3400	.11	.14
	60:40	2	.1294	.01103	.00780	.0303	.2285	.12	.14
	70:30	2	.1362	.01167	.00825	.0314	.2411	.13	.14
	80:20	2	.1543	.03833	.02710	-.1900	.4986	.13	.18
	Total	8	.1369	.02128	.00752	.1191	.1547	.11	.18
ขนาดผสม	50:50	2	.1145	.00212	.00150	.0954	.1336	.11	.12
	60:40	2	.1141	.00976	.00690	.0264	.2018	.11	.12
	70:30	2	.1288	.00361	.00255	.0964	.1613	.13	.13
	80:20	2	.1791	.02418	.01710	-.0382	.3964	.16	.20
	Total	8	.1341	.03017	.01067	.1089	.1594	.11	.20
ขนาดใหญ่	50:50	2	.0784	.00163	.00115	.0637	.0930	.08	.08
	60:40	2	.0854	.01075	.00760	-.0112	.1820	.08	.09
	70:30	2	.1511	.00424	.00300	.1130	.1892	.15	.15
	80:20	2	.1670	.00502	.00355	.1219	.2122	.16	.17
	Total	8	.1205	.04206	.01487	.0853	.1556	.08	.17

สภาพการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก						
ANOVA						
ขี้เลื่อยไม้สัก		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ขนาดเล็ก	Between Groups	.001	3	.000	.516	.693
	Within Groups	.002	4	.001		
	Total	.003	7			
ขนาดผสม	Between Groups	.006	3	.002	10.845	.022
	Within Groups	.001	4	.000		

	Total	.006	7			
ขนาดใหญ่	Between Groups	.012	3	.004	101.000	.000
	Within Groups	.000	4	.000		
	Total	.012	7			

ความต้านทานแรงดัดของปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้

Descriptives

อัตราส่วน	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
50:50S	3	1.5933	.60136	.34720	.0995	3.0872	.97	2.17
50:50M	3	1.9600	.35791	.20664	1.0709	2.8491	1.55	2.21
60:40B	3	1.5067	.09713	.05608	1.2654	1.7479	1.40	1.59
Total	9	1.6867	.41015	.13672	1.3714	2.0019	.97	2.21

ความต้านทานแรงดัดของปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้

ANOVA

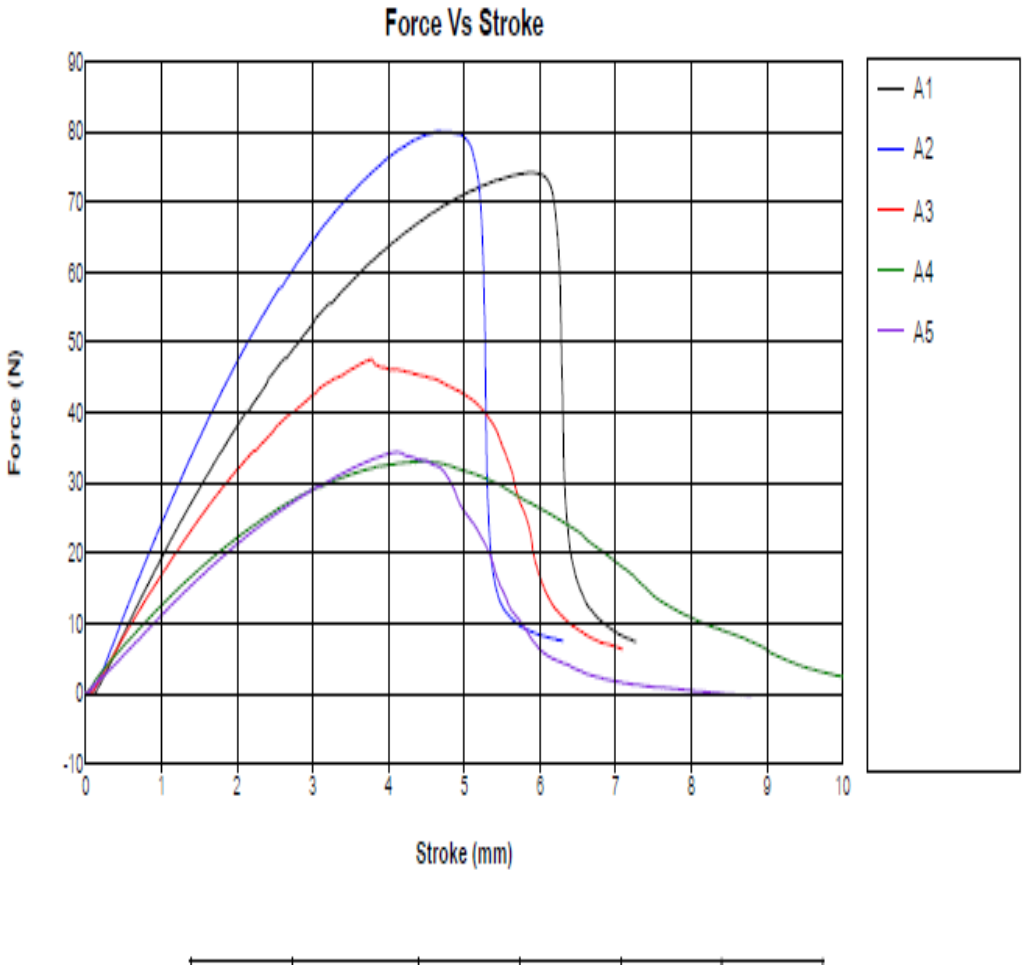
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.347	2	.174	1.044	.408
Within Groups	.998	6	.166		
Total	1.346	8			

ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก								
Descriptives								
อัตราส่วน	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
50:50S	3	1.2425E2	53.51412	30.89639	-8.6828	257.1901	62.95	161.64
50:50M	3	2.0044E2	19.59824	11.31505	151.7583	249.1277	178.67	216.67
60:40B	3	1.2492E2	47.30250	27.31011	7.4161	242.4279	85.52	177.38
Total	9	1.4987E2	53.00877	17.66959	109.1267	190.6190	62.95	216.67

ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก					
ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11508.683	2	5754.341	3.147	.116
Within Groups	10970.758	6	1828.460		
Total	22479.440	8			

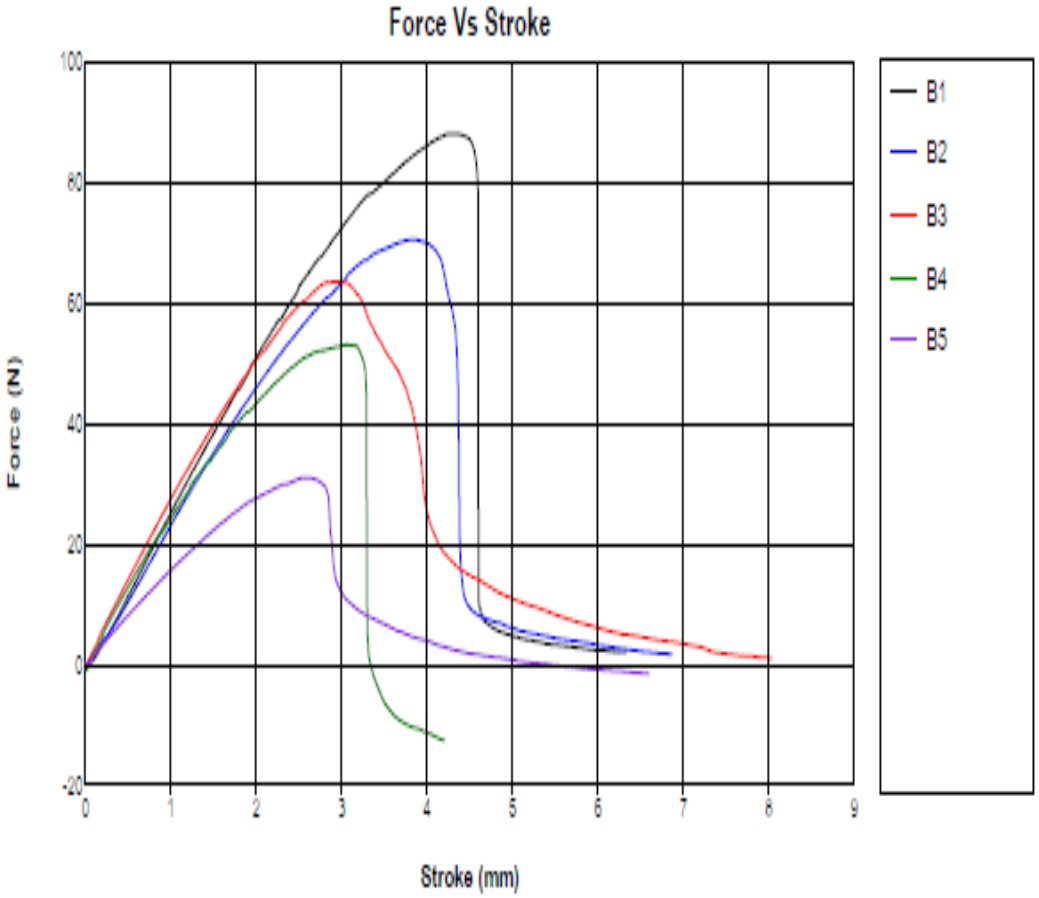
TEST REPORT

Testing Date : 15/03/2021



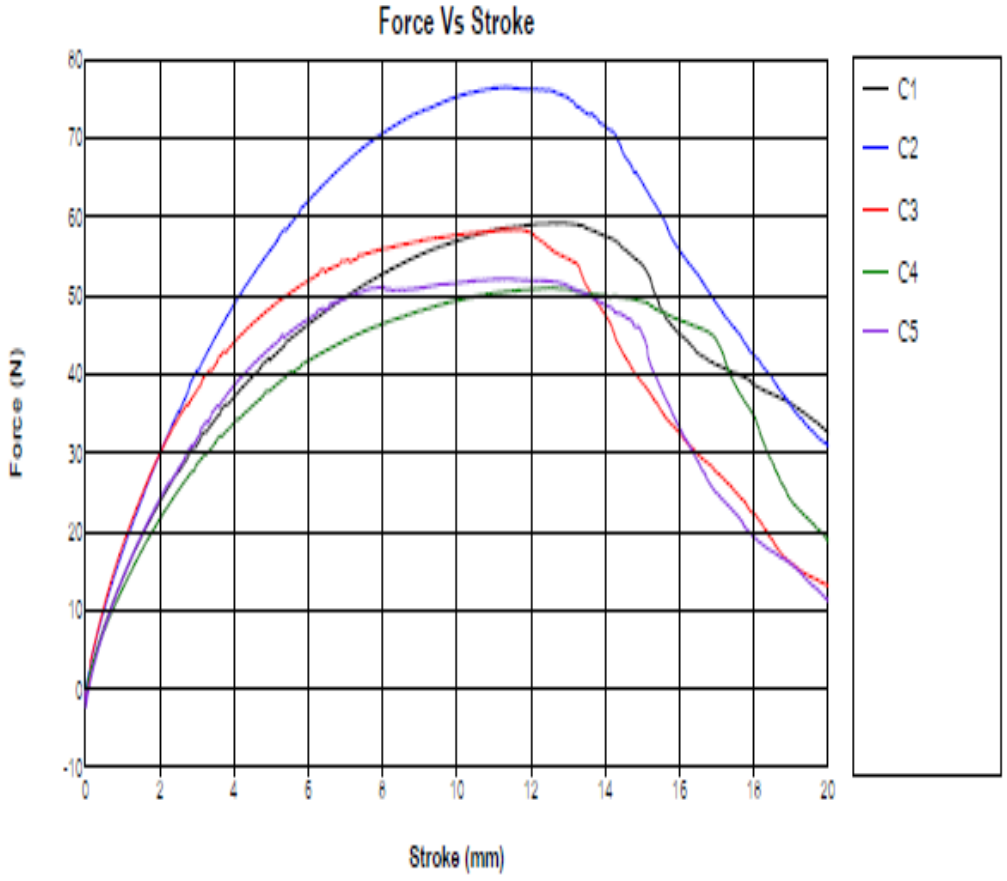
TEST REPORT

Testing Date : 15/03/2021



TEST REPORT

Testing Date :15/03/2021



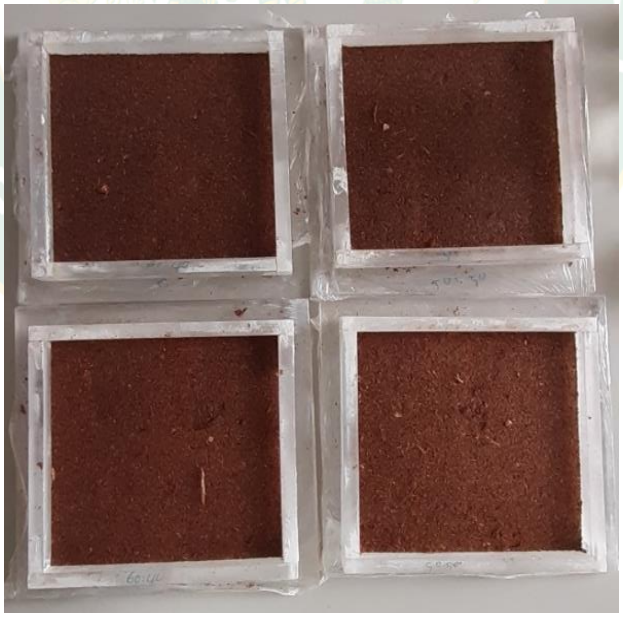
ภาคพนวก ค

บางรูปภาพประกอบ

ขี้เลื่อยไม้สักที่ทิ้งในโรงเลื่อยที่เมืองเชียงเงิน

เก็บขี้เลื่อยไม้สักเหลือทิ้งในโรงเลื่อยที่เมืองเชียงเงิน แขวง หลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวเพื่อไปทดลอง

ตระแก่รงเบอร์ 10 ที่ใช้ในการร่อนขี้เลื่อยไม้สักเพื่อแยกขนาด

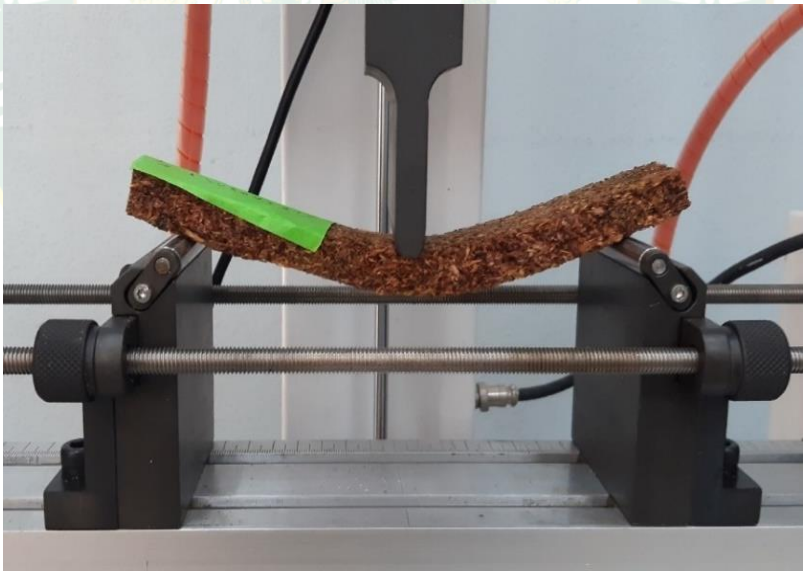


การขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลขนาด 150x150x10 มิลลิเมตร

แผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สักขนาด 150x150x10 มิลลิเมตร

ตัวอย่างที่นำไปทดสอบความหนาแน่นม ปริมาณความความชื้น และการพองตัวตามความหนา

การอบชิ้นงาน เพื่อทกสอบปริมาณความชื้น



การทดสอบสอบค่าความต้านแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น

การแตกหักของชิ้นงานภายหลังทดสอบค่าความต้านทานแรงดัด และค่ามอดูลัสยืดหยุ่น

การเตรียมผสมอีพอกซีต่อขี้เลื่อยไม้

การขึ้นรูปแผ่นขนาด 400x250x15 มิลลิเมตร

แผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สักขนาด 400x250x15 มิลลิเมตร

สอบถามความพึงพอใจเจ้าของโรงเลื่อย ที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง

การสอบถามความพึงพอใจของประชาชนต่อแผ่นปาร์ติเกิล ที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง

ภาคพนวก ค

แบบสอบถามเจ้าของโรงเลื่อย และประชาชนที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง

ที่ อว ๖๙.๕/๑๑๓๗

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย
เชียงใหม่ ๕๐๒๙๐

๒๓ พฤศจิกายน ๒๕๖๓

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลมาจัดทำการศึกษาวิทยานิพนธ์ (Thesis)

เรียน

ด้วย Mr.Chanpor YIACHONGTHOR รหัส ๖๒๐๔๓๐๑๐๐๒ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นนักศึกษาที่ได้รับทุนรัฐบาลไทยจากประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ประจำปีการศึกษา ๒๕๖๒ ได้ดำเนินการศึกษาวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การเพิ่มมูลค่าขี้เลื่อยไม้สักจากโรงเลื่อย ในเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง เป็นปาร์ติเกิลเพื่อการผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์" ซึ่งจะต้องมีการเก็บข้อมูลความพึงพอใจของประชาชนต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก เพื่อรวบรวมข้อมูลมาประกอบการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์

ในการนี้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จึงขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเข้าพบและดำเนินการสำรวจความพึงพอใจฯ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ด้วย จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐปน ชื่นบาล)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม
โทรศัพท์ ๐-๕๓๘๗-๓๘๗๐-๒
โทรสาร ๐-๕๓๘๗-๓๘๒๗

ສາທາລະນະລັດ ປະຊາທິປະໄຕ ປະຊາຊົນລາວ
ສັນຕິພາບ ເອກະລາດ ປະຊາທິປະໄຕ ເອກະພາບ ວັດທະນະຖາວອນ

ກະຊວງກະສິກຳ ແລະ ປ່າໄມ້
ກົມຈັດຕັ້ງ ແລະ ພະນັກງານ
ວິທະຍາໄລກະສິກຳ ແລະ ປ່າໄມ້ພາກເໜືອ

ເລກທີ 0297 /ອກປໜ
ຫຼວງພະບາງ,ວັນທີ 02-02-2021

ໜັງສືສະເໜີ

ຮຽນ : ທ່ານ ຫົວໜ້າ ຫ້ອງການກະສິກຳ ແລະ ປ່າໄມ້ ເມືອງ ຊຽງເງິນ ທີ່ເຄົາລົບ ແລະ ນັບຖື

ເລື່ອງ : ສະເໜີຂໍອະນຸມັດໃຫ້ ຄູອາຈານທີ່ກຳລັງຮຽນຕໍ່ປະລິນຍາໂທ ຢູ່ມະຫາວິທະຍາໄລ ແມ່ໂจ້ ລາຊະອານາจักไທ ລົງມາເກັບກຳຂໍ້ມູນ ຂຽນບົດວິທະຍານິພົນจົบຊັ້ນປະລິນຍາໂທ ພາຍໃต้ຫົວຂໍ້ " ການເພີ່ມມູນຄ່າຂີ້ເລື່ອຍໄມ້ສັກ ຈາກໂຮງເລື່ອຍຢູ່ໃນເມືອງ ຊຽງເງິນ ແຂວງ ຫຼວງພະບາງ ເປັນແຜ່ນປຣາສະຕິດເກີນເພື່ອການຜະລິດເປັນເຟີນີເจີ''.

- ອີງຕາມຂໍ້ຕົກລົງສະບັບເລກທີ 3681/ກປ, ລົງວັນທີ 02 ສິງຫາ (08) ປີ 2017 ວ່າດ້ວຍການจัดตั้ง ແລະ ການເຄື່ອນໄຫວຂອງວິທະຍາໄລກະສິກຳ ແລະ ປ່າໄມ້ ພາກເໜືອ;
- ອີງຕາມການແຜ່ລະບາດຂອງພະຍາດໂຄວິດ - 19 ໃນປະເທດໄທກໍ່ຄືໃນພາກພື້ນເພື່ອจำกัดถิ่นบໍ່ໃຫ້ເຂົ້າ - ອອກປະເທດ.

ວິທະຍາໄລກະສິກາ ແລະ ປ່າໄມ້ ພາກເໜືອ, ຂໍຖືເປັນກຽດຮຽນມາຍັງ **ທ່ານ ຫົວໜ້າ ຫ້ອງການ ກະສິກຳ ແລະ ປ່າໄມ້ ເມືອງ ຊຽງເງິນ** ເພື່ອສະເໜີ ຂໍອະນຸມັດໃຫ້ ຄູອາจาน ຄະນະວິชาป่าไม้ ຂອງວິທະຍາໄລກະສິກຳ ແລະ ປ່າໄມ້ ພາກເໜືອມາເກັບກຳຂໍ້ມູນ ແທນ ອา จาน จันปอ เย่ยจิงท่ำ ເນື່ອງจากว่าการแผ่ละบาดของพะยาดโถอิด - 19 ในประเทดไทเธ็ดให้ อาจาน จันปอ เย่ยจิงท่ำ ที่กำลังฮฺยนต่ปะลินยาโท ยู่มะหาอิทะยาไล แม่โจ้ ลาชะอานาจักไท เข้าประเทดบ่ได้เพื่อให้ได้ข้อมูนยู่ประเทดลาวไปประกอบการขฺยนบิดอิทะยานิพินจิบชั้นปะลินยาโทพายใต้หัวข้อ " **ການເພີ່ມມູນຄ່າຂີ້ເລື່ອຍໄມ້ສັກ ຈາກໂຮງເລື່ອຍໃນເມືອງ ຊຽງເງິນ ແຂວງ ຫຼວງພະບາງ ເປັນແຜ່ນປຣາສະຕິດເກີນ (Particleboard) ເພື່ອການຜະລິດເປັນເຟີນີเจี''** ໂดยจะได้เกับกำแบบฟอมสำพาดยู่โฮงเลื่อย, โฮงซอย, โฮงงานปุงแต่งไม้สัก, พะนักงานอิชาการ , นักทุละกิด ตะหฺอดธอดพากส่อมที่ก่ยวข้อง ແລະ ບັນดาะแหฺ่งการยู่พายในเมือง ซฺยงเงิน แของ หฺวงพะบาง เพื่อนำไปเป็นแมวทางในการพัดทะนาผะลิดตะพัน แผ่นปธาสะติเกิล, ข้มูนนี้ใช้ประกอบในการสึกสาบิดอิทะยานิพินจิบชั้น.

ດັ່ງນັ້ນจึ่งธฺยนมายังท่านเพื่อพิจาละนาตามละบฺยบการด้วย.

ธฺยนมาด้วยถอามเถ่าลิบ ແລະ นับถือย่างสูง

ອຳນວຍການວິທະຍາໄລ

ป.ท ทองสะมุด พูมมะสอม

ສາທາລະນະລັດ ປະຊາທິປະໄຕ ປະຊາຊົນລາວ
ສັນຕິພາບ ເອກະລາດ ປະຊາທິປະໄຕ ເອກະພາບ ວັດທະນະຖາວອນ

ເມືອງຊຽງເງິນ
ຫ້ອງການກະສິກຳ ແລະ ປ່າໄມ້

ເລກທີ 02/ກກປ

ຊຽງເງິນ, ວັນທີ 22/2/2021

ໃບຢັ້ງຢືນ

ຫ້ອງການກະສິກຳ ແລະ ປ່າໄມ້ ເມືອງຊຽງເງິນ ແຂວງຫຼວງພະບາງ ຂໍຢັ້ງຢືນວ່າ:

Mr. Chanpor YIACHONGTHOR ລະຫັດ 6204301002 ນັກສຶກສາຂອງສາທາລະນະລັດ ປະຊາທິປະໄຕ ປະຊາຊົນລາວ ທີ່ໄດ້ຮັບທຶນການສຶກສາປະລິນຍາໂທ ຈາກລັດຖະບານລາຊະອານາຈັກໄທ (TICA) ປີ 2019-2021 ທີ່ກຳລັງສຶກສາ ສາຂາເຕັກໂນໂລຍີ ສິ່ງແວດລ້ອມ, ຄະນະວິທະຍາສາດ ທີ່ ມະຫາວິທະຍາໄລແມ່ໂจ้ ໄດ້ລົງເກັບກຳຂໍ້ມູນຫົວຂໍ້: **"ການເພີ່ມມູນຄ່າຂີ້ເລື່ອຍໄມ້ສັກຈາກໂຮງເລື່ອຍໃນເມືອງ ຊຽງເງິນ ແຂວງຫຼວງພະບາງ ເປັນແຜ່ນປາຣຕິເກິ້ນເພື່ອການຜະລິດເປັນເຟີນີເຈີ"** ເຊິ່ງລາຍລະອຽດມີດັ່ງນີ້:

1) ຂະບວນການຜະລິດ ແລະ ສິ່ງເສດເຫຼືອຈາກໂຮງເລື່ອຍ, ໂຮງຊອຍ ແລະ ໂຮງງານປຸ່ງແຕ່ງໄມ້ທັງໝົດໃນ ເມືອງຊຽງເງິນ ແລະ ຄວາມເພິ່ງພໍໃຈຂອງຜູ້ປະກອບການຕໍ່ແຜ່ນປາຣຕິເກິ້ນທີ່ເຮັດດ້ວຍຂີ້ເລື່ອຍໄມ້ສັກ

2) ຄວາມເພິ່ງພໍໃຈຂອງປະຊາຊົນພາຍໃນເມືອງ ຊຽງເງິນ ແລະ ປະຊາຊົນທົ່ວໄປຈຳນວນ 100 ຄົນ ຕໍ່ແຜ່ນ ປາຣຕິເກິ້ນທີ່ເຮັດດ້ວຍຂີ້ເລື່ອຍໄມ້ສັກ ລະຫວ່າງວັນທີ 22 ກຸມພາ ຫາ 5 ມີນາ 2021 ສຳເລັດຕາມແຜນການທີ່ ວາງໄວ້.

ດັ່ງນັ້ນ, ຈຶ່ງໄດ້ອອກໃບຢັ້ງຢືນສະບັບນີ້ໃຫ້ຜູ້ກ່ຽວໄວ້ເປັນຫຼັກຖານ

ຫົວໜ້າຫ້ອງການກະສິກຳ ແລະ ປ່າໄມ້ ເມືອງຊຽງເງິນ

ຫ້ອງການ ກະສິກຳ ແລະ ປ່າໄມ້

ພູວຽງ ຈິດຕະວົງຖໍ
Phouvieng CHITTAVONG THAO

แบบสอบถามที่ 1 (เฉพาะ 8 โรงเลื่อย)

เรื่อง การเพิ่มมูลค่าขี้เลื่อยไม้สักจากโรงงานปรุงแต่งไม้ในเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง เป็นแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์

เรียน ท่าน..... เจ้าของโรงงานปรุงแต่งไม้

<u>คำชี้แจง</u>

แบบสอบถามนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการจัดทำวิทยานิพนธ์ หลักสูตรปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ **ศึกษาปริมาณและการจัดการสิ่งเศษเหลือ (ขี้เลื่อย ขี้กบ) ที่เกิดจากการใช้ไม้ และความพึงพอใจต่อกับแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก** ที่เมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง ดังนั้น จึงขอความร่วมมือจากท่านกรุณาตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์ ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำขี้เลื่อยไปใช้ประโยชน์ และพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นปาร์ติเกิลและข้อมูลนี้ใช้ประกอบการศึกษาวิทยานิพนธ์เท่านั้น

แบบสอบถามแบ่งเป็น 4 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 ภาพรวมของธุรกิจไม้

ส่วนที่ 2 การนำเข้าวัตถุดิบ (ไม้สัก) ปริมาณของขี้เลื่อย ขี้กบต่อวัน เดือนและการจัดการในโรงเลื่อย

ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก

ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะ

<u>หมายเหตุ:</u>

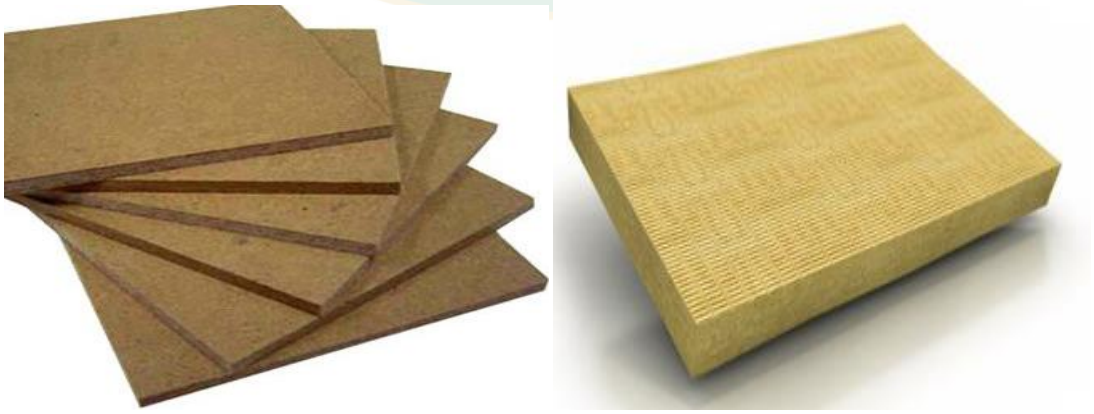
1) แผ่นปาร์ติเกิล (Particle Board) เป็นแผนที่ผลิตขึ้นจากการนำเศษไม้ชิ้นเล็ก ๆ ที่เหลือจากกระ บวนการเลื่อยไม้ ซึ่งได้จากการนำชิ้นส่วนของไม้มาบดและสับ จากนั้นจึงนำชิ้นไม้เล็ก ๆ ดัง กล่าวมาอัดติดกันด้วยกาวเคมี โดยส่วนชั้นบนและล่างของแผ่นปาร์ติเกิลจะเป็นชิ้นไม้ละเอียด ในขณะที่ส่วนชั้นกลางจะเป็นชิ้นไม้หยาบ ทั้งนี้ ด้วยลักษณะการผลิตที่มาจากชิ้นไม้เล็ก ๆ อัดรวมกัน เนื้อไม้ของแผ่นไม้ปาร์ติเกิลจะไม่หนาแน่นนัก และมีน้ำหนักเบาดังภาพต่อไปนี้

ภาพที่ 1 แผ่นปาร์ติเกิล (Particle Board)

2) แผ่นไม้อัด (Plywood) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากการนำแผ่นไม้ธรรมชาติที่มีขนาดบาง (Veneer) หลายแผ่นมาประกอบอัดติดกันด้วยกาว โดยแผ่นไม้บาง (Veneer) จะผลิตขึ้นจากการนำไม้ท่อนกลมขนาดใหญ่มาปอกผิวเนื้อไม้ออกเป็นแผ่นบาง ๆ และนำแต่ละแผ่นไปอบและรีดให้แห้งสนิท แล้วจึงนำมาประกอบติดกันเป็นชั้น ๆ ด้วยกาวเคมี เพื่อให้เป็นแผ่นไม้อัด (Plywood) แผ่นไม้อัดจะมีความหนาแน่นสูงดังภาพต่อไปนี้

ภาพที่ 2 แผ่นไม้อัด (Plywood)

3) แผ่นไฟเบอร์ (Fiber Board) เป็นแผนที่ผลิตขึ้นจากการนำไม้ฟืน กิ่งไม้ หรือปลายไม้ของต้นไม้ที่มีเส้นใยสูงมาบดจนเป็นเส้นใย แล้วนำไปอัดด้วยความร้อนให้เป็นแผ่นไม้ โดยมีกาวเคมีเป็นตัวเชื่อมประสานให้เป็นเนื้อเดียวกัน เช่น ต้นยางพาราและต้นยูคาลิปตัส แผ่นไฟเบอร์สามารถแบ่งตามประเภทความหนาแน่นได้ 2 ประเภท คือ แผ่นไฟเบอร์ความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiber Board) แผ่นไฟเบอร์ความหนาแน่นสูง (High Density Fiber Board)



ภาพที่ 3 แผ่นแผ่นไฟเบอร์บอร์ดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiber Board) แผ่นไฟเบอร์บอร์ดความหนาแน่นสูง (High Density Fiber Board)

ส่วนที่ 1 ภาพรวมของธุรกิจไม้

.....

ส่วนที่ 2 การนำเข้าวัตถุดิบ ปริมาณของขี้เลื่อย ขี้กบต่อวัน เดือนและการจัดการในโรงงานไม้ **(สามารถเลือก ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)**

1. ชนิดไม้ที่นำเข้ามาปรุงแต่งหรือผ่านขบวรการผลิตในโรงงานเป็นไม้ประเภทใด และ ปริมาณการใช้ต่อเดือนจำนวนเท่าใด

☐ ไม้แต้ค่า ปริมาณการใช้.....m^3

☐ ไม้ดู่ ปริมาณการใช้.....m^3

☐ ไม้สัก ปริมาณการใช้.....m^3

☐ ไม้อื่น ๆ (โปรดระบุ).....m^3

2. ไม้ที่นำเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตส่วนมากเป็นไม้ในรูปแบบใด

☐ ไม้ท่อน ปริมาณการใช้.....m^3 ☐ ไม้กึงสำเร็จรูป ปริมาณการใช้.....m^3

☐ ไม้เลื่อย ปริมาณการใช้.....m^3 ☐ ไม้ซอย ปริมาณการใช้.....m^3

☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

3. สิ่งเศษเหลือที่เกิดจากกระบวนการผลิตหรือการทำไม้ในโรงงานมีอะไรบ้าง (เรียงลำดับ)

☐ เปลือกไม้ ☐ กิ่ง ก้าน

☐ ขี้กบ ☐ ขี้เลื่อย

☐ ชิ้นไม้ ☐ ปลีกไม้

☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

4. ในระยะผ่านมาและปัจจุบันโรงงานมีวิธีจัดการกับสิ่งเศษเหลือ (ขี้เลื่อย ขี้กบ) จากกระบวนการผลิตอย่างไร

☐ เผา ปริมาณเท่าใด.....kg/เดือน ☐ ทิ้งในพื้นที่โรงงาน..... kg/เดือน

☐ นำไปทิ้งที่อื่น ปริมาณเท่าใด.....kg/เดือน ☐ ให้ชาวบ้าน ปริมาณเท่าใด..... kg/เดือน

☐ ขาย ปริมาณเท่าใด..... kg/เดือน ☐ ทำปุ๋ย ปริมาณเท่าใด..... kg/เดือน

☐ ผลิตถ่าน ปริมาณเท่าใด..... kg/เดือน ☐ ถมพื้นที่ต่ำ ปริมาณเท่าใด..... kg/เดือน

☐ ทำก้อนเห็ด ปริมาณเท่าใด..... kg/เดือน ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ)..... kg/เดือน

5. **ขี้เลื่อยและขี้กบ**ที่เกิดขึ้นในโรงงานไม้ของท่านมากที่สุดในช่วงเดือนใดถึงเดือนใด

☐ เดือน มกราคม–เดือน มีนาคม ☐ เดือน เมษาคม–มิถุนายน

☐ เดือน กรกฎาคม–กันยายน ☐ เดือน ตุลาคม–ทันวาคม

☐ ตลอดปี ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

6. มี **ขี้เลื่อยและขี้กบ** ที่เกิดขึ้นในโรงงานไม้ของท่านมีประมาณเท่าไรต่อวัน

☐ 50-100 กิโลกรัม ☐ 101-200 กิโลกรัม

☐ 201-300 กิโลกรัม ☐ 301-400 กิโลกรัม

☐ มากกว่า 400 กิโลกรัม ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

7. การจัดการของเหลือทิ้ง (กิ่ง ก้าน เปลือก ปลีกไม้ ขี้กบและขี้เลื่อย) จากการปรุงแต่งไม้และกระบวนการผลิตในโรงงานท่านคิดว่าเป็นปัญหาหรือไม่

   ☐ ไม่มีปัญหา ☐ เป็นปัญหาที่ยุ่งอยาก

   ☐ ไม่ได้สนใจกับสิ่งเหล่านั้น ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

8. ถ้าสามารถนำเอาของเหลือทิ้ง (ขี้เลื่อย ขี้กบและอื่น ๆ) จากไม้มาใช้ประโยชน์โดยผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิล เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งและเพื่อลดปัญหาของเหลือทิ้งในโรงงานไม้ให้น้อยลงท่านมีความสนใจหรือไม่

   ☐ สนใจ พร้อมที่จะลงทุน ☐ สนใจ แต่ไม่พร้อมที่จะลงทุน

   ☐ ไม่สนใจ ☐ ไม่แน่ใจ

   ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิล ที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก กรุณาใส่เครื่องหมาย (√) ลงในช่วงประเมินความคิดเห็นตามเกณฑ์การให้คะแนน ภายหลังที่ท่านดูหรือ สัมผัสแผ่นปาร์ติเกิล โดยแบ่งตารางออกเป็น 3 ตารางและคะแนน 5 ระดับดังต่อไปนี้

5 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

4 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

3 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

2 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

1 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

1) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดเล็ก

รายละเอียดการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1) แผ่นปาร์ติเกิลมีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร					
2) ขี้เลื่อยมีความเหมาะสมในการทำแผ่นปาร์ติเกิล					
3) แผ่นปาร์ติเกิลแสดงความเป็นธรรมชาติของไม้ลวดลายชัดเจน (มีความสวยงาม)					
4) แผ่นปาร์ติเกิลมีความแข็งแรง คงทน					
5) แผ่นปาร์ติเกิลสะท้อนแนวคิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น (ลดการเผาทิ้ง การสร้างขยะล้นเหลือในโรงงานสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์)					

6) แผ่นปาร์ติเกิลสามารถใช้แทนไม้จริงในงานไม้ทั่วไปได้					
7) แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ (โต๊ะ เก้าอี้ ตั่ง ตู้ เตียง)					
8) แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นฝ้าเพดาน					
9) แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นของที่ระลึก (นาฬิกา กล่องใส่อุปกรณ์)					
10) ท่านคิดว่าแผ่นปาร์ติเกิลสามารถนำมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์และท่านพร้อมที่จะซื้อและสนับสนุน (เพราะเป็นนวัตกรรมใหม่)					

2) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดผสม

รายละเอียดการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1) แผ่นปาร์ติเกิลมีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร					
2) ขี้เลื่อยมีความเหมาะสมในการทำแผ่นปาร์ติเกิล					
3) แผ่นปาร์ติเกิลแสดงความเป็นธรรมชาติของไม้ลวดลายชัดเจน (มีความสวยงาม)					
4) แผ่นปาร์ติเกิลมีความแข็งแรง คงทน					
5) แผ่นปาร์ติเกิลสะท้อนแนวคิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น (ลดการเผาทิ้ง การสร้างขยะล้นเหลือในโรงงานสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์)					
6) แผ่นปาร์ติเกิลสามารถใช้แทนไม้จริงในงานไม้ทั่วไปได้					
7) แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ (โต๊ะ เก้าอี้ ตั่ง ตู้ เตียง)					
8) แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นฝ้าเพดาน					
9) แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นของที่ระลึก (นาฬิกา กล่องใส่อุปกรณ์)					
10) ท่านคิดว่าแผ่นปาร์ติเกิลสามารถนำมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์และท่านพร้อมที่จะซื้อและสนับสนุน (เพราะเป็นนวัตกรรมใหม่)					

3) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดใหญ่

รายละเอียดการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1) แผ่นปาร์ติเกิลมีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร					
2) ขี้เลื่อยมีความเหมาะสมในการทำแผ่นปาร์ติเกิล					
3) แผ่นปาร์ติเกิลแสดงความเป็นธรรมชาติของไม้ลวดลายชัดเจน (มีความสวยงาม)					
4) แผ่นปาร์ติเกิลมีความแข็งแรง คงทน					
5) แผ่นปาร์ติเกิลสะท้อนแนวคิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น (ลดการเผาทิ้ง การสร้างขยะล้นเหลือในโรงงานสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์)					
6) แผ่นปาร์ติเกิลสามารถใช้แทนไม้จริงในงานไม้ทั่วไปได้					
7) แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ (โต๊ะ เก้าอี้ ตั่ง ตู้ เตียง)					
8) แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นฝ้าเพดาน					
9) แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นของที่ระลึก (นาฬิกา กล่องใสอุปกรณ์)					
10) ท่านคิดว่าแผ่นปาร์ติเกิลสามารถนำมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์และท่านพร้อมที่จะซื้อและสนับสนุน (เพราะเป็นนวัตกรรมใหม่)					

ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1) ท่านคิดว่าแผ่นปาร์ติเกิล มีปัญหาหรือควรปรับปรุง ในด้านใดบ้าง

.....

.....

2) ท่านมีข้อเสนอแนะ หรือความคิดเห็นเกี่ยวกับแผ่นปาร์ติเกิลด้านใดบ้าง

.....

.....

ขอขอบพระคุณอย่างยิ่ง ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ณ โอกาสนี้

แบบสอบถามที่ 2 (เฉพาะ 100 คนที่ ส ป ป ลาว)

เรื่อง “ การเพิ่มมูลค่าขี้เลื่อยไม้สักจากโรงงานปรุงแต่งไม้ในเมืองเชียงเงิน แขวงหลวงพระบาง เป็นแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อการผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ ”

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการจัดทำวิทยานิพนธ์ หลักสูตรปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา **ความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก** ดังนั้น จึงขอความร่วมมือจากท่าน กรุณาตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์ ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ แผ่นปาร์ติเกิลจากขี้เลื่อยไม้สัก และข้อมูลนี้ใช้ประกอบการศึกษาวิทยานิพนธ์เท่านั้น

แบบสอบถามความคิดเห็นแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

1) ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ถูกสอบถาม
2) ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้สัก
3) ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

หมายเหตุ:

4) แผ่นปาร์ติเกิล (Particle Board) เป็นแผนที่ผลิตขึ้นจากการนำเศษไม้ชิ้นเล็ก ๆ ที่เหลือจากกระ บวนการเลื่อยไม้ ซึ่งได้จากการนำชิ้นส่วนของไม้มาบดและสับ จากนั้นจึงนำชิ้นไม้เล็ก ๆ ดัง กล่าวมาอัดติดกันด้วยกาวเคมี โดยส่วนชั้นบนและล่างของแผ่นปาร์ติเกิลจะเป็นชิ้นไม้ละเอียด ในขณะที่ส่วนชั้นกลางจะเป็นชิ้นไม้หยาบ ทั้งนี้ ด้วยลักษณะการผลิตที่มาจากชิ้นไม้เล็ก ๆ อัดรวมกัน เนื้อไม้ของแผ่นไม้ปาร์ติเกิลจะไม่หนาแน่นนัก และมีน้ำหนักเบาดังภาพต่อไปนี้

ภาพที่ 1 แผ่นปาร์ติเกิล (Particle Board)

5) แผ่นไม้อัด (Plywood) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากการนำแผ่นไม้ธรรมชาติที่มีขนาดบาง (Veneer) หลายแผ่นมาประกอบอัดติดกันด้วยกาว โดยแผ่นไม้บาง (Veneer) จะผลิตขึ้นจากการนำไม้ท่อนกลมขนาดใหญ่มาปอกผิวเนื้อไม้ออกเป็นแผ่นบาง ๆ และนำแต่ละแผ่นไปอบและรีดให้แห้งสนิท แล้วจึงนำมาประกอบติดกันเป็นชั้น ๆ ด้วยกาวเคมี เพื่อให้เป็นแผ่นไม้อัด (Plywood) แผ่นไม้อัดจะมีความหนาแน่นสูงดังภาพต่อไปนี้

ภาพที่ 2 แผ่นไม้อัด (Plywood)

6) แผ่นไฟเบอร์ (Fiber Board) เป็นแผนที่ผลิตขึ้นจากการนำไม้ฟืน กิ่งไม้ หรือปลายไม้ของต้นไม้ที่มีเส้นใยสูงมาบดจนเป็นเส้นใย แล้วนำไปอัดด้วยความร้อนให้เป็นแผ่นไม้ โดยมีกาวเคมีเป็นตัวเชื่อมประสานให้เป็นเนื้อเดียวกัน เช่น ต้นยางพาราและต้นยูคาลิปตัส ไฟเบอร์บอร์ด สามารถแบ่งตามประเภทความหนาแน่นได้ 2 ประเภท คือ แผ่นไฟเบอร์บอร์ดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiber Board) แผ่นไฟเบอร์บอร์ดความหนาแน่นสูง (High Density Fiber Board)

ภาพที 3 แผ่นแผ่นไฟเบอร์บอร์ดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiber Board) แผ่นไฟเบอร์บอร์ดความหนาแน่นสูง (High Density Fiber Board)

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ถูกสอบถาม

คำชี้แจง โปรดใช้เครื่องหมาย (√) ลงใน ☐ ให้ตรงตามความเป็นจริงและตรงกับความคิดเห็น

1) เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2) อายุ

☐ ต่ำกว่า 25 ปี ☐ 25-29 ปี

☐ 30-34 ปี ☐ 35-40 ปี

☐ 40 ปี ขึ้นไป

3) สถานภาพ

☐ สมรส ☐ โสด

☐ ย่า/หม้าย ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

4) อาชีพ

☐ รับราชการ ☐ พนักงานเอกชน

☐ นักศึกษา ☐ ประกอบอาชีพส่วนตัว

☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

5) ระดับการศึกษา

☐ ประถม ☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.

☐ ปวส. /อนุปริญญา ☐ ปริญญาตรี

☐ ปริญญาโท ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

6) รายได้

☐ ต่ำกว่า 5,000 บาท ☐ 5,000-10,000 บาท

☐ 10,000-15,000 บาท ☐ 15,000-20,000 บาท

☐ 20,000 บาท ขึ้นไป

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของประชาชนต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สัก กรุณาใส่เครื่องหมาย (√) ลงในช่วงประเมินความคิดเห็นตามเกณฑ์การให้คะแนน ภายหลังที่ท่านดูหรือ สัมผัสแผ่นปาร์ติเกิล โดยแบ่งตารางออกเป็น 3 ตารางและคะแนน 5 ระดับดังต่อไปนี้

5 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

4 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

3 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

2 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

1 คะแนน หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

1 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดเล็ก

รายละเอียดการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1) แผ่นปาร์ติเกิลมีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร					
2) ขี้เลื่อยมีความเหมาะสมในการทำแผ่นปาร์ติเกิล					
3) แผ่นปาร์ติเกิลแสดงความเป็นธรรมชาติของไม้ลวดลายชัดเจน (มีความสวยงาม)					
4) แผ่นปาร์ติเกิลมีความแข็งแรง คงทน					
5) แผ่นปาร์ติเกิลสะท้อนแนวคิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น (ลดการเผาทิ้ง การสร้างขยะล้นเหลือในโรงงาน สามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์)					
6) แผ่นปาร์ติเกิลสามารถใช้แทนไม้จริงในงานไม้ทั่วไปได้					
7) แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ (โต๊ะ เก้าอี้ ตั่ง ตู้ เตียง)					
8) แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นฝ้าเพดาน					
9) แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นของที่ระลึก (นาฬิกา กล่องใส่อุปกรณ์)					
10) ท่านคิดว่าแผ่นปาร์ติเกิลสามารถนำมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ และท่านพร้อมที่จะซื้อและสนับสนุน (เพราะเป็นนวัตกรรมใหม่)					

2 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดผสม

รายละเอียดการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1) แผ่นปาร์ติเกิลมีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร					
2) ขี้เลื่อยมีความเหมาะสมในการทำแผ่นปาร์ติเกิล					
3) แผ่นปาร์ติเกิลแสดงความเป็นธรรมชาติของไม้ลวดลายชัดเจน (มีความสวยงาม)					
4) แผ่นปาร์ติเกิลมีความแข็งแรง คงทน					
5) แผ่นปาร์ติเกิลสะท้อนแนวคิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น (ลดการเผาทิ้ง การสร้างขยะล้นเหลือในโรงงาน สามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์)					
6) แผ่นปาร์ติเกิลสามารถใช้แทนไม้จริงในงานไม้ทั่วไปได้					

7) แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ (โต๊ะ เก้าอี้ ตั่ง ตู้ เตียง)					
8) แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นฝ้าเพดาน					
9) แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นของที่ระลึก (นาฬิกา กล่องใส่อุปกรณ์)					
10) ท่านคิดว่าแผ่นปาร์ติเกิลสามารถนำมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์และท่านพร้อมที่จะซื้อและสนับสนุน (เพราะเป็นนวัตกรรมใหม่)					

3 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อแผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากขี้เลื่อยไม้สักขนาดใหญ่

รายละเอียดการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1) แผ่นปาร์ติเกิลมีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร					
2) ขี้เลื่อยมีความเหมาะสมในการทำแผ่นปาร์ติเกิล					
3) แผ่นปาร์ติเกิลแสดงความเป็นธรรมชาติของไม้ลวดลายชัดเจน (มีความสวยงาม)					
4) แผ่นปาร์ติเกิลมีความแข็งแรง คงทน					
5) แผ่นปาร์ติเกิลสะท้อนแนวคิดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น (ลดการเผาทิ้ง การสร้างขยะล้นเหลือในโรงงานสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์)					
6) แผ่นปาร์ติเกิลสามารถใช้แทนไม้จริงในงานไม้ทั่วไปได้					
7) แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ (โต๊ะ เก้าอี้ ตั่ง ตู้ เตียง)					
8) แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นฝ้าเพดาน					
9) แผ่นปาร์ติเกิลมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นของที่ระลึก (นาฬิกา กล่องใส่อุปกรณ์)					
10) ท่านคิดว่าแผ่นปาร์ติเกิลสามารถนำมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์และท่านพร้อมที่จะซื้อและสนับสนุน (เพราะเป็นนวัตกรรมใหม่)					

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

1) ท่านคิดว่าแผ่นปาร์ติเกิล มีปัญหาหรือควรปรับปรุง ในด้านใดบ้าง

.....

.....

2) ท่านมีข้อเสนอแนะ หรือความคิดเห็นเกี่ยวกับแผ่นปาร์ติเกิลด้านใดบ้าง

.....

.....

ขอขอบพระคุณอย่างยิ่ง ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ณ โอกาสนี้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล Mr chanpor YIACHONGTHOR

เกิดเมื่อ 05 มิถุนายน 1987

ประวัติการศึกษา ปี 2000-2007 เรียนมัธยมสมบูรณ์ ที่เมืองงอย แขวงหลวพระบาง

ปี 2007-2012 เรียน ปริญญาตรี ที่มหาวิทยาลัยแห่งชาติลาว นครหลวงเวียงจันทน์

ปี 2012-2013 ฝึกงานด้านการเกษตรที่ AICAT) ประเทศอิสราเอล

2019-2021 ศึกษาปริญญาโท ที่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ ราชอาณาจักรไทย

ประวัติการทำงาน ปี 2013-2019 ทำงานที่วิทยาลัยกสิกรรม และป่าไม้ภาคเหนือ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยปรชาชนลาว

Email: chanpor2014ychthor@gmail.com

083 8084495