



## รายงานการวิจัย

การศึกษาแผ่นใยไม้อัดจากเศษขี้เลื่อยโดยใช้ผลผลิตจากครั้งเป็นตัวประสาน

**A study of fiberboard sheets made of sawdust with the use of lac as  
adhesive**

ผู้วิจัย

นางนงคํ์นุช กลิ่นพิกุล

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณเงินรายได้ ปี พ.ศ. 2557

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้ถูกล่วงไปด้วยดีได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่านซึ่งไม่อาจจะนำมากล่าวได้ทั้งหมด ซึ่งผู้มีพระคุณที่ผู้ศึกษาใคร่ขอกราบพระคุณคือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประทุมทิพย์ ปราบภัยพาล และผู้ช่วยศาสตราจารย์เตือนใจ แดงศรี ผู้สอนที่ได้ให้คำแนะนำตรวจทาน และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอนคอยติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของอาจารย์ทั้งสองท่านนี้เป็นอย่างยิ่งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ นอกจากนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประยูร สุรินทร์ จากสถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการขึ้นรูปชิ้นงานการทดสอบตลอดจนการให้คำปรึกษาในการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงได้ดี

นงคัมภีร์ กลิ่นพิกุล

## บทคัดย่อ

การศึกษาแผ่นใยไม้อัดจากเศษชีเลื่อยโดยใช้ผลผลิตจากครั้งเป็นตัวประสาน มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างเศษชีเลื่อยไม้แดงกับแชลแลค (2) เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและเชิงกล งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองโดยศึกษาอัตราส่วนผสมกันที่ต่างกันระหว่างเศษชีเลื่อยไม้แดงกับผลผลิตจากครั้ง (ในการทดลองนี้ได้ใช้แชลแลคผงบริสุทธิ์) ผสมกับแอลกอฮอล์ 100 % คือ 5%, 10%, 15%, 20%, 30% และ 40% โดยวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้ คัดขนาดของเศษชีเลื่อยที่อบแห้งและนำไปบดผสมกับแชลแลคที่ผสมกับแอลกอฮอล์แล้วจึงนำไปอัดเป็นแผ่นด้วยเครื่องอัดรีด จากนั้นทำการเตรียมชิ้นงานเพื่อการทดสอบมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966-2547) ในห้องปฏิบัติการทดลอง ผลการวิจัยพบว่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้คืออัตราส่วนผสมแชลแลคที่ 20%, 30% และ 40% ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติเหมาะสมอยู่ในช่วงเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 เป็นวัสดุที่สามารถนำไปใช้ทดแทนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางได้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และการตกแต่งภายใน ข้อเสนอแนะในงานวิจัยคือควรศึกษาเพิ่มเติมด้านการนำสารยึดติดชนิดอื่นๆ มาทดลองใช้เพื่อลดความเหนียวของแชลแลค ควรศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่มีผลโดยตรงต่อสมบัติด้านต่างๆ ด้วย

### **Abstract**

A study of fiberboard made of sawdust with the use of lac as adhesive aimed to (1) study appropriate proportions of sawdust and shellac in and; (2) examine physical and mechanical property. The study is an experimental research undergone to investigate different proportions of sawdust from *Xylia xylocarpa* Taub and lac (Pure lac power was applied in the experiment) combined with 100% alcohol including 5%, 10%, 15%, 20% and 40%. The researcher sort out sizes of dried sawdust and blended it with shellac mixed in alcohol. After that, a combination was compressed by compressing machine. Then, a finished fiberboard was prepared to test on medium-density fiberboard standard in a laboratory according to Thai Industrial Standard (TIS) 966-2547. The research findings indicated that 20%, 30% and 40% of shellac are considered as appropriate proportions which meet TIS 966-2547 and can substitute medium-density fiberboard. In addition, it can be used in furniture industry and interior decoration. Suggestions from this study are that there should be further studies on using other adhesives to reduce stickiness of shellac and studies on temperatures and time that directly affect other types of properties.

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1	1
บทนำ	1
1.1. ที่มาความสำคัญและปัญหา	1
1.2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3. ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4. สมมุติฐานการวิจัย	3
1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2	4
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1. การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับครั้ง	4
2.2. ไม้แดง	14
2.3. แผ่นใยอัด	18
2.4. กระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด	27
2.5. การยึดติด	30
2.6. สมบัติและความต้องการของกาว	33
2.7. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด	36

2.8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
บทที่ 3	41
วิธีดำเนินงานวิจัย	41
3.1. เครื่องมือที่ใช้งานวิจัย	41
3.2. ขั้นตอนการทดลอง	48
บทที่ 4	58
ผลการทดลอง	58
4.1. ผลการทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ	58
4.2. ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล	65
บทที่ 5	71
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	71
5.1. สรุปผลการวิจัย	71
5.2. การอภิปรายผล	73
5.3. ข้อเสนอแนะ	75
บรรณานุกรม	76
ภาคผนวก ก	78
ภาคผนวก ข	85

## สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ชนิดของความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด	23
ตารางที่ 5.1	เปรียบเทียบผลการทดลอง	72

## สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 2. 1	ลักษณะของครึ่ง	7
ภาพที่ 2. 2	แสดงเซลล์แตกแผ่น	14
ภาพที่ 2. 3	แสดงซีลี้อยจากเครื่องไส	17
ภาพที่ 2. 4	แสดงภาพแสดงเส้นทางการผลิตสินค้ากลุ่มไม้อัด	18
ภาพที่ 2. 5	แสดงภาพแสดงเส้นทางการผลิตสินค้ากลุ่มแผ่นชิ้น ไม้อัด (Particle Boards)	19
ภาพที่ 2. 6	แสดงภาพแสดงเส้นทางการผลิตสินค้ากลุ่มแผ่นใย ไม้อัด (Fiber Boards)	19
ภาพที่ 2. 7	แสดงภาพเปรียบเทียบขั้นตอนการผลิตแผ่นชิ้น ไม้อัดและแผ่นใย ไม้อัด	20
ภาพที่ 2.8	ขั้นตอนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทั่ว ๆ ไป	27
ภาพที่ 2. 9	ขั้นตอนกรรมวิธีการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชนิด 3 ชั้น จากไม้ยางพารา	29
ภาพที่ 3. 1	ตระแกรงสำหรับร่อนเพื่อคัดแยกขนาด	42
ภาพที่ 3. 2	เครื่องบดซีลี้อย	42
ภาพที่ 3. 3	อ่างเซรามิกพร้อมฝาปิด	43
ภาพที่ 3. 4	เครื่องผสมและพ่นเซลล์แตก	43
ภาพที่ 3. 5	ชุดเครื่องอัดไฮดรอลิกในการขึ้นรูป 100 ตัน	44
ภาพที่ 3. 6	เครื่องมือวัดแผ่นชิ้นงานทดสอบ	45
ภาพที่ 3. 7	เครื่องชั่งชิ้นงานทดสอบ	45
ภาพที่ 3. 8	เครื่องอบชิ้นงานทดสอบ	46
ภาพที่ 3. 9	เครื่องทดสอบแรงดัดแรงดัด (MOE, MOR)	46
ภาพที่ 3. 10	เครื่องทดสอบทดสอบค่าแรงดึงผิวหน้า (Internal Bond)	47
ภาพที่ 3. 11	เครื่องทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ (Water absorption)	47
ภาพที่ 3. 12	เศษซีลี้อยไม้แดงจากเครื่องไสเพลาะ	48



ภาพที่ 3. 13	การร่อนคัดแยกขนาดเศษขี้เลื่อยไม้แดง	48
ภาพที่ 3. 14	ผงแคลแลคขาวกับแอลกอฮอล์ 100% ที่ใช้ในการผสม	49
ภาพที่ 3. 15	การอัดแผ่นขึ้นงานทดสอบ	50
ภาพที่ 3. 16	ขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นใยอัด	51
ภาพที่ 3. 17	ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาวและความหนาของขึ้นทดสอบ	52
ภาพที่ 3. 18	แสดงวิธีการวัดความกว้าง ความยาวของขึ้นทดสอบ	53
ภาพที่ 3. 19	การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น	56
ภาพที่ 4. 1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นกับปริมาณสารยึดติดจากแคลแลค	59
ภาพที่ 4. 2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณความชื้นกับปริมาณสารยึดติดจากแคลแลค	60
ภาพที่ 4. 3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมงกับปริมาณสารยึดติดจากแคลแลค	61
ภาพที่ 4. 4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมงกับปริมาณสารยึดติดจากแคลแลค	62
ภาพที่ 4. 5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการขยายตัวทางความที่ 2 ชั่วโมงกับปริมาณสารยึดติดจากแคลแลค	63
ภาพที่ 4. 6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการขยายตัวทางความที่ 24 ชั่วโมงกับปริมาณสารยึดติดจากแคลแลค	64
ภาพที่ 4. 7	แสดงการทดสอบความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น	66
ภาพที่ 4. 8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดูลัสแตกร้าวกับปริมาณสารยึดติดจากแคลแลค	66
ภาพที่ 4. 9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่นกับปริมาณสารยึดติดจากแคลแลค	67
ภาพที่ 4. 10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่นกับปริมาณสารยึดติดจากแคลแลค	68

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1. ที่มาความสำคัญและปัญหา

อุตสาหกรรมไม้และเครื่องเรือนเป็นอุตสาหกรรมที่มีสัดส่วนผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมจำนวนมากกระจายอยู่ทั่วประเทศจากการสำรวจล่าสุดโดยสถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว) ในปี พ.ศ. 2552 พบว่าผลผลิตหลักของอุตสาหกรรมไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ (ISIC 20) และอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และของตกแต่ง (ISIC 36) ส่วนใหญ่เกิดจากผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม (SME) โดยคิดเป็นร้อยละ 71 และ 57.2 ตามลำดับ อุตสาหกรรมนี้ยังเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญสูงสำหรับ SME โดยภาพรวมตั้งแต่ปี 2545 ถึงปี 2552 การส่งออกสินค้ากลุ่มไม้คอมโพสิตของไทยมีแนวโน้มอัตราการเจริญเติบโตในการส่งออกแผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นใยอัด ลิเนียร์และ chips and particles สูงขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2552 อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ (ISIC 36) มีผลผลิตสูงเป็นอันดับ 2 รองจากกิจการประเภทอาหารและเครื่องดื่ม โดยทำรายได้รวมกันคิดเป็นร้อยละ 13.0 ของรายได้ทั้งหมดของ SME [1] จากกำลังการผลิตแผ่นใยไม้อัดในประเทศไทย 2,658,460 ลูกบาศก์เมตรต่อปี และจากสถิติการส่งออกของไทยที่มีการส่งออก Fiberboard of wood or other ligneous materials เป็นอันดับ 10 ของโลกตลาดโลก [2] โดยเฉพาะยุโรปจะมีการคุมเข้มในเรื่องของสิ่งแวดล้อม การส่งออกสินค้าก็จะมีมาตรการสนับสนุนสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมนอกเหนือจากกฎเกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อมที่เป็นมาตรการบังคับที่กำหนดลักษณะสมบัติขั้นต่ำของสินค้าที่อนุญาตให้นำเข้าตลาดแล้ว ปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลกได้ออกมาตรการสมัครใจเพื่อสนับสนุนสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมผ่านกลไกการจัดซื้อจัดจ้างสินค้าและบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ภาครัฐ (Green Public Procurement: GPP) และการรณรงค์การเลือกซื้อสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของเอกชนและองค์กร NGO โดยมีการกำหนด กฎเกณฑ์ต่างๆ เพื่อใช้ในการประเมินสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งมาตรการเหล่านี้ได้เริ่มส่งผลในทางปฏิบัติก่อให้เกิดการแข่งขันผลิตสินค้าที่เป็นมิตรสิ่งแวดล้อมเพื่อช่วงชิงความเป็นผู้นำและแย่งตลาดที่มีกำลังซื้อสูงและมีความต้องการด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม[3]

การผลิตแผ่นไม้อัดโดยใช้กาวสังเคราะห์พวกยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (Urea Formaldehyde) เป็นตัวประสานเมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ฟอร์มาลดีไฮด์จะถูกปล่อยสู่บรรยากาศซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมนอกจากนี้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ยังมีราคาแพง เช่น ในการผลิตแผ่นไม้อัดจากขานอ้อยโดยมีกำลังการผลิตประมาณ 300 ลูกบาศก์เมตรต่อวันค่าใช้จ่าย เฉพาะค่ากาวประมาณ 342,000 บาท/วัน (1 ลูกบาศก์เมตรใช้กาวประมาณ 95 กิโลกรัม; กาว 1 กิโลกรัม ราคา 12 บาท) จากปัญหาการขาดแคลนปาล์มจึงส่งผลให้แผ่นไม้อัดสักมีราคาแพง ผู้ผลิตจึงหันมาผลิตแผ่นไม้อัดประเภทความหนาแน่นปานกลาง (MDF) ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมโดยเฉพาะเครื่องเรือนประเภทถอดประกอบซึ่งในการเรียนปฏิบัติการวิชาชีพเครื่องเรือนมีจุดประสงค์ให้นักศึกษาได้เรียนรู้ทางด้านทักษะวิชาชีพซึ่งจำเป็นต้องมีการฝึกปฏิบัติโดยในการฝึกปฏิบัติจะต้องใช้วัสดุฝึกคือไม้ซึ่งมีราคาสูงขึ้นตามสถานะของการขาดแคลนไม้ ในการฝึกปฏิบัติจะมีเศษวัสดุฝึกเหลือใช้เป็นจำนวนมาก เช่น เศษแผ่นไม้อัด ไม้จริง ไม้ประติษฐ์และจี้เกลียวที่มีเป็นจำนวนมาก

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเรื่อง “ การศึกษาแผ่นใยไม้อัดจากเศษจี้เกลียวโดยใช้ผลผลิตจากครั้งเป็นตัวประสาน ” เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเศษจี้เกลียวมาผลิตแผ่นใยอัดโดยใช้วัสดุธรรมชาติเป็นตัวประสานแทนกาวซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกายภาพเชิงกลของแผ่นใยไม้อัดและความสามารถในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยผลวิจัยครั้งนี้คาดหวังว่าจะสามารถนำเศษวัสดุกลับมาใช้ใหม่ได้

## 1.2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของแผ่นใยไม้อัดจากเศษจี้เกลียวโดยใช้ผลผลิตจากครั้งเป็นตัวประสาน
- 1.2.2. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นใยไม้อัดจากเศษจี้เกลียวโดยใช้ผลผลิตจากครั้งเป็นตัวประสาน

### 1.3. ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1. ใช้เศษชี้เลื่อยไม้แดงจากเครื่องไสเพลาะที่เป็นวัสดุฝึกของนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องเรือนและการออกแบบ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
- 1.3.2. ตัวประสานที่ใช้ในการทดลองคือ ผลผลิตจากครั้ง (ผงเซลแลคขาว)
- 1.3.3. อัตราส่วนของเศษไม้ 100 % (โดยน้ำหนักแห้ง)
- 1.3.4. เปรียบเทียบการใช้สารยึดติดกาวธรรมชาติคือ แคลแลคที่อัตราส่วน 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40% (โดยน้ำหนักเศษไม้)
- 1.3.5. ขนาดความหนาของแผ่น มม 10. ค่าความหนาแน่นแผ่น 800 ลบ.ม ตามมาตรฐาน มอก. 966-2547
- 1.3.6. การทดสอบสมบัติกายภาพ สมบัติเชิงกล

### 1.4. สมมุติฐานการวิจัย

ได้แผ่นใยไม้อัดจากเศษชี้เลื่อยที่ใช้ผลผลิตจากครั้งเป็นตัวประสานที่มีสมบัติทางกายภาพและเชิงกล สามารถนำไปใช้ทดแทนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางได้

### 1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1. ทราบอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการนำเศษชี้เลื่อยจากไม้แดงมานำไปใช้ทดแทนกับแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง
- 1.5.2. ได้วัสดุทดแทนการใช้ไม้จริงที่มีคุณสมบัติทางกายภาพสามารถนำไปใช้ทดแทนกับแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง
- 1.5.3. สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนของนักศึกษาสาขาออกแบบเครื่องเรือน, สาขาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและหน่วยงานสถานประกอบการที่มีความสนใจ
- 1.5.4. ได้ผลงานตีพิมพ์ลงเผยแพร่ในวารสารวิชาการหรือเข้าร่วมในการประชุมสัมมนาวิชาการในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาแผ่นใยไม้จากเศษขี้เลื่อยโดยใช้ผลผลิตจากครั้งเป็นตัวประสาน ได้มีการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีดังนี้

#### 2.1. การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับครั้ง

##### 2.1.1. ลักษณะทั่วไป

ครั้ง คือ ยางหรือชั้นชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นสารที่ขับถ่ายออกจากตัวแมลงครั้ง แมลงครั้งจะอาศัยอยู่ตามกิ่งไม้ที่ใช้เลี้ยงครั้ง และใช้ปากซึ่งมีลักษณะเป็นปากดูดเจาะเข้าไปในกิ่งของต้นไม้เพื่อดูดน้ำเลี้ยงมาเป็นอาหารและขับถ่ายครั้งออกมาจากภายในตัวครั้งตลอดเวลาเพื่อหล่อลื่นตัวเป็นเกราะป้องกันอันตรายจากสิ่งภายนอก มีลักษณะนิ่มเหนียวสีเหลืองทอง เมื่อถูกอากาศนานเข้าจะแข็งและมีสีน้ำตาล ครั้งที่เก็บได้จากต้นไม้เรียกว่าครั้งดิบ ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เรซิน ขี้ผึ้ง สี ซาก ตัวครั้ง และสารอื่น ๆ ส่วนที่ใช้เป็นประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมคือ สีครั้ง และเนื้อครั้ง พืชที่ใช้เลี้ยงครั้งจามจूरि พุทรา สะแกนา บันแถ สีเสียดออสเตรเลีย การเลี้ยงครั้งเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงนั้น แมลงครั้งจะเกาะทำรังมาก ซึ่งทำให้สามารถกะเทาะครั้งดิบได้มาก และมีคุณภาพจะขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของต้นไม้ อายุของต้นไม้และอายุของกิ่ง จำนวนครั้งที่ปล่อยพันธุ์ครั้ง ฤดูที่เลี้ยงครั้ง ศัตรูของครั้ง ตลอดจนประสบการณ์ของผู้เลี้ยงเอง

ครั้ง เป็นแมลงในวงศ์แลกซิเฟอริดี (Lacciferidae) ในสมัยก่อนมีชื่อเรียกว่า แทกคาร์เดีย แลกคา (Tachardialacca) ตามชื่อผู้ค้นพบคนแรกเมื่อ พ.ศ. ๒๒๕๒ และต่อมาได้เปลี่ยนเป็น ค็อกคัส แลกคา (*Coccus lacca*) และแลกซิเฟอร์ แลกคา ตามลำดับ มีนักกีฏวิทยาหลายท่านได้ค้นคว้าศึกษาเกี่ยวกับแมลงชนิดนี้ทั้งในประเทศไทย และประเทศอินเดียแมลงในวงศ์แลกซิเฟอริดีนี้มีพบกระจายอยู่ทั่วไปในโลกแต่เฉพาะที่ให้ครั้งมีค่าเป็นสินค้านั้นมีอยู่ในเขตท้องถิ่นจำกัดที่พบคือประเทศอินเดีย ไทย ลาว พม่า จีน จะพบแมลงครั้งอยู่ตามต้นไม้ในที่ต่างๆ กัน มีทั้งไม้ยืนต้นและไม้พุ่ม ในประเทศอื่นๆ ก็ได้เคยพบครั้งจับทำรัง แต่รังครั้งบางชนิดไม่คุ้มค่าในการใช้

เพาะเลี้ยงเป็นสินค้า ประเทศที่พบครั้งจับอยู่ตามธรรมชาติบนต้นไม้ ได้แก่ มาเลเซีย ฟอร์โมซา ญี่ปุ่น อเมริกาเหนือ อเมริกาใต้ ออสเตรเลีย แอฟริกา และเวียดนาม

ชนิดพันธุ์ครั้งแตกต่างกันไป ตามท้องถิ่นที่เกิดของครั้งประเทศอินเดียมีพันธุ์ใหญ่อยู่ ๒ พันธุ์ คือครั้งพันธุ์สำหรับเลี้ยงกับไม้ตะคร้อ ใช้เลี้ยงได้กับไม้ตะคร้อแล้วให้ครั้งดีมีคุณภาพสูงได้ราคา รังครั้งหนา ปริมาณมาก สีครั้งอ่อนใส และอีกพันธุ์หนึ่ง ซึ่งประเทศไทยก็มีและมีทั่วไป เรียกว่า ครั้งพันธุ์สามัญเลี้ยงได้กับไม้อื่นๆ นอกจากไม้ตะคร้อ แต่ให้ปริมาณครั้งน้อยรังครั้งบางสีแก่เข้มไม่ได้ ราคาในตลาดรูปร่างตัวครั้งก็เล็กกว่าครั้งพันธุ์ที่เลี้ยงกับไม้ตะคร้อ นอกจากนี้ในประเทศไทยและอินโดจีน ยังมีครั้งอีกพันธุ์หนึ่งซึ่งแตกต่างจากประเทศอินเดีย ครั้งชนิดนี้ผลิตครั้งได้มาก รังครั้งหนาดีแต่มีสีเข้มเกือบดำราคาในตลาดต่ำกว่าครั้งอินเดีย

ไข่ มีลักษณะรูปร่างยาวประมาณ 0.36-0.43 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 0.16-0.19 มิลลิเมตร แผลงครั้งจะวางไข่ที่ละฟอง หรือวางติดต่อกันเป็นสายก็ได้ และจะฟักตัวภายใน 20 นาที หลังจากการวางไข่

ตัวอ่อน มีสีแดงเลือดนก ลักษณะรูปร่าง ทางด้านหัวกว้างกว่าทางด้านท้ายเล็กน้อย มีลักษณะเหมือนกันทั้งตัวผู้และตัวเมียแยกจากกันไม่ออกตัวยาวประมาณ 0.6 มิลลิเมตรและกว้างประมาณ 0.2 มิลลิเมตร ส่วนหัวและส่วนอกแยกจากกันเห็นไม่ชัด ส่วนหัวมีตา 2 ตา และมีหนวด 2 เส้น มีขา 6 ขา มีขนอยู่ทั่วไปบนหนวดแต่มีขนยาวอยู่ 2 เส้นเห็นได้ชัดมีขนชี้ตั้งสีขาวคล้ายแปรง 3 กลุ่ม 2 กลุ่มอยู่ทางด้านนอก ตรงบริเวณที่ควรเป็นปีก และอีก 1 กลุ่มอยู่ทางด้านท้าย ครั้งตัวเมีย เมื่อตัวอ่อนอายุครบ 1 เดือน จะสังเกตเห็นได้ว่า ตัวเมียจะขยายใหญ่มีลักษณะเป็นตุ่มกลมๆ และสร้างสารหุ้มตัวบางๆ ส่วนขา หนวด และตาหายไป ต่อมาจะสร้างรังหุ้มตัวหนาขึ้น ขนสีขาว 3 กลุ่มยังคงเหลืออยู่ ปากหรือวงจะเจริญเติบโตขึ้นเต็มที่ เมื่ออายุครบ 2 - 2 1/2 เดือน ตัวเมียจะได้รับการผสมพันธุ์จากตัวผู้ ตัวเมียจะขยายใหญ่ขึ้นจนเกือบกลม ภายในตัวเต็มไปด้วยน้ำสีแดงและมีไข่อยู่ในท้องเต็มไปหมด น้ำสีแดงนี้ประกอบด้วยสารที่ให้สีแดงซึ่งใช้ผสมอาหารครั้งที่ได้จากรังครั้งตัวเมีย

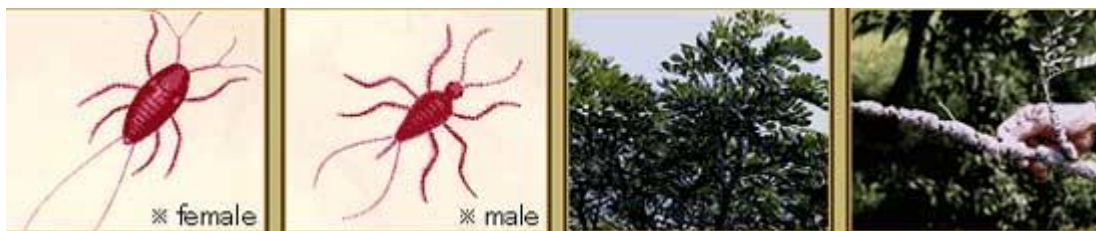
ครั้งตัวผู้ เมื่อตัวอ่อนเจริญเติบโตเป็นครั้งตัวผู้ จะมีลักษณะใหญ่กว่าตัวอ่อนเล็กน้อย มีหนวดใหญ่เป็นพวง มีปล้อง 7 ปล้อง มีตา 2 คู่ อยู่ทางด้านข้าง 1 คู่ และทางด้านใต้หัว 1 คู่ มีขนยาว 2 เส้น โผล่มาจากทางด้านท้องปล้องสุดท้าย และมีอวัยวะช่วยในการสืบพันธุ์ เมื่ออายุประมาณ 1 -

2 1/2 เดือนตัวผู้จึงเจริญเติบโตเต็มที่ มีลักษณะเหมือนแมลงทั่วไป มี ๒ ชนิดคือ ชนิดมีปีก และชนิดไม่มีปีก กลานไปตามรังครั้งตัวเมียเพื่อผสมพันธุ์ ภายหลังผสมพันธุ์ครั้งตัวผู้จะตายไป

ตัวอ่อนของครั้งตัวผู้ต่างกับตัวอ่อนของครั้งตัวเมีย ซึ่งจะสังเกตได้ในภายหลังมีอายุได้ 1 เดือนแล้ว ตรงที่รังหุ้มครั้งตัวผู้จะเป็นรูปซิการ์ และไม่มีขนชี้ตั้งสีขาวคล้ายแป้ง ตัวเล็กกว่า ส่วนรังของตัวเมียมียูปร่างไม่แน่นอน

ข้อมูลจากกรมส่งเสริมการเกษตร กล่าวไว้ว่า ครั้ง คือ ยางหรือชันชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นสารที่ขับถ่ายออกจากตัวแมลงครั้ง แมลงครั้งจะอาศัยอยู่ตามกิ่งไม้ที่ใช้เลี้ยงครั้งและใช้ปากซึ่งมีลักษณะเป็นปากดูดเจาะเข้าไปในกิ่งของต้นไม้เพื่อดูดน้ำเลี้ยงมาเป็นอาหารและขับถ่ายครั้งออกมาจากภายในตัวครั้งตลอดเวลาเพื่อห่อหุ้มตัวเป็นเกราะป้องกันอันตรายจากสิ่งภายนอกมีลักษณะนิ่มเหนียวสีเหลืองทอง เมื่อถูกอากาศนานเข้าจะแข็งและมีสีน้ำตาล ครั้งที่เก็บได้จากต้นไม้เรียกว่า ครั้งดิบซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เรซิน ขี้ผึ้ง สี ชาก ตัวครั้ง และสารอื่น ๆ ส่วนที่ใช้เป็นประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมคือ สีครั้ง และเนื้อครั้งครั้งมีพันธุ์ใหญ่อยู่ ๒ พันธุ์ คือ ครั้งพันธุ์สำหรับเลี้ยงกับไม้ตะคร้อ ใช้เลี้ยงได้กับไม้ตะคร้อแล้วให้ครั้งดีมีคุณภาพสูงได้ราคา รังครั้งหนา ปริมาณมาก สีครั้งอ่อนใส และอีกพันธุ์หนึ่ง ซึ่งประเทศไทยก็มีและมีทั่วไป เรียกว่า ครั้งพันธุ์สามัญเลี้ยงได้กับไม้อื่นๆ นอกจากไม้ตะคร้อ แต่ให้ปริมาณครั้งน้อยรังครั้งบางสีแก่เข้ม ไม่ได้ราคาในตลาด รูปร่างตัวครั้งก็เล็กกว่าครั้งพันธุ์ที่เลี้ยงกับไม้ตะคร้อ

ปัจจุบันการซื้อขายครั้งได้กระทำกันอย่างกว้างขวางมีโรงงานผลิตอุตสาหกรรมครั้งในประเทศไทย ส่วนใหญ่โรงงานเหล่านี้จะผลิตครั้งเม็ดเพื่อส่งออกตลาดต่างประเทศ ตลาดภายในประเทศ ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรม และร้านค้าของป่าทั่วไป โรงงานอุตสาหกรรมจะรับซื้อครั้งจากเกษตรกรโดยตรง หรือผ่านคนกลาง ซึ่งมีหน้าที่จัดหาครั้งป้อนโรงงาน สำหรับกรณีที่ปริมาณครั้งไม่มากนัก จะมีการซื้อขายกันตามร้านค้าของป่า ซึ่งร้านค้าเหล่านี้จะทำการรวบรวมครั้งแล้วนำส่งโรงงานเพื่อแปรรูปต่อไป



ภาพที่ 2.8 ลักษณะของครั่ง

(ที่มา: [http://www.rspg.or.th/plants\\_data/use/color3-3.htm](http://www.rspg.or.th/plants_data/use/color3-3.htm))

### 2.1.2. แหล่งเพาะเลี้ยงครั่ง

ในประเทศไทยมีการเพาะเลี้ยงครั่งกันมานานแล้ว ตามหลักฐานพบว่ามีการค้าครั่งมาตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา เนื่องจากให้ผลผลิตสูง ปัจจุบันจึงนิยมเลี้ยงกันมาก ในภาคเหนือ เช่น จังหวัดแพร่ สุโขทัย น่าน ลำปาง ตาก เชียงราย พะเยา เชียงใหม่ ลำพูน และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดขอนแก่น อุบลราชธานี เลย บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ มหาสารคาม ร้อยเอ็ด นครราชสีมา สกลนคร กาฬสินธุ์ สำหรับในภาคกลางตั้งแต่ประจวบคีรีขันธ์ขึ้นไปสามารถเพาะเลี้ยงครั่งได้แต่ไม่เป็นที่นิยมกัน เนื่องจากมีแมลงศัตรูรบกวนมาก และให้ผลผลิตต่ำ สถิติการผลิตไม่แน่นอนแล้วแต่สภาพดินฟ้าอากาศแต่ละปี ในภาคเหนือผลผลิตสูงกว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

### 2.1.3. ต้นไม้ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงครั่ง

การเลี้ยงครั่งกันทั่วโลกตามต้นไม้ไม่น้อยกว่า 60 ชนิดสำหรับประเทศไทยไม่น้อยกว่า 30 ชนิด ซึ่งส่วนมากเป็นต้นไม้ในวงศ์เลกิวมิโนซี (*Laguminosae*) ต้นไม้ที่จะใช้เลี้ยงครั่งให้ได้ผลดี ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำเลี้ยงของต้นไม้ กล่าวคือต้องมีคุณสมบัติเกือบเป็นกลาง คือ 5.8-6.0 และความหนาแน่นของน้ำเลี้ยงจะต้องอยู่ระหว่าง 0.14-0.1728 ต้นไม้ชนิดเดียวกันบางต้นเลี้ยงครั่งได้ดี แต่บางต้นได้ผลไม่ดี ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพท้องถิ่นที่ปลูกและความแตกต่างในรายละเอียดของต้นไม้ด้วย เช่น ใบเล็ก ใบใหญ่ ใบเขียวอ่อน หรือเขียวแก่ สีของเปลือก เป็นต้น ในประเทศไทยนิยมใช้ต้นไม้ต่างชนิดกันเลี้ยงครั่ง ได้แก่ ก้ามปู บันแถม สะแกนา ไทร พะยูง ถั่วแระ ตะคร้อทองกวาว พุทรา สีเสียดเทศ พะยอมดง แดงกวา คาง เปล้ากางขี้มอด มะเดื่ออุทุมพร



เลี้ยงผึ้ง หลังคำร้าง มะคำไก่ ฉนวนถ่อน มะแฮะนก เครือกำกาย ปอ ยาบอินเดีย พุทราป่า ไสหมี (ไทรใบขนุน) เป็นต้น

#### 2.1.4. การตัดเก็บครั้ง

ชีพจักรของแมลงครั้งมีระยะเวลา 6 เดือน ในปีหนึ่งจึงมีการตัดเก็บครั้ง 2 ครั้ง คือ การตัดครั้งเพาะเลี้ยงในรอบฤดูร้อนระหว่างเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน และครั้งรอบฤดูฝนระหว่างเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน เป็นการตัดเก็บเพื่อซื้อขายและทำพันธุ์เพาะเลี้ยง ครั้งที่ตัดเก็บลงจากต้นไม้จะต้องตัดก่อนที่ลูกครั้งออกเป็นตัวประมาณ 7 วัน เริ่มตัดกิ่งไม้ที่ครั้งจับทำรังจากกิ่งยอดๆ ลงมาหากิ่งที่อยู่ตอนล่าง แล้วรวบรวมทอนกิ่งไม้ที่ตัดเฉพาะที่มีครั้งจับแยกไว้ต่างหาก คัดเลือกครั้งที่สมบูรณ์ปราศจากแมลงทำลายแยกไว้เป็นครั้งพันธุ์ ส่วนที่เหลือเป็นครั้งดิบที่นำมาซื้อขายกัน ให้รีบกะเทาะครั้งดิบออกจากกิ่งไม้เสียโดยเร็ว แล้วนำไปฝังตากให้แห้ง โดยเฉลี่ยให้บางๆ อย่าวางทับถมกัน เพราะจะทำให้ครั้งดิบติดกันเป็นพืด ยากต่อการทาบให้แตกเป็นก้อนเล็กๆ และทำให้เป็นครั้งเม็ดได้ยากนอกจากนี้คุณภาพครั้งจะเสื่อมลงด้วย การเก็บครั้งดิบไว้ในโรงเก็บครั้งจะต้องฉีดยาป้องกันแมลงด้วย เนื่องจากมีแมลงศัตรูหลายชนิด โดยเฉพาะปลวกซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในประเทศไทยการเก็บครั้งดิบไว้เป็นเวลานานจะทำให้ครั้งเสื่อมคุณภาพดังนั้นจึงควรแปรสภาพเป็นครั้งเม็ดซึ่งเก็บได้ทนนานกว่า

#### 2.1.5. การขนส่งครั้งพันธุ์

ครั้งพันธุ์ในระหว่างขนส่งไปไกล ให้บรรจุลงในเข่งตาโปรงหรือตะกร้าไม้ไผ่ แล้วทอนเป็นท่อนๆ วางอย่าให้ทับกันแน่น โดยวางท่อนครั้งพันธุ์ให้โปรงไขว้ไปมาเพื่อให้อากาศถ่ายเทได้ และเอาฝาเปิดปากเข่งหรือภาชนะไว้อย่างโปรงๆ ถ้าระยะทางไกลมากให้ตัดครั้งพันธุ์ก่อนออกตัวได้ไม่เกิน 8-10 วัน

กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงครั้งในอำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง ต่างพากันเร่งเก็บเกี่ยวผลผลิตออกจำหน่ายให้กับพ่อค้า ที่เข้ามารับซื้อถึงที่ กิโลกรัมละ 165-166 บาท ทำให้เกษตรกรต่างพากันเร่งเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งออกมาจำหน่าย และสร้างรายได้เสริมอย่างงาม โดยเกษตรกร สามารถขายครั้งได้ตันละไม่น้อยกว่า 2 หมื่นบาท

### 2.1.6. การใช้ประโยชน์จากครั้ง

การรู้จักนำครั้ง และสีครั้งมาใช้ประโยชน์ และเป็นสินค้าซื้อขายกันนั้น ได้มีการค้าขายกันมาแต่สมัยโบราณแล้ว แต่ยากที่จะหาหลักฐานที่แน่นอนได้ แต่พอจะประมาณได้ไม่น้อยกว่า ๔,๐๐๐ ปีมาแล้ว การใช้ประโยชน์ครั้งต่างๆ รวมทั้ง การใช้สีแดงจากครั้ง สืบเนื่องกันมาเป็นเวลานานหลายศตวรรษมาแล้ว ในสมัยแรกที่รู้จักกันนั้น นำไปใช้เพียงในงานศิลปกรรม และงานช่างฝีมือ แล้วต่อมาก็ค่อยๆ ปรับปรุงรู้จักนำครั้งมาเลี้ยงมากขึ้น แล้วก็ศึกษาค้นคว้าวิธีแยกสีจากครั้งมาใช้ในการทอผ้า การทาสี การทำพรมปูพื้น การช่างไม้ และช่างโลหะ ในการแยกสีจากครั้งนั้นก็ใช้วิธีเอาครั้งดิบไปแช่ไว้ในน้ำ เพื่อให้สีละลายส่วนการแยกครั้งบริสุทธิ์ออกนั้น ก็ทำโดยเอาครั้งใส่ถุงผ้า แล้วใช้ความร้อนอบให้ละลาย คั้นเอาครั้งบริสุทธิ์ออกมา วิธีนี้ในปัจจุบันยังใช้ในการทำอุตสาหกรรมเซลลูล์ก ประโยชน์ที่ได้จากครั้งมีดังนี้

#### ก. สีแดงจากครั้ง มีประโยชน์ ดังนี้

- 1) ใช้เป็นยาสมุนไพร รักษาโรคโลหิตจาง
- 2) ใช้เป็นสีย้อมผ้าขนสัตว์ ผ้าไหม หนังฟอก
- 3) ใช้ทำสีแดงอาหาร เช่น ขนม ผลไม้ ไม่มีพิษภัย
- 4) ใช้ทำสีเครื่องสำอางเสริมสวย

#### ข. เนื้อครั้ง มีประโยชน์ ดังนี้

- 1) ใช้ตกแต่งผิวหน้าวัตถุที่ทำด้วยไม้ เช่น เครื่องกลึง การช่างฝีมือเกี่ยวกับไม้ เนื้อครั้งจะช่วยให้ไม้เรียบเป็นมัน เงางาม เนื้อครั้งที่ผสมสีใช้ทาผิวหน้าไม้ให้เป็นสีต่างๆ เช่น หัวไม้ที่ใช้ในการสร้างบ้านเรือน เครื่องเรือน ของเด็กเล่น เป็นต้น
- 2) ใช้เป็นแกนภายในเครื่องเงิน เครื่องทองที่ใช้เป็นเครื่องประดับ เครื่องใช้สอย เช่น ค้ำมิด ใช้ครั้งเป็นแกนอยู่ข้างในแล้วหุ้มด้วยแผ่นเงินแผ่นทอง ใช้เป็นตัวเรือนสำหรับติดเพชร พลอย ของเครื่องประดับต่างๆ เซลลูล์กผสมกับผงทรายใช้ในการทำหินเจียรระไนใช้เคลือบผิวโลหะให้มีสีตามต้องการ โดยทำโลหะนั้นให้มีความร้อน แล้วเอาเซลลูล์กซึ่งผสมสีแล้วทาลงไป ใช้เป็นครั้งประทับตราในการห่อพัสดุเป็นครั้งหรือฉีกต่างๆ เป็นต้น [4]

### 2.1.7. ผลผลิตครั้ง

ครั้งดิบ (Stick Lac) ซึ่งเป็นครั้งที่ผู้เลี้ยงแกะหรือขูดออกจากกิ่งไม้ต้นไม้มที่ใช้เลี้ยงครั้งเหลือแต่เนื้อครั้ง จะมีวัตถุเจือปนอยู่หลายอย่าง เช่น ชัน สีครั้ง ขี้ผึ้ง ซากของแม่ครั้งที่ตาย กิ่งหรือเปลือกไม้ เป็นต้น

ครั้งเม็ด (Seed Lac) เป็นครั้งดิบที่นำมาแยกสิ่งเจือปนออกโดยการตำหรือบดครั้งดิบให้แตกออกเป็นก้อนหยาบ ๆ หลังจากนั้นนำไปร่อนผ่านตระแกรง และนำเอาครั้งที่ได้ไปล้างน้ำ จะได้ครั้งสีแดง ซึ่งจะนำไปย้อมผ้าได้ การล้างครั้งจะล้างจนกระทั่งน้ำใส จึงนำเอาครั้งที่ได้ออกตากในที่ร่มที่มีลมผ่านตลอดเวลา จะได้ครั้งที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 8-13 ก็สามารถจำหน่ายได้ (ครั้งดิบ 100 กิโลกรัม จะผลิตครั้งเม็ดได้ 80 กิโลกรัม)

เซลแลค (Shellac) เป็นครั้งที่ทำมาจากครั้งดิบและครั้งเม็ด บรรจุในถุงผ้าให้ความร้อน และปิดถุงผ้าให้แน่นเข้าเรื่อย ๆ เนื้อครั้งจะค่อย ๆ ซึมออกจากถุงผ้าใช้มีดหรือวัสดุปาดเนื้อครั้งที่ซึมออกมาใส่บนภาชนะที่อังด้วยความร้อนจากไอน้ำ จะช่วยให้เนื้อครั้งนั้นมีความอ่อนตัว หลังจากนั้นนำเนื้อครั้งที่ได้มาทำการยัดเป็นแผ่นบาง ๆ ในขณะที่ครั้งยังร้อนอยู่แล้วปล่อยให้เย็น จึงหักออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ เรียกว่า "เซลแลค" (ครั้งดิบประมาณ 100 กิโลกรัม หรือครั้งเม็ดประมาณ 85 กิโลกรัม ใช้ทำเซลแลคได้ 65 กิโลกรัม) การกั้นน้ำที่ดี มีความเป็นเงางาม, สามารถยึดกับพื้นผิวได้หลายชนิด, กั้นความร้อนและไฟฟ้าได้ รวมทั้งการละลายที่ขึ้นกับค่าพีเอช ทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลายประเภท เช่น การเคลือบผลไม้และอาหารป้องกันการสูญเสียน้ำและยืดอายุในการเก็บรักษา, การเคลือบเภสัชภัณฑ์เพื่อควบคุมการปลดปล่อยยาให้ออกฤทธิ์ในตำแหน่งและเวลาที่ต้องการ, การประยุกต์ใช้ในการเคลือบผลิตภัณฑ์เพื่อหวังผลในแง่การป้องกันความชื้นและเพิ่มความสวยงาม, การใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยคุณสมบัติในแง่การเป็นตัวช่วยยึดเกาะ รวมไปถึงการใช้เป็นส่วนผสมในอุปกรณ์ไฟฟ้าบางประเภทเนื่องจากคุณสมบัติการเป็นฉนวนและความสามารถในการยึดเกาะที่ดี ในปัจจุบันเซลแลคมีการนำไปใช้น้อยลงเนื่องจากข้อด้อยบางประการได้แก่ การละลายและความคงตัว แต่อย่างไรก็ตามเซลแลคเป็นสารที่มีราคาถูกและผลิตขึ้นได้เอง ประกอบกับมีงานวิจัยหลายชิ้นที่แสดงแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงมีความเป็นไปได้ในการใช้เซลแลคเพื่ออุตสาหกรรมในประเทศและการส่งออกไป

ครึ่งแผ่น (Button Lac) หรือ "ครึ่งกระดุม" เป็นครึ่งที่นำมาหลอมออกทำเป็นแผ่นกลม ลักษณะคล้ายกระดุม มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 นิ้ว และหนาประมาณเศษหนึ่งส่วนสี่นิ้ว ครึ่งแผ่นมีวิธีทำคล้ายกับเชลแลค แต่ต่างกันที่เมื่อทำการย้ายครึ่งที่หลอมละลายดีแล้ว ใช้เหล็กป้ายครึ่งซึ่งกำลังร้อน ๆ อยู่ หยอดลงไปบนแผ่นเหล็กหน้าเรียบที่สะอาดและขัดเป็นเงาให้ได้ขนาดที่ต้องการ ทิ้งไว้ให้เย็น จะได้ครึ่งแผ่นที่ต้องการ [5]

### 2.1.8. ขั้นตอนการผลิต

ในประเทศไทยมีการผลิตยางครึ่งชนิดนี้เพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจมาเป็นเวลานาน เป็นอาชีพทำรายได้เสริมที่ทำได้ง่ายสำหรับเกษตรกร โดยเฉพาะในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กระบวนการทำเริ่มจากการเลี้ยงแมลงครึ่งบนต้นไม้ เช่น จามจุรี, ก้ามปู, สะแก, ปันแก, พุทราป่า, สิวคอกออสเตรเลีย, ไทร, มะสะนงและมะเดื่ออุทุมพร เป็นต้น แมลงครึ่งจะเกาะและกินน้ำเลี้ยงจากกิ่งไม้และสร้างสารคัดหลั่งออกมาหุ้มกิ่งไม้ไว้ เมื่อครบเวลาเกษตรกรจะตัดกิ่งไม้ซึ่งมีรังครึ่งหุ้มอยู่ออกมา โดยจะเรียกสารในขั้นตอนนี้ว่า *ครึ่งดิบ* ซึ่งจะประกอบด้วยเรซิน, สีครึ่ง, ขี้ผึ้ง, ความชื้น รวมทั้งกิ่งหรือเปลือกไม้ เป็นต้น หลังจากนั้นจะนำไปแปรรูปต่อที่โรงงานที่มีอยู่ในประเทศ โดยจะผ่านกระบวนการบดให้แตกออกเป็นก้อนหยาบ ๆ หลังจากนั้นนำไปร่อนผ่านตะแกรง และนำเอาครึ่งที่ได้ไปล้างน้ำ จะได้น้ำสีแดงซึ่งสามารถนำไปย้อมผ้าได้ การล้างครึ่งจะล้างจนกระทั่งน้ำใสจึงจะนำสารที่ได้ออกตากในที่ร่มให้มีลมผ่านตลอดเวลาและนำไปผ่านการคัดขนาด ซึ่งหลังจากผ่านขั้นตอนนี้จะได้ *ครึ่งเม็ด* มีลักษณะเป็นเม็ดค่อนข้างกลม สีแดง มีความชื้นประมาณ 3 - 8 เปอร์เซ็นต์ ที่ประกอบด้วยเรซินที่มีความบริสุทธิ์มากขึ้นแต่ก็ยังไม่มากพอที่จะใช้ได้ในอุตสาหกรรมยา สำหรับประเทศไทยส่วนใหญ่จะนำส่งออกต่างประเทศในรูปแบบนี้โดยไม่ได้มีการแปรรูป สำหรับการแปรรูปให้บริสุทธิ์ต่อ นั้นทำได้โดยการนำครึ่งเม็ดไปผ่านการให้ความร้อนจนกระทั่งหลอมหลังจากนั้นจึงกรองผ่านถุงผ้าแล้วเทลงบนแผ่นโบลานหรือสังกะสี ให้นำขยายเป็นแผ่นกลมตามพิมพ์ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ถึง 3 นิ้ว หนาประมาณ 1/4 นิ้ว ที่เรียกว่า *ครึ่งแผ่น* หรือ *ครึ่งกระดุม* แต่ส่วนมากแล้วจะนิยมนำไปทำให้เป็นแผ่นบาง ๆ ที่เรียกว่า *เชลแลค* นอกจากนี้แล้วการทำให้บริสุทธิ์อาจใช้วิธีการละลายในเอทานอลและทำการกรองสิ่งเจือปนออก แต่ในโรงงานบ้านเราไม่ใช้วิธีนี้เนื่องจากราคาที่แพงและการควบคุมการใช้เอทานอลตามกฎหมาย

### 2.1.9. องค์ประกอบของเซลเล็ก

ครั้งดิบจะประกอบด้วยส่วนผสมของยางครั้ง ประมาณ 70 - 80 เปอร์เซ็นต์

จีฟี่ ประมาณ 6 - 7 เปอร์เซ็นต์

สีครั้ง ประมาณ 4 - 8 เปอร์เซ็นต์

สารเจือปน ประมาณ 15 - 25 เปอร์เซ็นต์

เมื่อผ่านกระบวนการการจนกระทั่งได้เซลเล็ก องค์ประกอบที่เหลือส่วนใหญ่จะเป็นส่วนของยางครั้งที่มีจีฟี่และความชื้นปะปนอยู่ โดยมีสารเจือปนอยู่น้อยมาก ในส่วนของยางครั้งจะประกอบด้วยส่วนผสมของ เรซินแข็งที่ประกอบด้วยพอลิเอสเทอร์ ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่ค่อนข้างสั้น และ เรซินอ่อนที่ประกอบด้วยเอสเทอร์เดี่ยวหลายชนิด เมื่อทำการย่อยสลายด้วยน้ำ ส่วนของยางครั้งจะพบส่วนผสมของกรดไขมัน ได้แก่ อะลูไลติกแอซิดและเทอร์พีนิกแอซิด ซึ่งประกอบด้วยสารหลายชนิดโดยสารที่มีอยู่มากได้แก่ จาลาริกแอซิดและเล็กซิจาลาลิกแอซิด

### 2.1.10. คุณสมบัติเซลเล็ก

เซลเล็กมีคุณสมบัติที่หลากหลายได้แก่ การซึมผ่านไอน้ำที่ต่ำ – คุณสมบัติข้อนี้เป็นเหตุผลที่สำคัญที่ทำให้เซลเล็กถูกนำมาใช้มากตั้งแต่อดีตเพื่อการปกป้องความชื้น โดยเซลเล็กสามารถเกิดฟิล์มได้และมีความสามารถในการป้องกันความชื้นไม่ให้ผ่านผิววัสดุที่เคลือบด้วยเซลเล็กการละลายขึ้นกับค่าพีเอช - เซลเล็กประกอบด้วยพอลิเมอร์ที่มีกลุ่มคาร์บอกซิลิก ทำให้มีคุณสมบัติไม่ละลายที่ค่าพีเอชต่ำแต่จะละลายได้มากขึ้นเมื่อเพิ่มค่าพีเอช โดยเซลเล็กจะเริ่มละลายได้ที่พีเอชประมาณ 7.0 ทำให้ป้องกันการแตกตัวในกรดในกระเพาะอาหารได้ โดยนำเซลเล็กมาเคลือบยาเพื่อการนำส่งยาสู่ลำไส้ ความสวยงามของฟิล์ม - ฟิล์มที่เตรียมจากเซลเล็กจะมีค่าดัชนีหักเหที่ค่อนข้างสูง (ประมาณ 1.521 - 1.527) สามารถสะท้อนแสงได้ดีทำให้ได้ฟิล์มที่มีคุณสมบัติเงางามคุณสมบัติข้อนี้เสริมประโยชน์ในแง่ความสวยงามของผลิตภัณฑ์ที่ถูกเคลือบ เช่น การนำไปใช้สำหรับงานเฟอร์นิเจอร์รวมทั้งการเคลือบผลไม้โดยเพิ่มจากประโยชน์ในแง่ของการป้องกันน้ำของเซลเล็ก

การนำความร้อนและไฟฟ้าต่ำ เซลเล็กจะมีค่าการนำความร้อนที่ค่อนข้างน้อยประมาณ 0.24 วัตต์ต่อเมตรต่อองศาเซลเซียส (ทองแดงมีค่าเท่ากับ 401 วัตต์ต่อเมตรต่อองศาเซลเซียส ส่วนแก้วมีค่าเท่ากับ 1 วัตต์ต่อเมตรต่อองศาเซลเซียส) นอกจากนี้แล้วยังมีการนำไฟฟ้าที่ต่ำมีความเป็น

ฉนวนที่ดี โดยปกติวัสดุที่จัดว่านำไฟฟ้าจะมีความต้านทานพื้นผิวน้อยกว่า 10 โอห์ม และจะจัดว่าเป็นฉนวนถ้ามีค่ามากกว่า 10 โอห์ม ยกตัวอย่างเช่น ทองแดง พลาสติกที่เตรียมจากพอลิเอทิลีนและเทฟลอน จะมีค่าเท่ากับ 1, 10 และมากกว่า  $10^{16}$  ตามลำดับ ในกรณีของฟิล์มที่เตรียมจากเซลลูลีมีค่ามากกว่า 10 ซึ่งจากคุณสมบัตินี้จึงทำให้เซลลูลีสามารถนำไปใช้ในแง่ของการเป็นฉนวนสำหรับทำสายไฟ รวมทั้งการนำไปใช้สำหรับอุปกรณ์ที่ต้องการป้องกันการนำไฟฟ้าได้ความสามารถในการยึดเกาะผิวที่เคลือบและความทนทานต่อการถูกขีดข่วน - เซลลูลีสามารถยึดติดกับผิวของวัสดุได้เกือบทุกชนิด ยกเว้นพื้นผิวของสารบางชนิด เช่น เทฟลอนหรือวัสดุที่ถูกเคลือบด้วยซิลิโคนทำให้สามารถนำไปเคลือบและทำให้มีการยึดติดกับชิ้นงานได้ดีและเป็นเวลานาน โดยอาจมีแรงยึดเกาะที่แตกต่างกันไปได้บ้างขึ้นอยู่กับวัสดุ ตัวอย่าง เช่น แรงยึดเกาะกับทองแดงประมาณ 3,300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นอกจากนี้แล้วยังค่อนข้างทนต่อการขีดข่วนซึ่งช่วยป้องกันผิวที่เคลือบได้

จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้เซลลูลีมีการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมยาและการแพทย์เพื่อใช้ในการเคลือบยา, ส่วนผสมของเครื่องสำอางและสารที่ใช้ทางทันตกรรม, อุตสาหกรรมอาหารสำหรับการเคลือบอาหารบางประเภท, อุตสาหกรรมกระดาษสำหรับการเคลือบผลไม้ รวมถึงงานเคลือบไม้เพื่อใช้ในการทำเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น ในส่วนอุตสาหกรรมยานั้นถูกนำมาใช้ในการเคลือบโดยมีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ คือ คือการเคลือบเพื่อหวังผลในแง่การป้องกันการซึมผ่านของน้ำ เช่น ในกรณีของการเคลือบเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปในเม็ดยาในกระบวนการเคลือบน้ำตาล และการเคลือบเอนเทอร์ิกหรือการเคลือบเพื่อหยาแตกตัวในลำไส้



ภาพที่ 2.9 แสดงเซลล์แลคแผ่น

(ที่มา: <http://th.wikipedia.org/wiki/>)

## 2.2. ไม้แดง

### 2.2.1. ลักษณะทั่วไป

ไม้แดงเป็นไม้เศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย ไม้แดงมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Xylia xylocarpa* วงศ์ Mimosaceae ในประเทศไทยจะเรียกทั่วไปว่า “แดง” สำหรับชาวต่างประเทศจะเรียกไม้แดงเป็นชื่อทางการค้าว่า “Iron wood” และไม้แดงยังมีชื่อเรียกอื่นๆ มีชื่อท้องถิ่นที่แตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่เรียกอีก เช่น ควาย (เชียงใหม่ กาญจนบุรี) ไคว (แพร่ แม่ฮ่องสอน) จะลาน จาลาน ตะกร้อม สะกรอม (จันทบุรี) ปราน (สุรินทร์) ไปร (ศรีสะเกษ) ฟ่าน (เชียงใหม่) เพี้ย (ตาก)

ไม้แดง เป็นต้นไม้ขนาดใหญ่ ขึ้นทั่วไปในป่าเบญจพรรณแล้งและชื้น ลักษณะของเนื้อไม้ไม่มีสีแดงเรื่อๆ หรือ สีน้ำตาลอมแดง และมีจุดดำแทรกในเนื้อไม้ เป็นไม้เนื้อแข็ง สีแดงจากเนื้อไม้สวยงามเรียบเนียน ได้รับการกล่าวขานว่าเป็นไม้ที่มีระดับในกลุ่มไม้เนื้อแดงบางครั้งจึงเรียกว่า Burmese Ironwood คงสภาพได้ดีเมื่อผ่านขั้นตอนการอบแห้ง ไม้The Janka hardness มักนิยมใช้สำหรับงานปูพื้น ไม้ ไม้แดง จึงดีที่สุดสำหรับงานปูพื้นที่ต้องการความคงทนและทนต่อการกัดแทะของปลวกได้ดี

ลักษณะของเนื้อไม้ไม่มีสีแดงเรื่อๆ หรือ สีน้ำตาลอมแดง เสี้ยนเป็นลูกคลื่นหรือสับสนเนื้อละเอียดพอประมาณ แข็ง เหนียวแข็งแรงและทนทาน เลื่อยไสกบแต่งได้เรียบร้อยขัดชักเงาได้ดี

น้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 960 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม้ชนิดนี้นิยมในการก่อสร้างในส่วนที่ไม่ใช่โครงสร้าง เช่น พื้น วงกบประตูหน้าต่าง ทำเกวียน ทำเรือहनอนรางรถไฟ เครื่องเรือน เครื่องมือกลกรรม ด้านเครื่องมือ คันชั่ง ไม้แดงนี้ปลวกหรือเพรียงจะไม่ค่อยรบกวน และเป็นไม้ที่ต้านทานไฟในตัวด้วย เป็นไม้เนื้อแข็งที่มีกลิ่นหอม มีให้เลือกหลากสี ทั้งสีแดงและสีส้มประดูที่ดี คือ ประดูสีแดง สามารถปูพื้นบ้านได้ทุกห้อง ไม้แดง เป็นไม้ที่มีความแข็งแรงมาก ทำให้เวลาเกิดความชื้นหรือร้อนและขยายตัว [6]

### 2.2.2. ลักษณะคุณสมบัติของไม้แดง

ในประเทศไทยปัจจุบันไม้แดงจัดเป็นไม้หวงห้ามชนิดหนึ่งตามกฎหมาย โดยเราสามารถพบไม้แดงได้ตามป่าต่างๆ ไปได้ โดยไม้แดงมักขึ้นกระจายอยู่ตามภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง โดยจะสามารถพบไม้แดงได้มากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับประเทศเพื่อนบ้านที่พบไม้แดงได้แก่ ประเทศลาว พม่า กัมพูชา เวียดนาม และประเทศอินเดีย

ความนิยมของไม้แดงที่นำมาใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างคือ นิยมใช้เป็นไม้พื้น ไม้เสา และไม้คาน เพราะคุณสมบัติของไม้แดงเองนั้นมีความทนทานสูง ซึ่งความต้องการไม้แดงในประเทศไทยเราก็น่าจะสูง จนในบางปีนั้น ต้องมีการสั่งไม้แดงจากต่างประเทศ ไม้แดงจะเป็นไม้ผลัดใบเมื่อไม้แดงโตเต็มที่จะมีความสูงประมาณ 20-30 เมตร อาจพบว่าบางต้นสูงถึง 30-37 เมตร และลำต้นของไม้แดงอาจมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1-4 ฟุต โดยปกติแล้วลำต้นของไม้แดงจะตรงเปลา คือมีลักษณะตรงไม่มีตาไม้หรือกิ่งไม้แตกออกมา ซึ่งที่พบโดยทั่วไปมักจะพบความสูงไม้แดงถึงกิ่งแรกคือ 12 เมตรขึ้นไป แต่หากไม้แดงเติบโตในบริเวณที่ไม่เหมาะสม ก็อาจเห็นลำต้นไม้แดงเล็กและคดงอ แตกกิ่งต่ำ มีพุ่มใบมากก็เป็นได้ ซึ่งมักไม่ค่อยพบมากนัก โดยเปลือกของไม้แดงจะมีสีเทาอมแดง ซึ่งแตกเป็นแผ่นกลมบางๆ รอบลำต้นซึ่งลักษณะนี้จะพบโดยทั่วไป เนื้อไม้ของไม้แดงจะมีสีน้ำตาลแดงหรือสีแดงเรื่อ ดอกของไม้แดงจะเป็นดอกเล็กๆ สีเหลือง ออกเป็นลักษณะช่อกลมเดี่ยวๆ ไม้แดงมีผลเป็นฝักแบบรูปขอบขนานรียาวและโค้งงอที่ส่วนปลาย ฝักมีลักษณะแข็งมีความยาว 10-15 เซนติเมตร ผิวของฝักไม้แดงจะมีสีน้ำตาลแดง ผิวเรียบไม่มีขนปกคลุม เมื่อฝักแก่จะแตกออกเป็น 2 ซีก ตามธรรมชาติเราจะพบไม้แดงกระจายพันธุ์ไปทั่ว สามารถพบไม้แดงทั้งในป่าผลัดใบ ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ซึ่งจากการสังเกตพบว่าไม้แดงจะเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่ค่อนข้างแห้ง



แล้ง ซึ่งมักมีอุณหภูมิสูงถึง 38-39 องศาเซลเซียส ไม้แดงสามารถเจริญได้ดีในดินร่วนปนทราย ที่มีหน้าดินตื้น ซึ่งปัจจุบันการขยายพันธุ์ไม้แดงจะนิยมขยายพันธุ์โดยเมล็ดด้วยวิธีธรรมชาติ เพราะด้วยวิธีนี้ก็สามารถทำให้ได้กล้าของไม้แดงจำนวนมากมายแล้ว โดยไม้แดงเป็นพันธุ์ไม้ที่มีการเจริญเติบโตในอัตราที่ดี ถ้าไม้แดงขึ้นอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ได้แก่ มีน้ำฝนตกลงมาอย่างเพียงพอ แต่ถ้าขึ้นในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ไม้แดงก็จะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้าลงตามไปด้วย [7]

### 2.2.3. การนำไม้แดงไปแปรรูป

ไม้แดงมีอายุการใช้งานแบบปกติมากกว่า 10 ปี เป็นไม้ที่มีความทนทานแข็งแรงตามธรรมชาติ และจะมีความทนทานมากยิ่งขึ้น หากเป็นไม้แดงที่นำมาจากการเพาะปลูกเลี้ยงดูเป็นอย่างดีมากกว่า 25 ปีขึ้นไป จึงมีความนิยมนำไม้แดงไปใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้างหรืองานตกแต่งต่างๆ เพราะเนื้อไม้ของไม้แดงนั้น ทนข้างแข็งแรง มีน้ำหนัก สามารถทนทานต่อแรงกระแทกได้สูง ได้แก่ การนำไปทำเสาบ้านหรือเสาอาคาร การนำไปทำเป็นคาน การนำไปทำเป็นพื้นไม้แดง หรือแม้กระทั่งการทำไปใช้ทำเป็นเครื่องเรือน เป็นต้น

### 2.2.4. จี้เลื่อย

#### 2.2.4.1. ลักษณะทั่วไป

จี้เลื่อย (Sawdust or wood dust) เป็นผลพลอยได้จากการเลื่อยไม้ มีลักษณะเป็นผงไม้ละเอียด เป็นของเสียในโรงงานที่เป็นพิษ โดยเฉพาะการทำให้เกิดอาการอักเสบ แต่ก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกหลายประการจี้เลื่อยมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบจำนวนมาก (เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน) ที่มีหมู่โพลีฟีนอลซึ่งสามารถจับกับโลหะหนักได้ด้วยกลไกต่างกัน ตัวอย่างเช่น จี้เลื่อยจากต้นพอบลาร์และต้นเฟอร์ที่ทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคาร์บอเนต ดูดซับทองแดงและสังกะสีได้ดี จี้เลื่อยจากต้นมะพร้าวที่ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกดูดซับนิกเกิลและปรอทได้

#### 2.2.4.2. คุณสมบัติจี้เลื่อย

จี้เลื่อยมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบจำนวนมาก (เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน) ที่มีหมู่โพลีฟีนอลซึ่งสามารถจับกับโลหะหนักได้ด้วยกลไกต่างกัน

ตัวอย่างเช่น ขี้เลื่อยจากต้นพอบลาร์และต้นเฟอร์ที่ทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคาร์บอเนต ดูดซับทองแดงและสังกะสีได้ดี ขี้เลื่อยจากต้นมะพร้าวที่ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกดูดซับนิกเกิลและปรอทได้



ภาพที่ 2.10 แสดงขี้เลื่อยจากเครื่องไส

(ที่มา: <http://th.wikipedia.org/wiki>)

#### 2.2.4.3. การนำไปใช้ประโยชน์

ถ่านอัดแท่งผลิตจากขี้เลื่อยไม้เบญจพรรณ และไม้ยางพารา ขี้เลื่อยไม้สำหรับเพาะเห็ดเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นหัดทำก่อนเชื้อเห็ด ขี้เลื่อยอัดเม็ด wood pellet เหมาะใช้ในภาคอุตสาหกรรมใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ(Boiler) ในบ้านเรือนใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาฟิง (pellet stove) งานปั้นจากขี้เลื่อย

#### 2.2.4.4. ไม้อัดจากขี้เลื่อย

วัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจะใช้วัตถุดิบหลักๆ 2 ชนิด คือ ขี้เลื่อย ที่มาจากไม้เนื้อแข็งเท่านั้น ไม่ว่าจะเป็นไม้แดง ไม้เต็ง หรือไม้มะค่า และ เม็ดพลาสติกที่สามารถรีไซเคิลได้ ประเภทพอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDPE : High-Density Polyethylene) เป็นพลาสติกที่ใช้ทำภาชนะพลาสติกแข็งขาวขุ่น เช่น ขวดนม ขวดแชมพู ฝาขวดน้ำ โดยในขั้นตอนการผลิตจะใช้ขี้เลื่อยประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือคือพลาสติกและส่วนผสมทางเคมีอื่นๆที่ไม่ก่อให้เกิด

มลพิษ วัสดุ ทดแทนไม้ธรรมชาติจึงเป็นการนำข้อดีของสองวัตถุดิบหลักมารวมเข้าด้วยกันด้วยสูตรเฉพาะจากห้องแล็บ ทำให้ได้ทั้งความแข็งแรง ทนน้ำทนแดดเหมือนกับพลาสติก รวมถึงมีผิวสัมผัสและกลิ่นหอมของไม้ธรรมชาติ ปลูกจึงไม่กินอย่างแน่นอน [8]

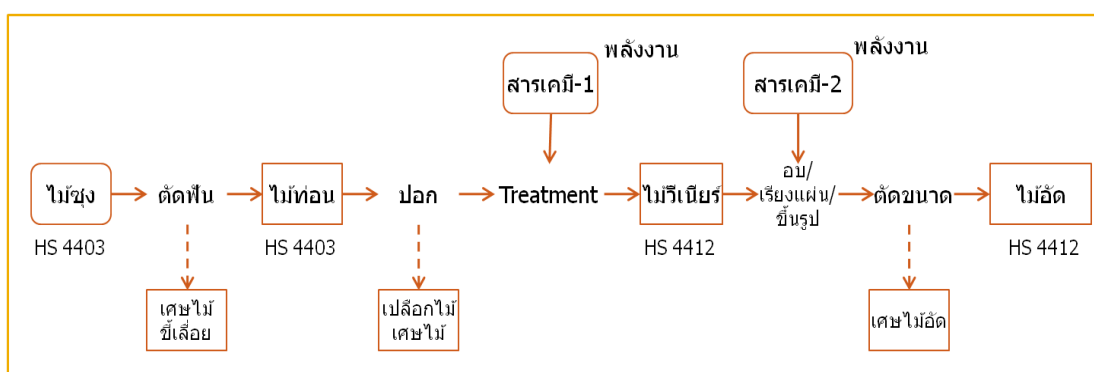
### 2.3. แผ่นใยอัด

แผ่นใยอัดแข็ง หรือไม้เรียบบางนาคือแผ่นไม้ที่ผลิตขึ้นจากการนำเอาสารประเภทลิกโนเซลลูโลส (Lignocelluloses) ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากในไม้ มาทำเป็นแผ่น โดยนำมาอัดให้เป็นแผ่นตามขนาดที่ต้องการ ผลิตตามกรรมวิธีเปียก (Wet-Process) เหมาะสำหรับตกแต่งภายในบ้าน เช่น ทำฝ้า เพดาน ทำเฟอร์นิเจอร์ กรูภายในรถยนต์ ทำตู้ลำโพงวิทยุ และโทรทัศน์ การนำแผ่นใยอัดแข็งไปใช้งาน ควรคำนึงถึงความหนาให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน หากใช้ทำฝ้า เพดาน หรือฝ้ากันห้อง ควรใช้ความหนาที่ไม่ต่ำกว่า 4 มม.

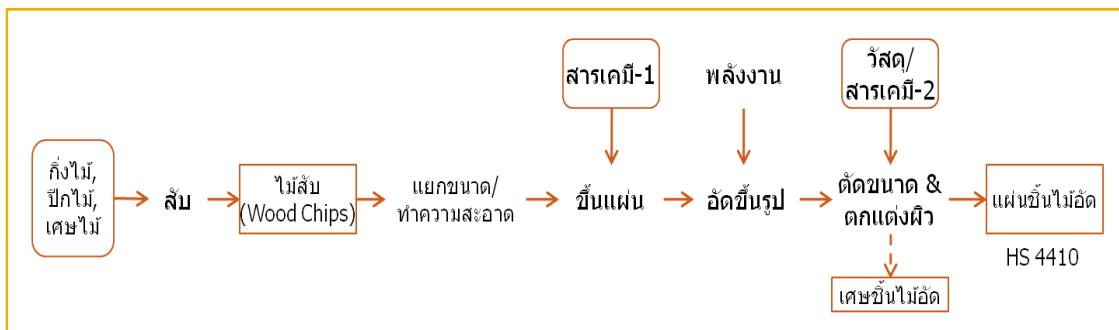
#### 2.3.1. คุณสมบัติของแผ่นใยอัดแข็ง

- 2.3.1.1. ปลอดภัยจากสารฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
- 2.3.1.2. มีความแข็งแรงสูง
- 2.3.1.3. สามารถตัดโค้งงอได้ง่าย
- 2.3.1.4. เป็นฉนวน กันความร้อนได้ดี
- 2.3.1.5. มีผิวหน้าเรียบ [9]

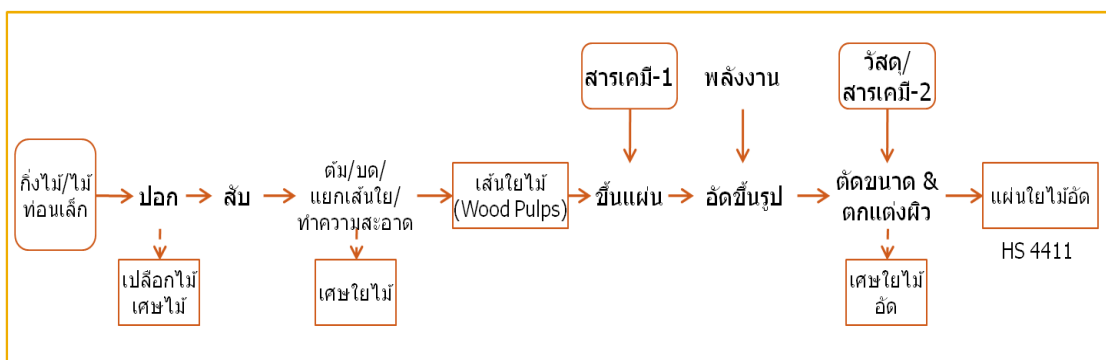
#### 2.3.2. กระบวนการผลิตแผ่นใยอัดและแผ่นจีนไม้อัด



ภาพที่ 2. 11 แสดงภาพแสดงเส้นทางการผลิตสินค้ากลุ่มไม้อัด [1]



ภาพที่ 2.12 แสดงภาพแสดงเส้นทางการผลิตสินค้ากลุ่มแผ่นขึ้นไม้อัด (Particle Boards) [1]



ภาพที่ 2.13 แสดงภาพแสดงเส้นทางการผลิตสินค้ากลุ่มแผ่นใยไม้อัด (Fiber Boards) [1]

ในปี พ.ศ. 2552 ไทยมีจำนวนผู้ผลิตแผ่นใยไม้อัดหรือไม้เอ็มดีเอฟรายใหญ่ รวม 5 ราย มีกำลังการผลิตรวมกันประมาณปีละ 1.9 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีจำนวนผู้ผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดหรือไม้แผ่นปาร์ติเคิลรายใหญ่รวม 12 ราย มีกำลังการผลิตรวมกันประมาณปีละ 2.7 ล้านลูกบาศก์เมตร ในปี พ.ศ. 2553 คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ได้อนุมัติส่งเสริมการลงทุน ผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดที่นิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย จังหวัดสระบุรี โดยบริษัท วนชัย กรุ๊ป จำกัด (มหาชน) ในกำลังการผลิต 240,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี และในปี พ.ศ. 2554 เครือเมโทรพลายได้มีการลงทุนในโครงการใหม่ในพื้นที่จังหวัดตรัง เพื่อผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด ในกำลังการผลิต 350,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี และการอนุมัติส่งเสริมการลงทุนการผลิตแผ่นใยไม้อัดให้กับ 3 บริษัท ได้แก่ บริษัท ระยอง เอ็มดีเอฟ จำกัด บริษัท แอดวานซ์ ไฟเบอร์ จำกัด และ บริษัท ส.กิจชัย เอ็ม ดี เอฟ จำกัด ซึ่งจะทำให้มีกำลังการผลิตแผ่นใยไม้อัดเพิ่มขึ้นรวมทั้งสิ้นประมาณ 750,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี

กระบวนการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดและแผ่นใยไม้อัด มีโครงสร้างใกล้เคียงกัน โดยการผลิตเริ่มจากการแปรรูป (บดย่อย) วัตถุดิบเข้าให้ได้ลักษณะตามที่ต้องการ โดยใช้เครื่องสับ ในกรณีการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด จะสามารถใช้ไม้ได้หลากหลายและรวมถึงการใช้ไม้ตัดเปลือก ในขณะที่การผลิตแผ่นใยไม้อัด จำเป็นต้องมีความพิถีพิถันในคุณภาพของเส้นใยของไม้ที่นำมาใช้ จึงมักใช้ไม้ท่อนขนาดเล็ก (ต่ำกว่า 6 นิ้ว) ที่เป็นไม้ชนิดเดียวกัน กรณีที่เป็นไม้มีเปลือกจะมีการปอกเปลือกออกก่อนนำไปสับและต้มเพื่อแยกเส้นใย

กระบวนการผลิตสำหรับแผ่นขึ้นไม้อัดและแผ่นใยไม้อัด หลังการเตรียมวัตถุดิบ มีขั้นตอนใกล้เคียงกัน โดยการผลิตส่วนใหญ่เป็นแบบอัตโนมัติ มีพนักงานคอยควบคุมการทำงานของเครื่องจักร ตรวจสอบและคัดคุณภาพสินค้า และขนส่ง/ลำเลียงผลผลิตไปยังตำแหน่งต่างๆ ในสายการผลิต



ภาพที่ 2. 14 แสดงภาพเปรียบเทียบขั้นตอนการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดและแผ่นใยไม้อัด [1]

ในช่วงสิบกว่าปีที่ผ่านมา ตลาดได้ให้ความสนใจในประเด็นการปลดปล่อยไอเสียของสารอินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สารฟอร์มัลดีไฮด์จากแผ่นขึ้นไม้อัดและแผ่นใยไม้อัด มากขึ้น ประเทศคู่ค้าหลัก ทั้งสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย และสหภาพยุโรป ต่างมีข้อกำหนดขีดจำกัด

สูงสุดสำหรับแผ่นไม้ที่นำเข้าตลาด ทำให้ต้องมีการปรับปรุงสูตรกาวที่ใช้ โดยในระยะเริ่มต้น ผู้ผลิตได้ทำการวิจัยร่วมกับบริษัทผู้ผลิตกาว แต่เนื่องจากกาวเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญต่อกิจการ ผู้ผลิตรายใหญ่ ทั้งเครือ บมจ. วนชัย และเครือเมโทร ต่างหันมาทำวิจัยด้านกาวและผลิตกาวเองในประเทศ และเนื่องจากปัจจุบัน ยังไม่มีค่ามาตรฐานการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ที่เป็นที่ยอมรับร่วมกันในเวทีสากล ขีดจำกัดของแต่ละประเทศ ยังมีความเหลื่อมล้ำกันเล็กน้อย ผู้ซื้อในบางประเทศ (รวมถึงข้อกำหนด อาคารเขียวและสินค้ารักษ์สิ่งแวดล้อม) ยังมีความต้องการสินค้าที่ปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ในระดับที่ต่ำกว่าที่กำหนดในกฎหมาย โดยผู้ผลิตไทยส่วนใหญ่ สามารถผลิตไม้แผ่นที่มีลักษณะสอดคล้องได้กับเกือบทุกมาตรฐาน แต่จำเป็นต้องเลือกผลิตสินค้าตามความต้องการของลูกค้าแต่ละระดับ แม้จะสามารถผลิตสินค้าที่มีฟอร์มัลดีไฮด์ต่ำที่สุดมาตรฐานเดียวเพื่อป้อนทุกตลาดได้ แต่จะทำให้ไม่สามารถทำราคาให้แข่งขันในตลาดที่มีข้อกำหนดไม่เข้มงวดมากได้ เนื่องจากต้นทุนการผลิตแผ่นไม้ปลอดฟอร์มัลดีไฮด์หรือฟอร์มัลดีไฮด์ต่ำ แปรผันตามความเข้มของข้อกำหนดค่อนข้างมาก

แผ่นใยไม้อัด มีกรรมวิธีพิศดารไปจากแผ่นชิ้นไม้อัดตรงที่ เมื่อสับไม้เป็นชิ้นๆ แล้ว ต้องไปย่อยแยกให้เป็นเส้นใยเสียก่อน ในการประกอบแผ่น ถ้าเป็นเส้นใยแห้งต้องมีกาวเป็นส่วนผสม หากเป็นเส้นใยเปียกก็ไม่จำเป็นต้องใช้กาว จากนั้นก็อัดร้อนจนได้แผ่นสำเร็จรูปออกมา ในทำนองเดียวกันแผ่นใยไม้อัด แตกต่างจากแผ่นชิ้นไม้อัดตรงที่มีเนื้อละเอียดกว่าจะอัดผิวให้เรียบหรือมีลวดลายอย่างไรอาจทำได้แนบเนียนและกว้างขวาง นอกจากนั้น จะอัดให้มีความแน่นมากน้อยเพียงไรก็สามารถทำได้ แผ่นใยไม้อัดที่มีความแน่นน้อย มีคุณสมบัติช่วยเป็นฉนวนความร้อนและเก็บเสียง [1]

### 2.3.3. ลักษณะงานที่ใช้แผ่นใยอัด

สามารถนำไปใช้ในการตกแต่งภายในบ้าน เช่น ทำฝ้าเพดาน สามารถทำเฟอร์นิเจอร์ นำไปกรุภายในรถยนต์, ทำตู้ลำโพงวิทยุ และ โทรทส์นัทำกรอบรูป ฯลฯ

- ข้อดี
1. มีความแข็งแรงสูง
  2. สามารถตัดโค้งงอได้ง่าย
  3. เป็นฉนวนกันความร้อนได้ดี
  4. มีผิวหน้าเรียบ

5. ราคาถูก

6. มีน้ำหนักเบา

ข้อเสีย ถ้าโดนน้ำอาจจะให้แผ่นใยไม้อัดเกิดการพองแล้วเสียได้ [10]

### 2.3.4. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

#### 2.3.4.1. ความหมาย

1) แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดอัดราบความหนาแน่นปานกลาง (Flat Pressed Particle Board: Medium Densit) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นทำจากชิ้นไม้ หรือวัสดุกลไกโนเซลลูโลสอื่น ๆ อัดในเครื่องอัดร้อนให้ยึดติดกันด้วยสารยึดติดให้ทิศทางของแรงอัดตั้งฉากกับระนาบของแผ่น การทำอาจทำเป็นแผ่น ๆ หรือทำต่อเนื่อง ชิ้นไม้ส่วนใหญ่ขนานกับระนาบของแผ่น แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดอาจทำให้มีลักษณะโครงสร้างเป็นชั้นเดียว สามชั้น หลายชั้น หรือโครงสร้างที่มีชิ้นไม้ขนาดลดหลั่นกันก็ได้ มีความหนาแน่นในช่วง กิโลกรัม 800 ถึง 500 ต่อลูกบาศก์เมตร

2) ปาร์ติเกิล (Particle) หมายถึง ชิ้นหรือส่วนของเนื้อไม้หรือวัสดุกลไกโนเซลลูโลสอื่น ๆ ที่ถูกย่อยด้วยเครื่องจักร ชิ้นไม้อาจมีลักษณะต่าง ๆ อย่างไม่อย่างหนึ่งดังนี้

ก. ชิป (Chips) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีขนาดสม่ำเสมอจนได้จากการตัดด้วยเครื่องตัดที่ใช้ใบมีดในลักษณะคล้ายกับสับหรือตัดเป็นแผ่นเล็ก ๆ

ข. เกล็ด (Flake) หมายถึง ชิ้นไม้บาง ๆ มีทิศทางของเส้นใยไม้ขนานกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดตัดขนานกับแนวของเส้นใย แต่ทำมุมกับแนวแกนของเส้นใย

ค. เกล็ดใหญ่ (Wafer) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความกว้างและความหนามากกว่า

ง. แถบ (Strand) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้างและมีความหนาสม่ำเสมอตลอดจนความยาวของแถบ

จ. ชิ๊กบ (Planer Shaving) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็ก มีความหนาไม่เท่ากันคือหนาที่ปลายด้านหนึ่งส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบางและมีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักจะโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (Rotary Cutter Head)

ฉ. เส้นไม้หรือฝอยไม้ (Wood Wool or Excelsiors) หมายถึง เส้นไม้หรือฝอยไม้ที่มีความหนาและคงอไปตามความยาวนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของแผ่นปาร์ติเกิล

ข. แท่ง (Splinter or Silver) หมายถึง ชั๊นไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมเมื่อมองทางหน้าตัด และมีความยาวตามแนวเส้นไม้น้อยกว่า 4 เท่าของความหนา

ช. เม็ด (Granule) หมายถึง ชั๊นไม้ที่มีลักษณะคล้ายขี้เลื่อยซึ่งมีความกว้าง ความยาว และความหนาเกือบเท่ากัน [11]

#### 2.3.4.2. ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดสามารถแบ่งออกได้หลายชนิด และถูกเรียกชื่อแตกต่างกันไปตามลักษณะชนิดที่แบ่งนั้นๆ ซึ่งสามารถแบ่งโดยทั่วไปได้ดังนี้

1) ลักษณะความหนาแน่นของแผ่นที่เป็นหลักเกณฑ์ที่ยึดถือเพื่อใช้จำแนกชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลในทางวิชาการ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.2 ชนิดของความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด [12]

ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)		
	FAO 1976	CS	TIS
ความหนาแน่นต่ำ (Low Density) หรือ Insulation Board	250-400	<590	-
ความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density)	400-800	590-800	500-800
ความหนาแน่นสูง (High Density) หรือ Hard Board	810-1200	>800	-

#### 2) ลักษณะของชั๊นไม้ที่ใช้ผลิต

ชั๊นไม้ที่นำมาใช้ผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีลักษณะต่าง ๆ กัน และถูกย่อยด้วยเครื่องจักรต่างกันด้วย เช่น ชิปหรือชั๊นไม้สับ เกล็ด เกล็ดใหญ่ แฉก ขี้กบ แท่ง และฝอยไม้ เป็นต้น แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตจากชั๊นไม้ลักษณะใดลักษณะหนึ่ง มักจะถูกเรียกเป็นแผ่นชั๊นไม้ลักษณะนั้น ๆ เช่น Chip Board, Flak Board, Wafer Board, Strand Board และ Shaving Board เป็นต้น

#### 3) ลักษณะกรรมวิธีการอัดแผ่น

ชั๊นไม้ที่ผสมตัวประสานแล้วจะถูกนำไปทำเป็นแผ่นเตรียมอัด (Fromat) เพื่อทำการอัดร้อนและแรงอัดที่ใช้อัดร้อนมีใช้กันอยู่ 2 ทิศทาง หากใช้แรงอัดให้มีทิศทางตั้งฉากกับระนาบของแผ่นซึ่งอาจทำเป็นแผ่น ๆ หรือทำแบบต่อเนื่อง เรียกแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดแบบ



นี้ว่า Flat-Platen Pressed Particleboard เป็นแผ่นปาร์ติเกิลที่นิยมผลิตกันอยู่ในปัจจุบัน หากใช้ทิศทางแรงอัดขนานกับระนาบของแผ่นไปตามความยาวของแผ่น เรียกแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดแบบนี้ว่า Extrude Particleboard ซึ่งแผ่นชนิดนี้จะอัดออกมาตามแบบ แผ่นที่หนามักจะใช้ที่ร้อนกลางแผ่นช่วยให้กาวยแข็งตัวเร็วขึ้นจึงมีกรวยยาวกลางแผ่น และมีการผลิตกันน้อย

4) ลักษณะโครงสร้างของแผ่นสามารถแบ่งตามการกระจายตัวของขนาดชิ้นไม้ทางด้านความหนา มีอยู่ 3 ชนิดด้วยกัน

ก. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชั้นเดียว (Single Layer Particleboard)

แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชั้นเดียว หมายถึง แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาดเหมือนกันมีส่วนผสมของกาวยและสารเติมแต่ง (Additive) อย่างเดียวกันตลอดความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

ข. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดสามชั้น (Three Layers Particleboard) หมายถึง แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่แบ่งตามลักษณะของชิ้น ไม้ ออกเป็นสามชั้นตลอดความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ในแต่ละชั้นประกอบด้วยชิ้นไม้ที่ลักษณะและขนาด ตลอดจนส่วนผสมของกาวยเหมือนกัน ปกติใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กและบางเป็นชั้นผิวหน้าและหลัง ส่วนชั้น ไม้ใช้ชิ้นไม้หยาบและใหญ่กว่า ไม้ที่ใช้ทำชั้น ไม้ อาจเป็นชนิดที่ต่างกับที่ใช้ทำชั้นผิวหน้าและหลังก็ได้ ปริมาณกาวยที่ใช้ผสมในชั้นผิวหน้าทั้ง 2 หน้า มักมีมากกว่าในชั้น ไม้ เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่สมดุลกัน มีผิวแข็ง และแน่นขึ้น

ค. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดลดหลั่น (Graded Particleboard)

แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดลดหลั่น หมายถึง แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากชิ้น ไม้ ขนาดและลักษณะต่างกัน โดยโครงสร้างของแผ่นประกอบด้วยชิ้น ไม้ ขนาดใหญ่และหยาบกว่าอยู่ตรงแนวกลางแผ่นตลอดความหนาจากแนวกลางแผ่น ชิ้น ไม้ จะมียขนาดลดหลั่นเล็กไปหาผิวทั้งสองด้าน โดยไม่มีการแบ่งชั้นแน่นอน

5) ลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์ของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดในการผลิตแผ่นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ ได้อีกมากมาย ดังนี้

ก. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดเพื่อการใช้งานภายในอาคาร (Interior Particleboard) เป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีการผลิตเป็นส่วนใหญ่ใช้กาวยูเรียฟอรัมาลดีไฮด์ เรซิน และกาวยูเรียเมลามีนฟอรัมาลดีไฮด์ เรซิน เป็นตัวประสานใช้งานที่ ๆ มีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมปานกลาง เช่น ใช้ทำเป็นฝ้าเพดาน ผนังห้อง หรือชิ้นส่วนของเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น

ข. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดเพื่อการใช้งานภายนอกอาคาร (Exterior Particleboard) ผลิตเพื่อใช้งานในที่ที่มีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมสูง ใช้กาวฟินอลฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน กาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน ที่ใช้เป็นตัวประสาน เป็นต้น

ค. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดสำหรับใช้ปูรองพื้น (Particleboard Floor Underlayment) ใช้สำหรับทำชั้นดาดฟ้าของบ้านเคลื่อนที่ (Mobile Home Decking) เป็นผลิตภัณฑ์แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ที่ผลิตเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมและจัดกระจายทรายให้ได้ความหนาสม่ำเสมอ เพื่อให้สามารถใช้วัสดุอื่นปูพื้นได้ระดับและเรียบสม่ำเสมอ

ง. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดสำหรับเก็บเสียง (Acoustical Particleboard) เป็นแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้กรุผนังหรือเพดาน เพื่อลดการสะท้อนเสียงในห้องลง โดยทำการปรุรูหรือเจาะร่องเป็นแบบต่าง ๆ เช่น Acoustic Board เป็นต้น [12]

#### 6) ลักษณะรูปแบบการผลิตแผ่น

ลักษณะรูปแบบการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตและขายเป็นการค้าของผู้ผลิตในประเทศไทยมี 2 รูปแบบด้วยกันคือ

ก. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดเปลือย (Sanding Board) คือ แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตออกมาจากเครื่องจักรและผ่านการขัดผิวเรียบร้อยแล้ว พร้อมทั้งจะนำไปปิดผิวด้วยวัสดุปิดผิวด่าง ๆ

ข. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดเคลือบหรือปิดผิว (Pre-Finished Board) คือแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเปลือยที่ผ่านการปิดผิวหน้าด้วยวัสดุต่าง ๆ เช่น

- การปิดทับด้วยแผ่นไม้บาง (Wood Veneering) โดยแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดแผ่นเปลือยที่จะปิดทับด้วยแผ่นไม้บางควรมีความหนาไม่เกิน 22 มิลลิเมตร ปิดทับทั้งด้านหน้าและด้านหลัง การปิดใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน หรือกาวพอลิไวนิลอะซีเตต

- การปิดทับด้วยแผ่นกระดาษ และแผ่นพีวีซี (PVC Laminated) โดยแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่จะปิดทับด้วยแผ่นกระดาษที่มีลวดลาย หรือแผ่นพีวีซี ควรมีความหนาไม่เกิน 22 มิลลิเมตร สำหรับกระดาษที่ปิดทับจะใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์หรือกาวโคพอลิเมอร์ดิสเพอร์ชัน (Copolymer Dispersion)

- การปิดทับผิวหน้าด้วยแผ่นวัสดุระบายความร้อน (Heat Transfer Foil) หรือปิดทับด้วยวัสดุกันความร้อน ซึ่งจะนำมาปิดทับบนแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด โดยวิธีแห้งแบบธรรมดาต่าง ๆ

- การปิดทับด้วยแผ่นพลาสติกบาง (Plastic Laminate Veneer) ซึ่งเป็นการปิดทับ ที่มีการนิยมทำมาก

- การปิดทับด้วยเมลามีน (Melamine) ทำโดยนำเอาแผ่นวัสดุที่เคลือบเมลามีน มาปิดทับบนผิวแผ่นไม้ [13]

#### 2.3.4.3. วัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

วัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด คือ ไม้หรือวัสดุเศษเหลือที่ให้เส้นใย นอกเหนือจากวัสดุดังกล่าวแล้วยังมีส่วนที่สำคัญอีกคือ กาว และสารเติมแต่ง ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้คุณภาพในกระบวนการผลิตมีคุณภาพดียิ่งขึ้น และเป็นปัจจัยสำคัญที่ไม่ควรละเลย

##### 1) ไม้ (Wood)

ไม้เป็นวัสดุที่ใช้กันโดยทั่ว ๆ ไปในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 5 กลุ่ม ดังนี้

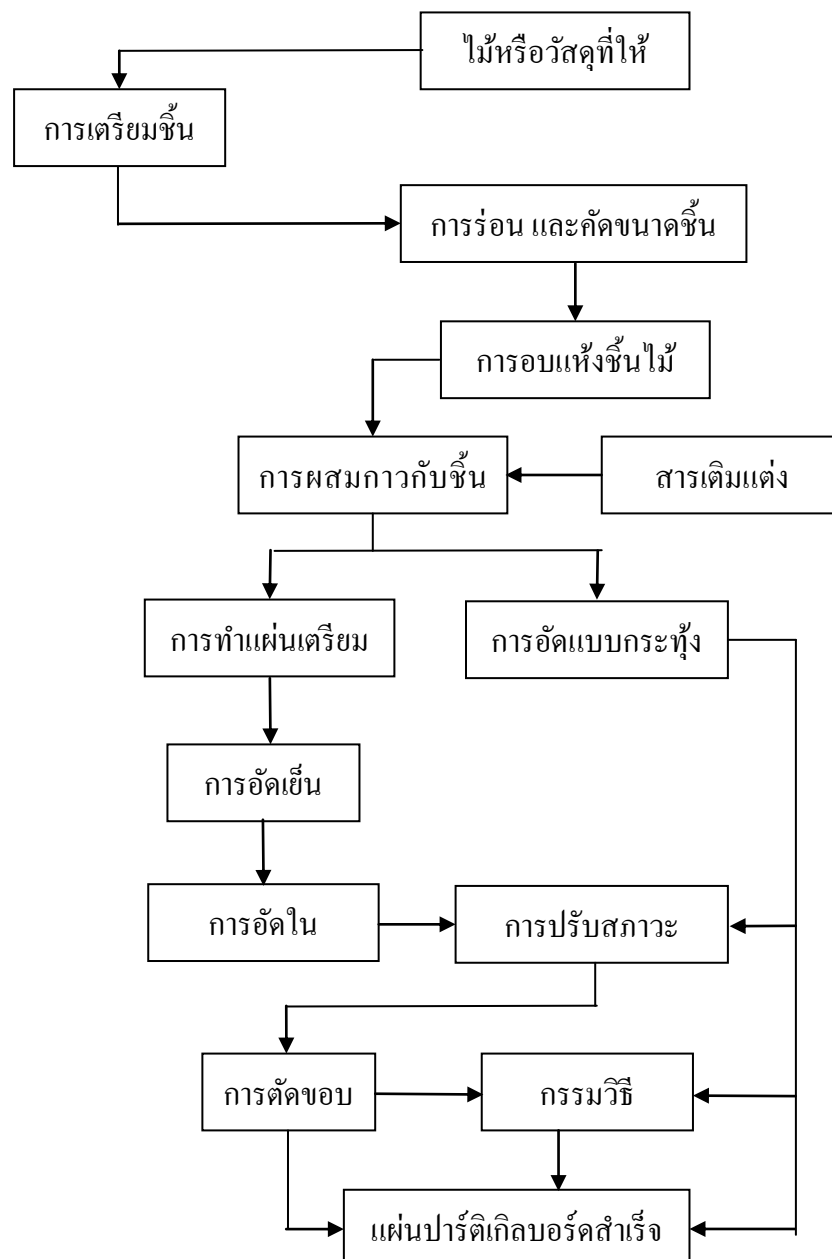
ก. ผลิตผลจากป่าไม้ที่ยังไม่ได้แปรรูป (Unprocessed Forestry Product) เช่น ไม้ขนาดเล็กที่ได้จากการตัดสายขยายระยะ (Thinning) และกิ่งก้านที่หนา หรือใหญ่ (Thick Branches) เศษไม้ขนาดใหญ่ที่เหลือจากอุตสาหกรรม (Coarse Industrial Residues) เช่น ปีกไม้ (Slabs) ขอบไม้ (Edgings) เศษไม้ที่ตัดทิ้งจากโรงเลื่อย (Off Cuts From Sawmills) ไม้ที่เหลือจากการปอก (Peeler Cores) และส่วนเสียที่ถูกคัดทิ้งออกจากการผลิตไม้บาง (Rejects From Veneer Manufacture) เศษเหลือขนาดเล็กจากอุตสาหกรรม (Fine Industrial Residues) โดยเฉพาะขี้กบ (Planer Mill Shavings) และขี้เลื่อย (Sawdust)

ข. ชิปไม้หรือชิ้นไม้สับ (Wood Chips) จากการตัดไม้ด้วยเครื่องตัดชิ้นไม้เศษเหลือ เช่น แผ่นไม้ ขอบไม้ หรือ เศษไม้ระแนงและส่วนอื่น ๆ ที่ถูกตัดทิ้งจากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ และอุตสาหกรรมไม้

ค. วัสดุเศษเหลือที่ให้เส้นใย (Other Lignocellulosic Materials) นอกจาก ไม้แล้วยังมีการใช้วัสดุเศษเหลือที่ให้เส้นใยอื่นซึ่งถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล ได้แก่ ชานอ้อย ฟางข้าว เปลือกถั่ว ต้นฝ้าย ต้นข้าวโพด ชังข้าวโพด เป็นต้น ลักษณะการนำไปใช้งานเช่นเดียวกับไม้แต่ต้องแยกสิ่งเจือปนที่เป็นอุปสรรคต่อการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล ออกให้เหลือน้อยที่สุด เช่น ฝุ่นผง ปริมาณน้ำตาล และพิท (Pith) ที่เนื้อเยื่อทางเดินอาหาร (Vascular

Tissues) ของวัสดุซึ่งเป็นบริเวณเส้นใยผนังบาง และสั้น (Thin Walled Parenchymatous Ground Tissues) ตลอดจนสารขี้ผึ้งที่เคลือบอยู่ตามผิวอันเป็นลักษณะประจำของวัสดุเหล่านี้ซึ่งมักเป็นอุปสรรคในการยึดติดกาวประเภทที่ใช้น้ำเป็นสารละลาย (Water Based Adhesives) [12]

#### 2.4. กระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด



ภาพที่ 2.8 ขั้นตอนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดต่างๆ ไป [12]

### 2.4.1. กรรมวิธีการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด 3 ชั้น

#### 2.4.1.1. การเตรียมชิ้นไม้ (Particle Preparation)

ไม้ที่ใช้ในการผลิตใช้ไม้ยางพาราซึ่งจะถูกส่งเข้าเครื่องตัด (Drum Flaker) ได้ชิ้นไม้ (Flaker) ที่มีขนาดความหนาประมาณ 0.3 - 0.5 มิลลิเมตร และมีความชื้นประมาณ 60% หลังจากนั้นจะถูกส่งไปเก็บไว้ในไซโลเก็บชิ้นไม้เปียก (Wet Flake Silo)

#### 2.4.1.2. การอบและคัดขนาดชิ้นไม้ (Drying)

ชิ้นไม้จากไซโลไม้สดจะส่งเข้าเครื่องอบ อบให้เหลือความชื้นประมาณ 1-3% หลังจากนั้นส่งเข้าเครื่องร่อนคัดขนาด (Suspension Type Gyrotory Screen) ชิ้นไม้ที่มีขนาดละเอียดจะส่งไปเก็บไว้ที่ไซโลผิว ส่วนชิ้นไม้ที่มีขนาดใหญ่เกินไปจะส่งเข้าเครื่องตี (Hammer Mill) ตีให้ขนาดเล็กลงแล้วผ่านเข้าเครื่องคัดขนาดด้วยกระแสลม (Air Grader) ขนาดที่เหมาะสมสำหรับเป็นชิ้นไม้ใส่จะส่งไปเก็บที่ไซโลไส้ (Core Silo) ส่วนที่มีขนาดใหญ่เกินไปจะส่งเข้าเครื่องตัดย่อย (Knife Ring Flake) และส่งไปเก็บที่ไซโลผิว (Surface Silo)

#### 2.4.1.3. การผสมกาวกับชิ้นไม้ (Resin Blending)

ชิ้นไม้ผิวและไส้จากไซโลถูกลำเลียงผ่านเครื่องชั่งน้ำหนัก แล้วส่งเข้าเครื่องผสมกาวกับชิ้นไม้ซึ่งเป็นแบบ Ring Mixture ในเวลาเดียวกันกาวจากเครื่องเตรียมกาวจะส่งไปยังเครื่องผสมกาวกับชิ้นไม้ การควบคุมสัดส่วนในการผสมระหว่างกาวกับชิ้นไม้ควบคุมโดยระบบอัตโนมัติกาวที่ใช้คือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน

#### 2.4.1.4. การทำแผ่นชิ้นไม้ (Mat Formation)

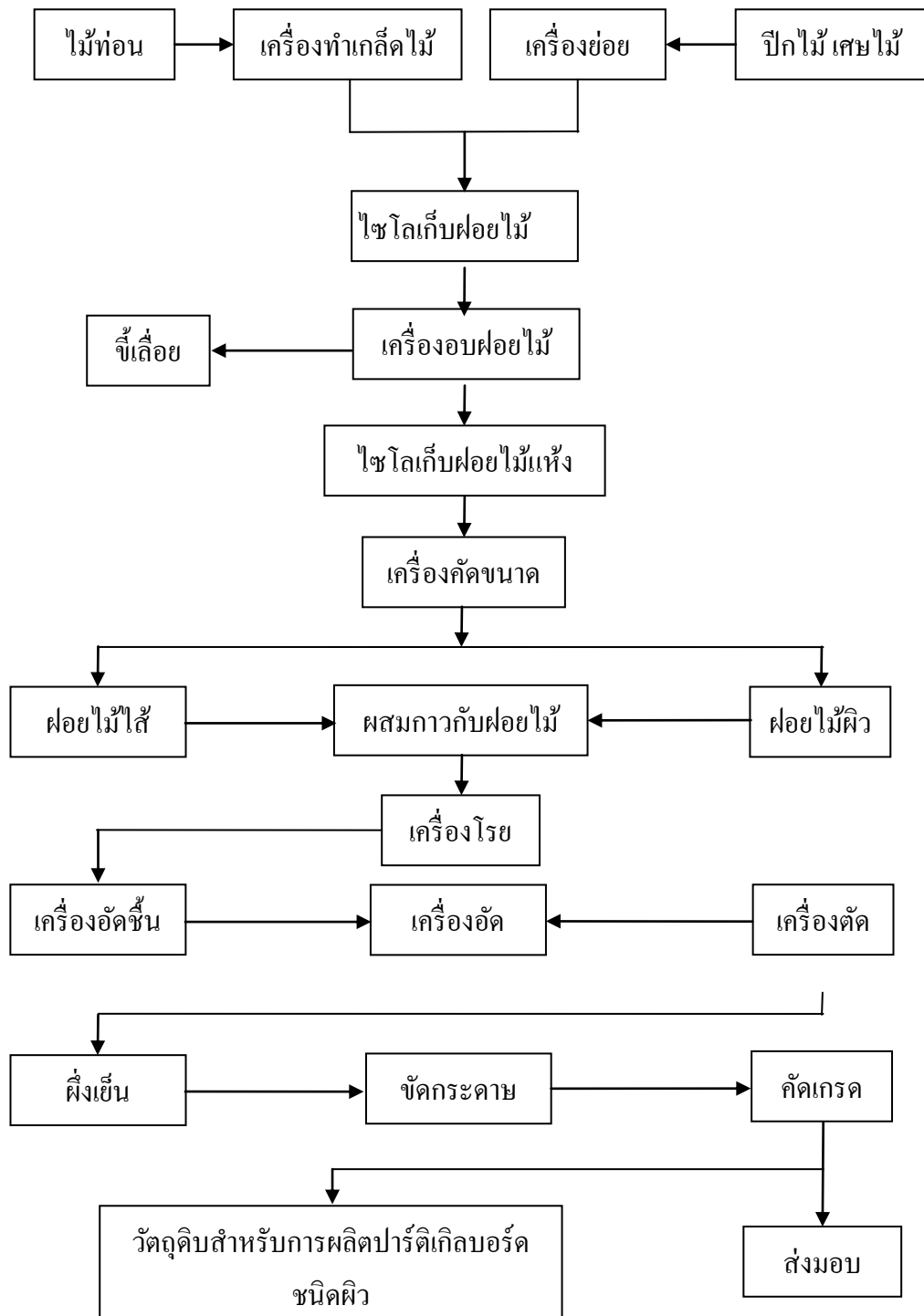
ชิ้นไม้ผิวและไส้ที่ผ่านการผสมกาวแล้วถูกส่งเข้าเครื่องทำแผ่น (Forming Machine) และโรยลงบนสายพาน (Press Belt) โดยใช้กระแสลม (Win Sifting) การทำแผ่นโดยวิธีทำให้ได้แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบชั้นไม้คดหล่น (Graduate-Layer)

#### 2.4.1.5. การอัดร้อน (Hot Pressing)

แผ่นชิ้นไม้จะถูกส่งเข้าเครื่องอัดร้อนเพื่ออัดให้ได้ขนาดความหนาของแผ่นตามที่ต้องการของความหนาที่ผลิตมีตั้งแต่ 3-35 มิลลิเมตร

#### 2.4.1.6. การควบคุมน้ำหนักการผึ่งให้เย็นและการคัดขนาด (Screening)

แผ่นชิ้นไม้อัดที่ออกจากเครื่องอัดร้อนจะมีการตรวจสอบน้ำหนักแล้วจะส่งเข้าเครื่องผึ่งให้เย็น (Star Cooler) และทำการตัดริมและตัดแบ่งให้ได้ขนาดมาตรฐาน 4 × 8 ฟุตตามที่ต้องการแล้วส่งเข้าเครื่องจัดกอง (Stacker) [14] ดังในภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 ขั้นตอนกรรมวิธีการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชนิด 3 ชั้นจากไม้ยางพารา [14]

#### 2.4.2. การปรับสภาวะความชื้นและอุณหภูมิของแผ่น (Conditioning)

แผ่นขึ้นไม้อัดที่ออกจากเครื่องจัดกองจะถูกขนย้ายด้วยรถยกไปเก็บไว้ในโรงเก็บประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อให้ความชื้นในแผ่นเพิ่มขึ้นและให้อุณหภูมิของแผ่นลดลงและเพื่อให้ปริมาณความชื้นและอุณหภูมิกระจายสม่ำเสมอทั้งแผ่นก่อนที่จะนำไปขัดผิว

#### 2.4.3. การขัดผิวและคัดเกรด (Trimming and Finishing)

แผ่นขึ้นไม้อัดที่ปรับสภาวะความชื้นและอุณหภูมิแล้วจะถูกนำไปขัดผิวทั้ง 2 หน้าด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายชนิดหน้ากว้าง (Wide-Belt Sanders) การขัดผิวขึ้นไม้อัดเพื่อให้ผิวเรียบเพื่อให้ได้ขนาดความหนาของแผ่นอย่างเที่ยงตรง และเพื่อขัดเอาส่วนผิวที่ยุบเนื่องจากเกิดการแข็งตัวก่อน (Pre-Cure) จากนั้นแผ่นปาร์ติเกิลจะถูกตรวจสอบเพื่อคัดเกรดแล้วจึงขนย้ายไปเก็บไว้ในคลังสินค้า

### 2.5. การยึดติด

การยึดติด (Adhesion) เป็นสภาวะที่พื้นที่ผิวหน้าของวัสดุ 2 พื้นที่ผิว เกิดการยึดเกาะกันของวัสดุ 2 ชั้น เชื่อมยึดกันโดยแรงที่เกิดขึ้นระหว่างผิวหน้า (Interfacial Forces) นั้น ๆ ซึ่งอาจจะเป็นแรงที่อยู่ระดับพลังงานนอกสุดของโครงสร้างพื้นผิว (Valence Forces) หรือการเกาะเกี่ยวเชิงกลระหว่างผิว (Interlocking Action) หรือทั้งสองกรณีร่วมกัน

#### 2.5.1. ทฤษฎีการเกาะเกี่ยวข้อทับเชิงกล (Mechanical Interlocking Theory)

เป็นการเกาะเกี่ยว (Interlocking) เชิงกลและเชิงกายภาพของกาวที่แข็งตัวแล้วในบริเวณรอยต่อหรือช่องว่างต่าง ๆ ที่อยู่บนพื้นผิวที่จะทำการยึดติด กาวที่มีปริมาณพอเพียงจะแทรกซึมไปชั้นด้านบนของไม้ แล้วถูกอัดลงในรูพรุนที่ว่างของผิวไม้และเกิดการแข็งตัว ก็จะเกิดเป็นการเกาะเกี่ยวเชิงกลระหว่างผิวหน้าไม้ขึ้น ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการยึดติดคือ ต้องมีพื้นผิวที่ราบเรียบที่สุด แต่ทำได้ลำบากมาก มักมีความขรุขระ แต่อย่างน้อยผิวหน้าไม้ต้องไม่มีสะเก็ดหรือรอยแยกตำหนิไม้ ปราศจากสิ่งปลอมปนบนผิวหน้าไม้ เช่น ฝุ่น ผงหรือเส้นใยที่หลุดออกมาอยู่บนผิวต่าง ๆ

#### 2.5.2. ทฤษฎีเกี่ยวกับการแพร่ (Diffusion Theory)

เป็นการแพร่โดยการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องของสารหรือพลังงานชนิดหนึ่งในสารอีกชนิดหนึ่งจากส่วนที่มีความเข้มข้นสูงกว่าไปยังส่วนที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า เพื่อที่จะทำให้ความเข้มข้นเท่ากัน ทฤษฎีนี้การยึดติดที่แท้จริงของเรซินกับพื้นผิวที่เป็นพอลิเมอร์ เช่น ไม้ เกิดการ

แพร่กระจายร่วมกันของโมเลกุลพอลิเมอร์ของเรซินข้ามกันไปมาระหว่างหน้าทั้งสอง ซึ่งทั้งกาวและพื้นผิวจะต้องมีความสามารถที่จะเคลื่อนตัวที่เพียงพอและมีสมบัติการละลายที่ร่วมกัน ดังนั้นค่าการละลาย (Solubility Parameter Values) ที่คล้ายคลึงกัน ก็จะต้องเข้ากันได้ (Rating of the Compatibility of Two Materials) เช่น การที่พอลิเมอร์ในส่วนอสังฐานและตัวทำละลายที่มีค่าการละลายเหมือนกัน ก็จะสามารถกลายเป็นสารละลายได้ พอลิเมอร์จึงควรเป็นส่วนอสังฐาน (เนื่องจากความเป็นผลึกจะต้านทานการละลายในตัวทำละลาย แม้เซลลูโลสส่วนใหญ่จะเป็นผลึก แต่ก็มี อสังฐานอยู่ด้วยแต่ลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส (Hemi-Cellulose) เป็นอสังฐาน ในกรณีของการยึดติดของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน และฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน นั้นไม่น่าจะเป็นกลไกการแพร่ (Diffusion) น่าจะเกิดจากการสัมผัสระหว่างหน้ากันมากกว่า และเกิดกลไกของการยึดติดจากการเกิดพันธะทุติยภูมิ ได้แก่ แรงวานเดอร์วาลส์ระหว่างหน้าของกาวและพื้นผิวไม้ เพราะกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน และฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน มีโครงสร้างเคมีต่างกันแม้จะมีค่าการละลายใกล้เคียงหรือต่างกันมากกับสารที่เป็นอสังฐานของพื้นผิว แต่ก็เชื่อว่าเป็นเนื่องจากการที่เรซินทั้งสองเป็นสารละลาย การเกิดการแพร่กระจายระหว่างกันนั้นควรเป็นในลักษณะของ Water-Sorption Isotherm มากกว่า

### 2.5.3. ทฤษฎีเกี่ยวกับอิเล็กตรอน (Electron Theory)

เป็นการสมมติฐานว่า กาวและวัสดุติดกาวมีโครงสร้างผิวเป็นแถบอิเล็กตรอนที่ต่างกัน ก็จะมีประจุอิเล็กตรอนเคลื่อนย้ายไปบนผิวสัมผัสของทั้งสอง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดประจุอิเล็กตรอน 2 ชั้นที่ระหว่างหน้าของกาวและวัสดุติดกาว และจะเกิดแรงไฟฟ้าสถิตย์จากการสัมผัสผิวกันนี้เกิดเป็นการยึดติด แต่มีการวิจารณ์และรายงานว่าไม่น่าจะเกิดขึ้นกับกรณีการยึดติดกับไม้ รวมทั้งยังไม่มีหลักฐานการทดลองที่ยืนยันทฤษฎีนี้ที่จะทำให้เกิดการยึดติดของกาวกับไม้เลย แต่ปรากฏว่า อาจเป็นรูปแบบหนึ่งของพื้นผิวระหว่างหน้าของกาวกับวัสดุติดกาวที่เกิดมีแนวชั้นของไฟฟ้าคู่เกิดขึ้นระหว่างหน้า แต่ก็ไม่ได้ทำให้เกิดการยึดติดจริง ๆ พบว่าปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าระหว่างกระบวนการทำให้รอยต่อแตกหักเกิดขึ้น แต่ไม่ใช่เป็นสาเหตุให้เกิดการยึดติดระหว่างหน้าของ 2 วัสดุ

### 2.5.4. ทฤษฎีการดูดซับหรือการยึดติดจำเพาะ (Absorption/Specific Adhesion Theory)

การดูดซึมของเหลวทางกลของของแข็งที่เป็นรูพรุนเข้าไปในแคพิลลารีของของแข็งนั้น เป็นผลเนื่องมาจากแรงตึงผิว การดูดซึมนี้อาจจะเกิดขึ้นในแคพิลลารีที่ใหญ่พอจะเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือแคพิลลารีขนาดเล็กที่มองไม่เห็น ความดันไอของของเหลวที่ถูกดูดนั้นจะลดลงขึ้นอยู่กับ



ขนาดของแคพิลลารี พลังงานที่ต้องใช้ในการทำให้ของเหลวที่ถูกดูดซึมระเหยไปนั้นจะมากกว่า พลังงานที่ต้องใช้ในการทำให้ของเหลวที่มีผิวหน้าราบกว้างระเหยไปเพียงเล็กน้อย การดูดซับนั้น อาจเกิดขึ้นที่ความดันไอต่ำ ซึ่งแสดงว่าแรงดึงดูดของตัวดูดซับ (Absorption) ที่มีต่อสารที่ถูกดูดซับ อาจมากกว่าแรงดึงดูดของตัวถูกดูดซับเอง การดูดซับนี้จะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กับการปล่อยความร้อนออกมาเสมอ เรียกว่า ความร้อนของการดูดซับ (Heat of Absorption)

ทฤษฎีการดูดซับของการยึดติดมักจะเรียกว่า ทฤษฎีการยึดติดจำเพาะ เป็นการที่การยึดติดกับวัสดุติดกาวเนื่องจากแรงระหว่างโมเลกุลและระหว่างอะตอม (Intermolecular and Interatomic Forces) ของวัสดุทั้งสองประเภท โดยมีการสัมผัสกันอย่างใกล้ชิด ซึ่งมีระยะห่างระหว่างอะตอมหรือโมเลกุลไม่น้อยกว่า  $10 \times 10^{-8}$  เซนติเมตร

ทฤษฎีนี้เป็นที่ยอมรับและใช้กันอย่างกว้างขวาง แรงทุติยภูมิ เช่น พันธะแวนเดอร์วาลส์ และพันธะไฮโดรเจนและแรงไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic Forces) มีบทบาทสำคัญต่อการยึดติดตามทฤษฎีนี้ ผลการศึกษาพบว่าแรงแวนเดอร์วาลส์เป็นแรงที่มีมากกว่าแรงอื่น ดังตัวอย่าง การยึดติดของฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ Dimer และ Methylol Phenols กับพอลิเอทิลีนไกลคอลของไม้เนื้ออ่อน ส่วนแรงไฟฟ้าสถิตย์นั้นในกรณีแรงผลักล็กน้อย

### 2.5.5. ทฤษฎีการเกิดพันธะโควาเลนต์ทางเคมี (The Covalent Chemical Bonding Theory)

เป็นอีกพันธะหนึ่งที่เกิดขึ้นในทฤษฎีการดูดซับ นอกจากจะเกิดพันธะปฐมภูมิแบบโควาเลนต์แล้ว ก็ยังสามารถเกิดพันธะไอออนิก (Ionic) และแบบโลหะ (Metallic) ได้ด้วย ตัวอย่างรูปแบบการเกิดพันธะโควาเลนต์กับไม้ ได้แก่ การใช้กาวไดไอโซไซยานเนต เช่น MDI (Diphenylmethane - 4,4 - Diisocyanate) โดยการเกิดปฏิกิริยาของกลุ่มไอโซไซยานเนต กับกลุ่มไฮดรอกซิลหลายประเภทบนลิกนินและสารคาร์โบไฮเดรตของไม้และมีรายงานได้ศึกษาพบประเด็นขัดแย้งของตัวอย่างข้างต้นว่า พบว่าสถานะปกติทั่วไป ความเป็นไปได้ในการเกิดพันธะโควาเลนต์ระหว่างกลุ่มไอโซไซยานเนตกับไม้ได้ยาก เนื่องจากไอโซไซยานเนตจะทำปฏิกิริยากับน้ำ (ที่เป็นความชื้นของไม้) ได้เร็วกว่าแล้วเกิดเป็นพอลิยูเรีย (Polyureas) ที่เป็นกาวที่แข็งแรงมากเกาะติดกับไม้โดยแรงทุติยภูมิต่างนั้น [14]

## 2.6. สมบัติและความต้องการของกาว

อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพมาตลอด กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ มีสมบัติหลายอย่างที่ได้รับการพัฒนาใช้ได้ดีขึ้น เป็นที่ต้องการสมบัติเหล่านี้ได้แก่

### 2.6.1. ความหนืด (Viscosity)

สำหรับใช้กับการผลิตบอร์ด ความหนืดมี 2 แนว คือ 1) ความหนืดของกาวเมื่อรับเข้าและเก็บ 2) ความหนืดในขณะที่พ่น ความหนืดของกาวมีความสัมพันธ์กับสมบัติ อื่น ๆ ของกาว ความหนืดของกาวที่ใช้ผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด อยู่ในช่วงประมาณ 100-500 เซนติพอยท์ ที่ 21 องศาเซลเซียส ความหนืดในช่วงนี้สามารถผสมหรือพ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถ้าความหนืดไม่อยู่ในช่วงที่พอเหมาะ จะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบการใช้กาว ทำให้การกระจายตัวของกาวไปบนชิ้นไม้ไม่ดี ความหนืดของกาวมีผลกระทบต่อหลายปัจจัยด้วยกัน

### 2.6.2. เนื้อกาว (Solid Content)

กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์จะมีเปอร์เซ็นต์ของเนื้อกาวกระจายอยู่ในน้ำในการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด เนื้อกาวควรจะให้สูงพอที่จะทำให้การผสมกาวสมบูรณ์ และไม่สูงมาก จนทำให้กาวหนืดเกินไปทำให้เกิดปัญหาในการใช้เนื้อกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน สำหรับปาร์ติเกิลบอร์ดประมาณ 65% เนื้อกาวสามารถบอกลึกลงน้ำหนักของกาวในภาชนะบรรจุและน้ำหนักที่ได้เมื่อแข็งตัวสมบูรณ์หลังจากให้ความร้อน

### 2.6.3. ความเหนียว (Tack)

แสดงถึงความสามารถของกาวในการยึดติดระหว่างผิวหน้า หรือเป็นการจับยึดของกาวที่สัมพันธ์กับผิวของของแข็งที่พยายามด้านการแยกตัวออก ในโรงงานผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด ความเหนียวใช้อธิบายในหลายระดับของการจับยึดระหว่างชิ้นไม้ที่เคลือบด้วยกาว ปัจจัยที่มีผลกระทบ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการถ่ายเทของอากาศรอบ ๆ ในการควบคุมการใช้กาวเพื่อให้รู้ถึงสมบัติ

### 2.6.4. อายุการเก็บ (Storage Life)

ในการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด อุณหภูมิในการเก็บกาวจะมีผลต่ออายุการเก็บ กาวในทางการค้าจะมีอายุการเก็บเป็นเดือน ถ้าเก็บในที่ที่อุณหภูมิต่ำและในช่วงหน้าร้อนจะต้องมีระบบ Pre-cooled ถึงที่บรรจุในระหว่างการขนส่งเพื่อให้เก็บได้นานถึงเก็บกาวจะทำเป็นฉนวนให้คงอุณหภูมิต่ำ เมื่ออุณหภูมิบริเวณใช้งานสูงขึ้น การเสื่อมสภาพของกาวจะเกิดเร็วขึ้นถ้าไม่มีการติดตั้ง

ระบบการใช้การให้ความเย็น นอกจากจะเกิดอุณหภูมิรอบ ๆ ข้างแล้ว ยังเกิดจากปัจจัยอื่น ๆ อีก เช่น ปริมาณเนื้อกาว ความเป็นกรดต่าง ปริมาณบัพเฟอร์ สัดส่วนโมลของสารและความเร็วในการเข้าทำปฏิกิริยา สามารถจะผลิตกาวให้มีอายุการเก็บนานได้ โดยใช้สัดส่วนโมลของฟอร์มัลดีไฮด์สูง แต่จะทำให้การปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์สูงด้วย การใช้บัพเฟอร์เพียงช่วยให้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์คงสภาพ pH ให้อยู่ใกล้เคียงกับสภาพเป็นกลาง (pH 7-8) มันจะไปขัดขวางมิให้เกิดปฏิกิริยาแข็งตัวเร็ว หลังการใช้กาว กาวที่มีอายุการใช้งานสั้นจะต้องระวังการเสื่อมสภาพในระหว่างการเก็บ

#### 2.6.5. อายุการใช้งาน (Working Life)

อายุการใช้งานของกาวในการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด เริ่มเมื่อเติมสารเร่งและสารเติมแต่ง จนกระทั่งแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดแข็งตัวภายใต้แรงอัดสูงสุด และความร้อนในการอัดร้อน ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งานของกาวเช่น อายุของกาว อุณหภูมิที่กาวสัมผัสในช่วงการขนส่ง การเก็บและวิธีการใช้ และการใช้สารเร่ง ระบบการผสมทั้งกาวและสารเร่ง อย่างต่อเนื่อง จะช่วยแก้ปัญหาอายุการใช้งาน

#### 2.6.6. การเข้ากันได้ของสารเติมแต่ง (Additives Compatibility)

สารเติมแต่งที่ใช้ในการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด เพื่อที่จะช่วยให้สามารถทำบอร์ดไปใช้ได้ ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ สารเติมแต่งเหล่านี้ได้แก่ สารกันซึม สารหน่วงไฟ สารป้องกันเชื้อรา และแมลง ซึ่งมีความจำเป็นต่อการปรับปรุงคุณภาพของบอร์ด แต่จะต้องไม่ไปรบกวนกลไกการแข็งตัวของกาวซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของกาวลดลง

#### 2.6.7. การไหล (Resin Flow)

ความสามารถของกาวที่ยังคงรักษาสภาพการเป็นของไหลในช่วงเวลาสั้น ๆ ของการอัดร้อน เมื่อแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดถูกอัดร้อนด้วยแรงอัดและความร้อนสูงสุดกาวที่มีสมบัติการไหลดี เปียกผิวชิ้นไม้ใหม่ และยอมให้ชิ้นไม้เคลื่อนปรับตัวในแผ่นก่อนที่จะแข็งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน สมบัติการไหลที่เหมาะสมจะทำให้แผ่นที่แข็งตัวดี ลักษณะผิวของแผ่นและความแข็งแรงเป็นที่ยอมรับ การไหลมากเกินไปก็ไม่ใช่ที่ต้องการเพราะจะทำให้กาวซึมไปในชิ้นไม้มากเกินไป ทำให้แนวกาวไม่มีเนื้อกาวอยู่พอเพียง และมีความสำคัญมากกับการผลิตแผ่นที่หนา เพราะจะทำให้แรงยึดระหว่างไม้ชิ้น ไม้ตัวยึดขึ้นช่วยแก้ปัญหาการเกิดการแข็งตัวก่อน (Pre-Cure)

#### 2.6.8. ประสิทธิภาพในการยึดเหนี่ยว (Bonding Efficiency)

ปริมาณของกาวที่พ่นต่อพื้นที่ผิวของชิ้นไม้เป็นตัวชี้ถึงประสิทธิภาพการยึดติดชนิดของกาวที่ใช้ และเทคนิควิธีการใช้ เป็นสิ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพการยึดติด ปัจจัยที่มี

ผลกระทบต่อประสิทธิภาพการยึดติด เช่น ปริมาณกาวที่ใช้ ความหนืดของกาว เนื้อกาว และอุณหภูมิ ในระหว่างการใช้งาน เช่น เมื่อใช้กาวที่มีเนื้อกาวต่ำ กาวจะซึมเข้าไปในชั้นไม้มากเกินไปซึ่งไม่ได้ช่วย การยึดติดต่อโครงสร้างบอร์ดอย่างเต็มที่และเมื่อกาวสัมผัสกับสภาพที่เป็นกรดก่อนที่จะใช้ แรงแฉและความร้อนสูงสุด จะทำให้ประสิทธิภาพการยึดติดต่ำ

### 2.6.9. ความทนทานขณะใช้งาน (Resin Durability)

ความทนทานของแรงยึดของกาวที่ใช้ภายนอก มีความจำเป็นต่อปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้ ภายนอก ความทนทานของปาร์ติเกิลบอร์ด ที่ใช้ภายนอกอาจจะวัดความแข็งแรง การขยายตัวทางความ หนา และการเสื่อมสภาพของผิวที่เวลาหนึ่ง ๆ กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ มีความต้านทานการใช้นอก ในขณะที่ยกเว้นกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ทนต่อการใช้น้ำที่มีระดับความชื้นและความร้อนไม่สูงมากนัก กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์บางสูตรสามารถใช้ได้ทนทานมากขึ้นในสภาพที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง เมื่อเปรียบเทียบกับกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ สามารถใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์แทนกาวฟีนอล ฟอร์มาลดีไฮด์กับชั้นไม้ในชั้นไม้ของบอร์ดชนิดที่มีโครงสร้างแบบหลายชั้น สำหรับใช้ภายนอกทำ ให้อัตราการแข็งตัวของชั้นไม้เร็วขึ้น แทนที่จะใช้เวลาอันยาวนานโดยไม่จำเป็น

### 2.6.10. ความเร็วในการแข็งตัว (Curing Speed)

กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์แข็งตัวที่อุณหภูมิน้ำเดือดโดยประมาณ ชั้นไม้ส่วนที่เป็น ชั้นไม้รอบนอกของแผ่นอุณหภูมิจะไม่สูงทำให้การยึดติดไม่ดี กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์แข็งตัวที่ อุณหภูมิสูงกว่า ใช้เวลาในการอัดร้อนเพื่อถึงความร้อนออกนานกว่าจะต้องคงอุณหภูมิของไม้ของ บอร์ดให้อยู่ประมาณ 100 °C จนกระทั่งความชื้นหมดไปอัตราการแข็งตัวของกาวมีอิทธิพลมากต่อ การผลิต เพื่อลดเวลาการอัดร้อนลง การใช้กาวที่แข็งตัวช้าจะไม่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ อัตราการ แข็งตัวของกาวจะต้องไม่เร็วจนกระทั่งเกิดการแข็งตัวก่อน (Pre-Cure) ก่อนที่จะใช้แรงอัดไปบน แผ่นชั้นไม้เต็มที่ กาวที่ดีจะไม่ติดแผ่นรองอัด (Cuals) หรือแทนอัดจนกระทั่งแข็งตัว

### 2.6.10. ความสามารถในการเจือจาง (Dilutability)

ความสามารถในการเจือจางได้อย่างดีกับน้ำ การเจือจางจะใช้ในบางกรณี ที่ ต้องการปรับปรุงคุณภาพในการผสมกาว

#### 2.6.10.1. สีของกาว (Resin Color)

กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ คือ ไม่มีสี ไม่เหมือนกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ โดยทั่วไปแล้วการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดจะใช้กาวที่ไม่ทำให้สีเปลี่ยนแปลง

#### 2.6.10.2. ต้นทุน (Cost)

ต้นทุนเป็นสิ่งสำคัญและแน่นอนที่สุดที่กาว่าทั้งหมดจะต้องเผชิญกับต้นทุนต่ำเป็นสิ่งจำเป็นทำให้การดำเนินตามหลักเศรษฐศาสตร์ [14]

## 2.7. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

### 2.7.1. ชนิดของไม้ (Wood Species)

2.7.1.1. ความหนาแน่นของไม้ (Density of Wood) ชนิดไม้ที่มีความหนาแน่นต่ำกว่าเมื่อนำมาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีความถ่วงจำเพาะของแผ่นระดับเดียวกันจะมีความแข็งแรงของแผ่นสูงกว่าแผ่นที่ผลิตจากชนิดไม้ที่มีความหนาแน่นสูงกว่า เนื่องจากชิ้นไม้อัดที่มีความหนาแน่นสูงกว่าก็ย่อมมีปริมาณน้อยกว่า ทำให้ชิ้นไม้ที่มีสารยึดติดสัมผัสกันน้อยกว่าด้วย จึงส่งผลให้แผ่นมีความแข็งแรงต่ำกว่า

2.7.1.2. ความเป็นกรดของไม้ (Acidity) เป็นปัจจัยสำคัญกระทบโดยตรงต่ออัตราความเร็วในปฏิกิริยาแข็งตัวของสารยึดติดในระหว่างการอัดรีด สภาวะความเป็นกรดสูงทำให้สารยึดติดยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแข็งตัวได้เร็วขึ้น

2.7.1.3. ความสามารถในการเปียก (Wet Ability) ของไม้เป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสารยึดติดกับชิ้นไม้ ผิวหน้าของชิ้นไม้ชนิดใดมีความสามารถในการเปียกสูง แสดงว่าสารยึดติดสามารถซึมเข้าไปในผิวไม้ได้ดี

### 2.7.2. ลักษณะรูปร่างของชิ้นไม้ (Morphology of Particle)

2.7.2.1. ชิ้นเกล็ดไม้ที่บางและยาว จะให้ความแข็งแรงต้านแรงดัดของแผ่นที่สูงขึ้น เนื่องจากชิ้นเกล็ดไม้ที่บางกว่าทำให้แผ่นมีช่องว่างน้อยลงจึงสามารถกระจายความเค้นที่เกิดจากการดัดได้สม่ำเสมอไปตลอดทั้งแผ่น อีกทั้งยังส่งผลให้ค่าการกด (Compressive) และแรงดึงขนานกับผิวหน้าแผ่นสูงขึ้น และมีค่าการพองตัวทางความหนา การดูดซึมน้ำ การขยายตัวทางความยาวลดลงและชิ้นเกล็ดไม้ที่มีขนาดความยาวกลับทำให้ผลด้านความแข็งแรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond) ลดลง

2.7.2.2. ชิ้นเกล็ดไม้ที่หนาและสั้น จะให้ผลตรงกันข้ามกับชิ้นเกล็ดไม้ข้างต้น ซึ่งไม่สามารถต้านทานแรงดัดได้สูงนัก

### 2.7.2.3. การใช้สารยึดติดและสารเติมแต่ง (Resin and Additive Application)

ชนิดของสารยึดติดและสารเติมแต่ง มีการใช้สารยึดติดเป็นตัวประสานอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ สารยึดติดฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ สารยึดติดยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และสารยึดติดยูเรียเสริมคุณภาพ สารยึดติดชนิดหลังนี้ มีการใช้อยู่น้อย นิยมใช้สารยึดติดเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เสริม

คุณภาพ สารยึดติดยูเรีย สารเติมแต่งที่ใช้ส่วนใหญ่ใช้ขี้ผึ้งอีพอกซ์และขี้ผึ้งเหลวเพื่อเป็นสารกั้นน้ำลดการขยายตัวและการดูดซึมน้ำของแผ่นปาร์ติเกิล

#### 2.7.2.4. ปริมาณความชื้น (Moisture Content)

ในกรณีที่มีความชื้นของชิ้นไม้ในแผ่นเตรียมอัดเป็นปริมาณสูง เมื่อทำการอัดร้อนไอน้ำจะเป็นปริมาณมากเกินไป มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันลดลง และต้องใช้เวลาในการแข็งตัวของสารยึดติดนานขึ้น จึงต้องใช้ระยะเวลาในการอัดร้อนนานขึ้น และเกิดปัญหาการระเบิดจากความดันไอน้ำภายในแผ่นที่มากเกินไป ทำให้แผ่นโป่งพองขึ้นได้ (Blisters)

#### 2.7.2.5. การเรียงชั้นตามขนาดชิ้นไม้ (Layering by Particle Size)

การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชนิด 3 ชั้น หรือหลายชั้นมักใช้กรรมวิธีการฟอร์มแผ่นโดยใช้ชิ้นไม้ขนาดละเอียด โรยเป็นชั้นผิวหน้าเพื่อให้แผ่นที่ได้มีผิวหน้าที่ราบเรียบที่สุด สามารถนำไปใช้ปิดทับหน้าด้วยแผ่นไวนิล เมลามีน และพอลิเอสเตอร์ หรือเคลือบสีได้สวยงามขึ้น อีกทั้งแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิด 3 ชั้น หรือหลายชั้น จะให้สมบัติที่ดีกว่าแผ่นชั้นเดียว

#### 2.7.2.6. การเรียงตัวของชิ้นไม้ (Particle Alignment)

การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด โดยให้มีชิ้นไม้เรียงตัวขนานในแนวราบไปในทางเดียวกันมากที่สุดจะทำให้สมบัติของแผ่นด้านที่ชิ้นไม้เรียงตัวขนานกัน มีสมบัติความแข็งแรงสูงกว่าแผ่นที่มีชิ้นไม้เรียงตัวกันแบบไม่แน่นอนจึงนิยมใช้ชิ้นไม้แบบเกล็ดไม้ (Flakes) มากกว่าขี้กบขนาดเล็กเนื่องจากขี้กบจะเรียงตัวให้ขนานกันยาก

#### 2.7.2.7. การควบคุมการอัดร้อน (Hot Pressing Control)

การใช้ระยะเวลาที่ช้าในช่วงแทนอัดบีบแผ่นจนถึงความหนาที่กำหนดจะสามารถปรับปรุงสมบัติแรงยึดเหนี่ยวภายในที่สูงขึ้นได้และส่งผลให้ความหนาแน่นมีการกระจายตัวจากชั้นไส้ถึงชั้นผิวได้สม่ำเสมอว่า การใช้ระยะเวลาในการปิดแทนอัดที่เร็ว

#### 2.7.2.8 ความหนาแน่นของแผ่น (Board Density)

การเพิ่มความหนาแน่นของแผ่นไม้ให้สูงขึ้น จะสามารถปรับปรุงสมบัติความแข็งแรงทางกลให้ดีขึ้นได้ แต่สมบัติความคงขนาด (Dimensional Stability) ที่ถูกนำไปแช่น้ำหรือในที่มีความชื้นสูงลดต่ำลง

#### 2.7.2.9 การปรับสภาวะแผ่นก่อนการใช้งาน (Conditioning)

โดยปกติแผ่นที่ผ่านการอัดร้อนแล้วจะนำมาไว้ที่อุณหภูมิ 50 – 60°C เป็นเวลา 1 ถึง 4 วัน ช่วยปรับปรุงให้เกิดการดูดซึมน้ำน้อยลงความชื้นที่แตกต่างกันในแผ่นมีความสม่ำเสมอได้มากขึ้น ช่วยลดความเครียดภายในแผ่นที่อาจทำให้บิดงอได้ แต่มีข้อเสียคือ อาจทำให้แรง

ยัดของสารยึดติดแตกแยกลงได้ หากมีความชื้นและใช้อุณหภูมิสูงเกินไปทำให้สมบัติความแข็งแรงของแผ่นลดน้อยลง [15]

## 2.8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พงษ์ศักดิ์ มาลัย , ภัทรพล สีดอกบวบ, วิเศษ คำมา ได้ศึกษากระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์ผสมโฟมและเศษเชือกไพลอน เพื่อทดสอบหาอัตราส่วนที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่า ที่ปริมาณเศษเชือกไพลอนร้อยละ 60 โดยปริมาตร ที่อายุ 28 วัน ให้ค่ากำลังอัดสูงสุดเท่ากับ  $119.30 \text{ kg/cm}^2$  ค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 9.78 นอกจากนี้หน่วยน้ำหนักแห้งที่เหมาะสมที่สุดในการหล่อแผ่นกระเบื้องมุงหลังคา ที่อายุ 28 วัน หน่วยน้ำหนักเท่ากับ  $1,500 \text{ kg/m}^3$  ซึ่งให้ผลทดสอบค่าความต้านแรงกดตามขวาง  $35.72 \text{ kn}$  การดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 14.09 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าปริมาณเชือกไพลอนและหน่วยน้ำหนักที่เหมาะสมมีผลทำให้แผ่นกระเบื้องมุงหลังคามีค่ากำลังรับแรงได้และไม่มีการร้าวซึม นอกจากนี้ยังมีน้ำหนักเบาและหน่วยน้ำหนักของแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาจะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของคอนกรีตเบาโดยทั่วไป [15]

Sampathrajan A Vijayaraghavan N.C. และ Swaminathan K.R. ได้ศึกษาถึงสมบัติเชิงกลและเชิงความร้อนของแผ่นปาติเกิลบอร์ดทำมาจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 6% (โดยน้ำหนัก) เป็นสารยึดติด มาผลิตแผ่นปาติเกิลบอร์ดชนิดความหนาแน่นต่ำ (low density particle board) จากการทดสอบ พบว่า แผ่นที่ทำด้วยซังข้าวโพด มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นที่สูงกว่าแผ่นที่ทำจากฟางข้าว แผ่นที่ทำจากซังข้าวโพดและเปลือกถั่วลิสงจะมีค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวที่สูงกว่าแผ่นอื่นๆ ส่วนค่าความแข็งแรงทนการกระแทก ( impact strength) และค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่น นั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และแผ่นที่ทำจากซังข้าวโพดจะมีค่าความต้านทานแรงดึง ( tensile strength) สูงกว่าแผ่นจากฟางข้าว ส่วนแผ่นที่ทำจากเปลือกถั่วลิสงและซังข้าวโพดจะมีค่าความต้านทานการเฉือน ( shear strength) มากกว่าแผ่นอื่นๆ ส่วนการทดสอบค่าการนำความร้อน ( thermal conductivity) ของแผ่นที่ทำจากฟางข้าวจะมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำที่สุด และเปลือกถั่วลิสงจะมีค่าที่สูงกว่าแผ่นอื่นๆ [18]

กิตติศักดิ์ บัวศรี ศึกษาการผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบและจัดเป็นฉนวนความร้อนที่ดีประเภทหนึ่ง ซึ่งพิจารณาจากค่าการนำ

ความร้อนที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0564 และ 0.0957 w/m.K ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและปริมาณกาวสังเคราะห์ ค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนมีแนวโน้มลดลงเมื่อความหนาแน่นและปริมาณกาวสังเคราะห์ลดลง นอกจากนี้ผลการทดสอบ ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ค่าความต้านทานทนแรงกระแทก ค่ามอดูลัสแตกร้าว ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น และค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ซึ่งชี้ให้เห็นว่าแผ่นฉนวนความร้อนที่ผลิตโดยใช้ปริมาณกาวสังเคราะห์ 12% และ 16% ที่ความหนาแน่นระหว่าง 600-700 Kg/m นอกจากสามารถใช้เป็นฉนวนความร้อนที่ดีแล้ว ยังสามารถใช้เป็นแผ่นฉนวนไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ที่มีสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 876-2532 [17]

ธนัญชัย ปุณณวรกิจ ได้ศึกษาการพัฒนาฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ผลการวิจัยพบว่า ฉนวนจากต้นมันสำปะหลัง และ ชังข้าวโพด ความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม. หนา 1 เซนติเมตร มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนที่ดีไม่ต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.059 และ 0.063 วัตต์/เมตรเคลวิน ตามลำดับ [18]

อัญชลิ เบญจโลहनันท์ ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (เปลือกทุเรียน) เป็นส่วนประกอบในการผลิตแผ่นยิปซัมที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ ศึกษาสมบัติเชิงความร้อน และเชิงกลของแผ่นยิปซัมและประเมินราคาต้นทุนของแผ่นยิปซัมจากเปลือกทุเรียน โดยทำการศึกษาตัวแปร 3 ตัวแปร คือ ความหนาที่ 1 2 และ 3 เท่าของความหนาของแผ่นยิปซัมมาตรฐาน ปริมาณกาวที่ใช้ 1.3 1.5 และ 1.7 เท่าของน้ำหนักเส้นใยเปลือกทุเรียนแห้ง และรูปแบบของแผ่นยิปซัม 2 แบบ คือ แบบแผ่นยิปซัมเดี่ยว และแบบแผ่นยิปซัมคู่ จากผลการทดสอบ พบว่าความหนาแน่นมีค่าอยู่ในช่วง 0.519- 0.680 g/cm<sup>3</sup> ปริมาณความชื้นมีค่าอยู่ในช่วง 7.53 % -11.37 % มอดูลัสแตกร้าว 0.201-0.348 kgf/cm<sup>2</sup> มอดูลัสยืดหยุ่น 0.083 –1.428 kgf/cm<sup>2</sup> และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่า 0.028-0.060 W/m.k. แผ่นยิปซัมจากเปลือกทุเรียนนับได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ที่น่าสนใจ โดยสามารถนำมาใช้เป็นฉนวนภายในอาคารและผนังในอาคาร เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ และมีราคาต่ำกว่าฉนวนสำหรับอาคารประเภทต่าง ๆ ในท้องตลาด อีกทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะ รวมถึงการช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้ [19]



Charoenvai S. ทำการศึกษาถึงการพัฒนาต้นแบบแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนและมะพร้าวที่ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำโดยใช้เปลือกทุเรียนและใยมะพร้าวเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด โดยทำการศึกษาปัจจัย 2 ประการได้แก่ชนิด ของกาวคือยูเรียฟอรัมาลดีไฮด์ 12% ฟีนอลฟอรัมาลดีไฮด์ 6% และไฮโซไซยานเนต 3% จากการทดลองพบว่า ชนิดของกาวไม่มีผลแตกต่างกันมากนักต่อสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัด แต่ความหนาแน่นส่งผลอย่างมากต่อสมบัติของแผ่น เมื่อความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้นสมบัติเชิงกลก็เพิ่ม เช่น ค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าว และ ความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่นสูงขึ้น แต่ไม่มากนัก แต่ค่าความคงขนาดของการพองตัวเมื่อแช่น้ำ และความหนาแน่นสูงขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนก็จะสูงขึ้นด้วยเช่นกัน [20]

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาศึกษาแผ่นใยไม้อัดจากเศษขี้เลื่อยโดยใช้ผลผลิตจากครั้งเป็นตัวประสาน เพื่อให้ได้แผ่นใยอัดความหนาแน่นปานกลาง ได้ทำการศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อทำการอัดเป็นแผ่นแล้วจึงนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เชิงกลโดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

#### 3.1. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

- 3.1.1. ตะแกรงกรองคัดแยกขนาด
- 3.1.2. เครื่องบดขี้เลื่อย
- 3.1.3. อ่างเซรามิกพร้อมฝาปิด (ใช้ในการผสมผลผลิตจากครั้งกับแอลกอฮอล์)
- 3.1.4. เครื่องผสมและปั่นแชลแลค
- 3.1.5. ชุดเครื่องอัดไฮดรอลิกในการทำการขึ้นรูป
- 3.1.6. เครื่องมือวัดแผ่นขึ้นงานทดสอบ
- 3.1.7. เครื่องชั่งขึ้นงานทดสอบ
- 3.1.8. เครื่องอบขึ้นงานทดสอบ
- 3.1.9. เครื่องทดสอบแรงดึง MOE, MOR
- 3.1.10. เครื่องทดสอบค่าแรงดึงผิวหน้า
- 3.1.11. เครื่องมือทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ



ภาพที่ 3. 20 ตะแกรงสำหรับร่อนเพื่อคัดแยกขนาด



ภาพที่ 3. 21 เครื่องบดขี้เลื่อย



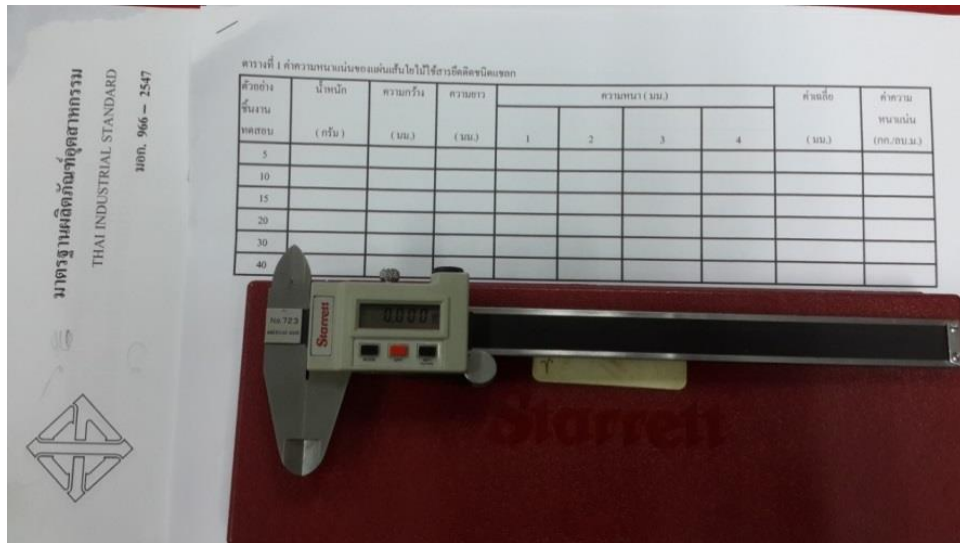
ภาพที่ 3. 22 อ่างเซรามิกพร้อมฝาปิด



ภาพที่ 3. 23 เครื่องผสมและฟันแชลแลค



ภาพที่ 3. 24 ชุดเครื่องอัดไฮดรอลิกในการขึ้นรูป 100 ตัน



ภาพที่ 3.25 เครื่องมือวัดแผ่นชิ้นงานทดสอบ



ภาพที่ 3.26 เครื่องชั่งชิ้นงานทดสอบ



ภาพที่ 3.27 เครื่องอบชิ้นงานทดสอบ



ภาพที่ 3.28 เครื่องทดสอบแรงดัดแรงตัด (MOE, MOR)





ภาพที่ 3. 29 เครื่องทดสอบทดสอบค่าแรงดึงผิวหน้า (Internal Bond)



ภาพที่ 3. 30 เครื่องทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ (Water absorption)



### 3.2. ขั้นตอนการทดลอง

การดำเนินการวิจัยเริ่มตั้งแต่กรรมวิธีการผลิต การทดลองและการทดสอบสมบัติกายภาพเชิงกลของแผ่นใยอัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2447 มีดังนี้

#### 3.2.1. การเตรียมและคัดแยกขนาดเส้นใยจากเศษจี้เลื่อย

เศษจี้เลื่อยที่นำมาใช้ในการวิจัยคือ จี้เลื่อยไม้แดงที่มาจากการไสไม้ที่เป็นวัสดุฝึกของสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องเรือนและการออกแบบ ซึ่งจะมีขนาดของเศษจี้เลื่อยที่ต่างกันดังนั้นจึงจำเป็นต้องคัดขนาดก่อนนำไปใช้จากนั้นจึงนำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้วจึงนำไปบดย่อยต่อไป



ภาพที่ 3.31 เศษจี้เลื่อยไม้แดงจากเครื่องไสเพลาะ



ภาพที่ 3.32 การร่อนคัดแยกขนาดเศษจี้เลื่อยไม้แดง

### 3.2.2. การผสมสารที่ใช้ในการประสานและยึดติด

สารที่ใช้ในการประสานและยึดติดที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ผลผลิตจากครั้งซึ่งในการวิจัยนี้ได้ใช้ผงแคลเซียมและแอลกอฮอล์ โดยอัตราที่ใช้ในการผสมและทดลองคือการใช้ผสมผงแคลเซียม 5%, 10%, 15%, 20%, 30% และ 40% W/W โดยกวนให้เข้ากันทิ้งไว้ 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงกวนอีกครั้งเพื่อให้เข้ากันและพ่นสารยึดติดเข้าไปที่เส้นใยขณะที่ภาชนะผสมหมุน เพื่อให้คลุกเคล้ากันได้ดียิ่งขึ้น



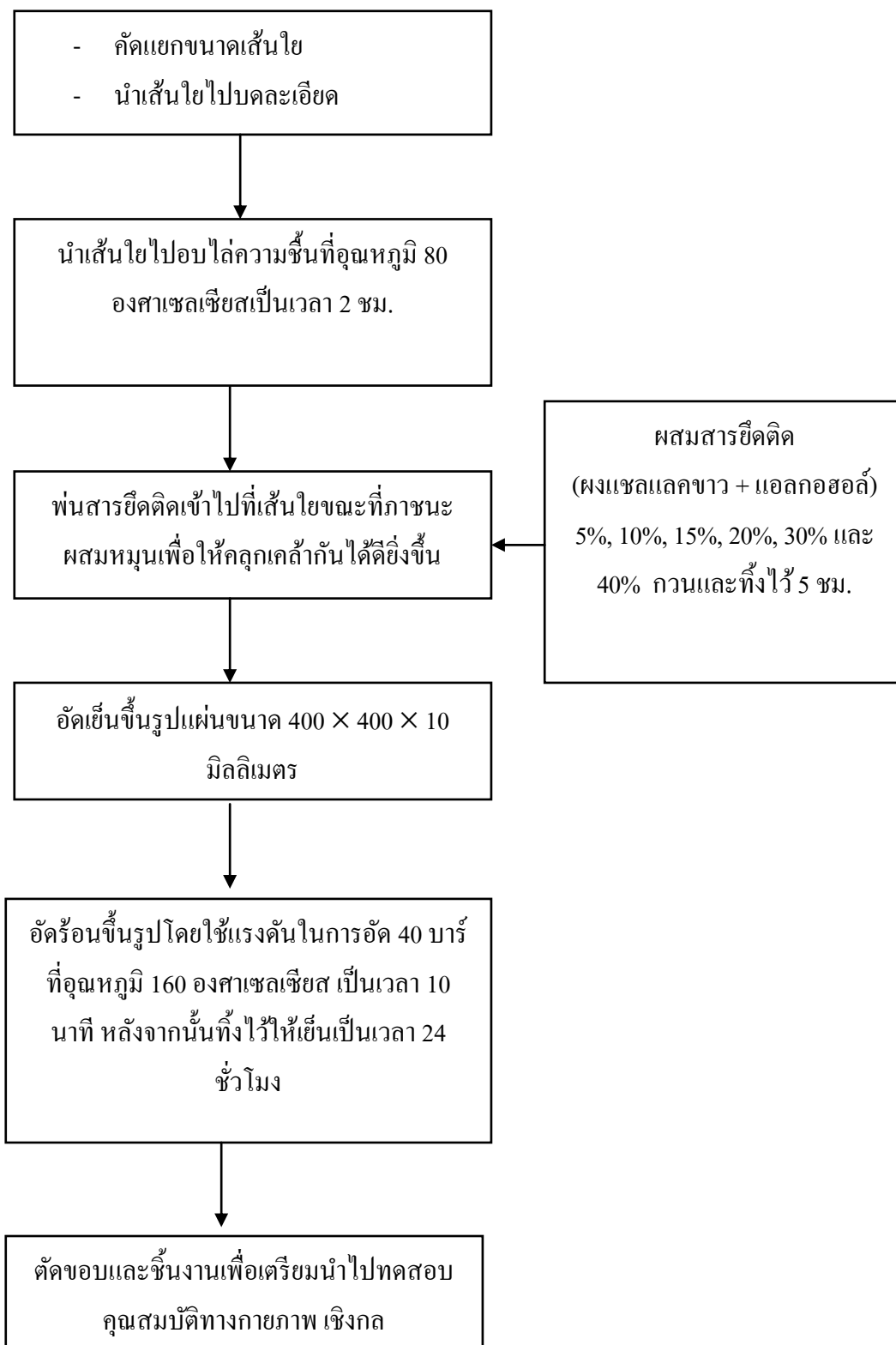
ภาพที่ 3.33 ผงแคลเซียมกับแอลกอฮอล์ 100% ที่ใช้ในการผสม

### 3.2.3. การอัดขึ้นรูปแผ่นใยอัด

ทำการขึ้นรูปแบบเยื่อก่อนขั้นนี้เพื่อเป็นการฟอร์มตัวเท่ากันแล้วทิ้งไว้ 20 นาที หลังจากนั้นจึงนำสารยึดติดที่ผสมทั่วแล้วเตรียมอัดแบบร้อนขึ้นรูปแผ่นขนาด  $400 \times 400 \times 10$  มิลลิเมตร โดยใช้แรงดันในการอัด 40 บาร์ ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อรอให้เยื่อตัวก่อนนำไปทดสอบ



ภาพที่ 3.34 การอัดแผ่นชิ้นงานทดสอบ



ภาพที่ 3.35 ขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นใยอัด

### 3.2.4. การทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ (Physical properties)

#### 3.2.4.1. การทดสอบความหนาแน่น (Density)

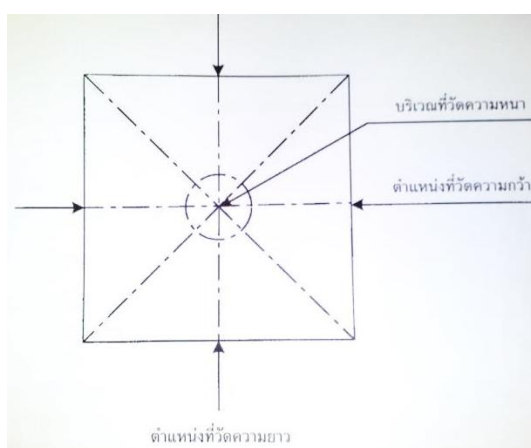
ตัดแผ่นใยอัดที่อัดได้ขนาดตามมาตรฐานการทดสอบค่าความหนาแน่นให้มีขนาดความกว้าง 50 มิลลิเมตร และความยาว 50 มิลลิเมตร นำชิ้นทดสอบมาชั่งโดยใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง 0.01 กรัม นำที่ชั่งแล้วมาวัดความกว้างและความยาวที่แนวกึ่งกลางของชิ้นทดสอบขนานกับขอบ โดยใช้ไมโครมิเตอร์ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร วัดความหนาตรงจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบตามรูปที่ 3.21 แล้วใช้เครื่องมือวัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบโดยวางเครื่องมือให้ทำมุมกับแนวระนาบของชิ้นทดสอบประมาณ  $45^\circ$  แล้วหาค่าเฉลี่ยวัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง ตามรูปที่ 3.22 วัดตำแหน่งที่ลึกเข้าไปจากขอบประมาณ 25 มิลลิเมตร โดยให้มีความละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร แล้วหาค่าเฉลี่ย วิธีการคำนวณหาค่าความหนาแน่นของแผ่นสามารถคำนวณได้จากสูตรที่ 3.1

$$\text{หาความหนาแน่นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร} = \frac{M}{V} \times 10^6 \quad (3.1)$$

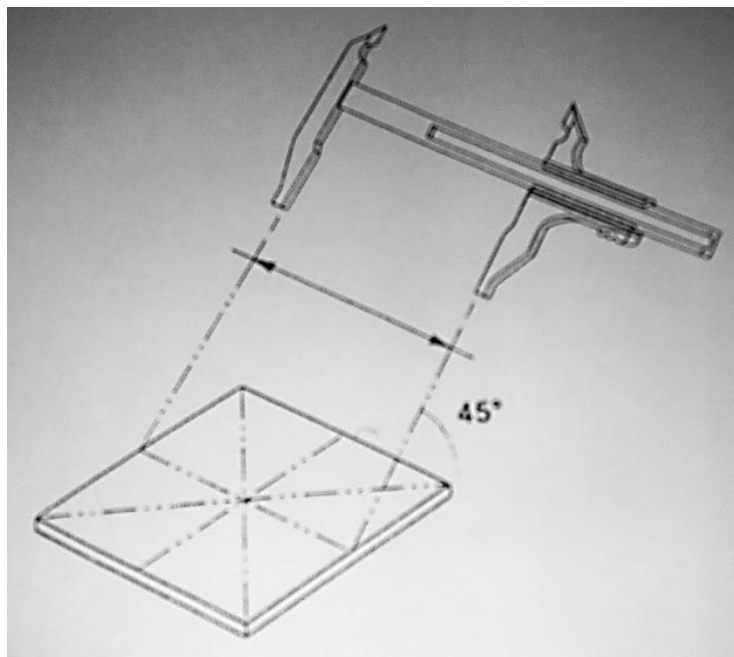
เมื่อ ค่าความหนาแน่นมีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ( $\text{g/m}^3$ )

M คือ มวลของชิ้นงานทดสอบ เป็น กรัม (g)

V คือ ปริมาตรของชิ้นทดสอบเป็น ลูกบาศก์เมตร ( $\text{m}^3$ )



ภาพที่ 3.36 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาวและความหนาของชิ้นทดสอบ



ภาพที่ 3.37 แสดงวิธีการวัดความกว้าง ความยาวของชั้นทดสอบ

#### 3.2.4.2. การทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content)

ตัดชั้นทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบค่าปริมาณความชื้น ซึ่งมีขนาดความกว้าง 50 มิลลิเมตร และความยาว 50 มิลลิเมตร ชั้นทดสอบที่ใช้ตรวจสอบโดยไม่ต้องปรับสถานะแล้วนำชั้นทดสอบแต่ละชั้นมาชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง 0.01 กรัม เป็นน้ำหนักก่อนอบแห้ง หลังจากชั่งน้ำหนักแล้วให้นำชั้นทดสอบมาอบในเตาอบที่มีอุณหภูมิ  $103 \pm 2$  องศาเซลเซียส จนน้ำหนักของแผ่นคงที่หลังจากนำชั้นทดสอบมาใส่ใน เดซิเคเตอร์แล้วปล่อยให้เย็นจึงนำออกมาชั่งน้ำหนักสุดท้ายเป็นน้ำหนักอบแห้งและรายงานผล การทดสอบหาค่าปริมาณความชื้นของชั้นทดสอบแต่ละชั้นและค่าเฉลี่ย วิธีการคำนวณหาค่าปริมาณความชื้นของแผ่นสามารถคำนวณได้จากสูตรที่ 3.2

$$\text{ปริมาณความชื้นร้อยละ} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \quad (3.2)$$

เมื่อ ค่าปริมาณความชื้นมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

$m_1$  คือ น้ำหนักก่อนอบ มีหน่วยเป็นกรัม (g)

$m_2$  คือ น้ำหนักหลังอบ มีหน่วยเป็นกรัม (g)

### 3.2.4.3. การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water absorption)

ตัดชิ้นทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบค่าปริมาณความชื้น ซึ่งมีขนาดความกว้าง 50 มิลลิเมตร และความยาว 50 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบที่ใช้ตรวจสอบโดยไม่ต้องปรับสถานะแล้วนำชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นมาชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง 0.01 กรัม น้ำหนักที่ชั่งได้เป็นน้ำหนักเป็นน้ำหนักก่อนแช่น้ำ นำชิ้นทดสอบที่ชั่งน้ำหนักแล้วแช่ลงในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้อง โดยตั้งให้ชิ้นทดสอบได้ฉากกับระดับผิวน้ำ ให้ขอบบนของชิ้นทดสอบอยู่ได้ระดับผิวน้ำประมาณ 25 มิลลิเมตร เวลาที่ใช้ในการแช่น้ำ 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง เมื่อครบ 2 ชั่วโมงแล้ว รีบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมด แล้วนำไปชั่งน้ำหนักทันที น้ำหนักที่ชั่งได้เป็นน้ำหนักหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปแช่น้ำต่ออีก 22 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดแล้วนำชิ้นมาชั่งน้ำหนักตามวิธีเดิม น้ำหนักที่ชั่งได้เป็นน้ำหนักแช่น้ำ 24 ชั่วโมง นำค่าน้ำหนักที่ชั่งได้มาคำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำ ที่ 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง คำนวณได้จากสูตรที่ 3.3

$$\text{หาค่าการดูดซึมน้ำ } MA = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (3.3)$$

เมื่อ MA คือ ค่าการดูดซึมน้ำ มีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

$W_1$  คือ น้ำหนักก่อนแช่น้ำ มีหน่วยเป็นกรัม (g)

$W_2$  คือ น้ำหนักหลังแช่น้ำ มีหน่วยเป็นกรัม (g)

### 3.2.4.4. ทดสอบการพองตามความหนา (Thickness swelling)

ตัดชิ้นทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบค่าปริมาณความชื้น ซึ่งมีขนาดความกว้าง 50 มิลลิเมตร และความยาว 50 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบที่ใช้ตรวจสอบโดยไม่ต้องปรับสถานะแล้วนำชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นมาชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง 0.01 กรัม ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาตามรูปที่ 3.21 วัดความหนาของชิ้นทดสอบเป็นความหนาก่อนแช่น้ำ จากนั้นแช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$  โดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ฉากกับระดับผิวน้ำให้ขอบบนอยู่ได้ระดับผิวน้ำประมาณ 25 mm แต่ละชิ้นต้องห่างจากกันและต้องห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่ไม่น้อยกว่า 10 mm และเมื่อชิ้นงานทดสอบครบ 24 ชั่วโมงแล้วรีบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาด วัดความหนาตามตำแหน่งเดิมเป็นความหนาหลังแช่น้ำทดสอบการพองตามความหนาของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นและค่าเฉลี่ย วิธีการคำนวณหาการพองตามความหนาของแผ่นสามารถคำนวณได้จากสูตรที่ 3.4



$$\text{หาค่าการพองตัวตามความหนา ร้อยละ} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \quad (3.4)$$

เมื่อ ค่าการพองตัวตามความหนามีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

$t_1$  คือ ความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ เป็นมิลลิเมตร (mm)

$t_2$  คือ ความหนาของชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ เป็นมิลลิเมตร (mm)

### 3.2.5. การทดสอบสมบัติทางกล

3.2.5.1. การทดสอบค่าความแรงคัตและมอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of rupture and elasticity)

ตัดชิ้นทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบค่าปริมาณความชื้นซึ่งมีขนาดความ กว้าง 50 มิลลิเมตร และความยาว 50 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบที่ใช้ตรวจสอบโดยไม่ต้องปรับสถานะแล้วนำชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นมาชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง 0.01 กรัม วางชิ้นทดสอบบนแท่งรองรับซึ่งมีระยะห่างกัน 15 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ (ตัวเลขที่ได้ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็มของ 10 mm) แต่ต้องไม่น้อยกว่า 150 mm ตามภาพที่ 3.19 ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกจากจุดที่รองรับข้างละประมาณ 25 mm โดยให้แรงกดลงที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกด จนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก ต้องไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s (ความเร็วในการกดประมาณ 10 mm/min) การทดสอบค่าความแรงคัตและมอดูลัสยืดหยุ่นของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นและค่าเฉลี่ย วิธีการคำนวณหาค่าความแรงคัตและมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นสามารถคำนวณได้จากสูตรที่ 3.5 และสูตรที่ 3.6

$$\text{หาค่าความต้านทานแรงคัต} \quad fm = \frac{3F_{\max} l_1}{2bt^2} \quad (3.5)$$

เมื่อ  $fm$  ความต้านทานแรงคัตเป็น เมกะพาสคัล

$F_{\max}$  คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

$l_1$  คือ ระยะห่างของแท่งรองรับ เป็นมิลลิเมตร

$b$  คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

$t$  คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

$$\text{หาค่ามอดูลัสยืดหยุ่น} \quad E_m = \frac{l_1^3 (F_{2\mp} F_1)}{4bt^3 (a_2 - a_1)} \quad (3.6)$$



เมื่อ  $Em$  มอดูลัสยืดหยุ่น เป็น เมกะพาสคัล

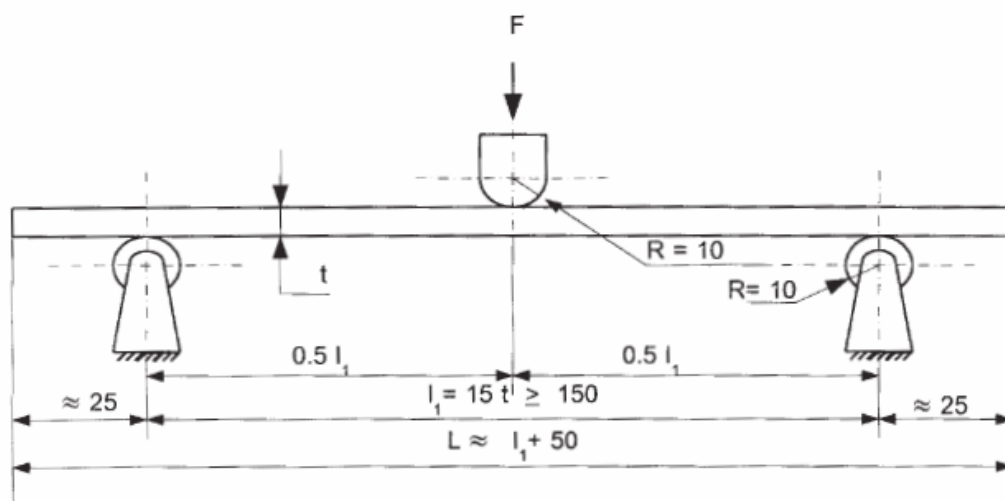
$l_1$  คือ เป็นระยะห่างของแท่งรองรับ เป็น มิลลิเมตร

$F_2 - F_1$  คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้น ในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง เป็นนิวตัน

$b$  คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

$t$  คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

$a_2 - a_1$  คือ ระยะแอนตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง เป็น มิลลิเมตร



ภาพที่ 3.38 การทดสอบความต้านแรงดึงและมอดูลัสยืดหยุ่น

### 3.2.5.2. การทดสอบค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ตัดชิ้นทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบค่าปริมาณความชื้นซึ่งมีขนาดความกว้าง 50 มิลลิเมตร และความยาว 50 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบที่ใช้ตรวจสอบโดยไม่ต้องปรับสถานะให้นำชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นมาชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง 0.01 กรัม ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึงโดยใช้กาวสังเคราะห์ที่ให้แรงยึดระหว่างชิ้นทดสอบกับแผ่นดึงได้มากกว่าแรงยึดตัวในชิ้นทดสอบ จากนั้นนำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน อัตราการเพิ่มแรงดึงเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s (ความเร็วในการดึง ประมาณ 2 mm/min) วิธีการคำนวณหาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นสามารถคำนวณได้จากสูตรที่ 3.7

$$\text{หาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เมกะพาสคัล} = \frac{F}{W \times L} \quad (3.7)$$

เมื่อ F คือ แรงดึงสูงสุด เป็นนิวตัน

W คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

L คือ ความยาวของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

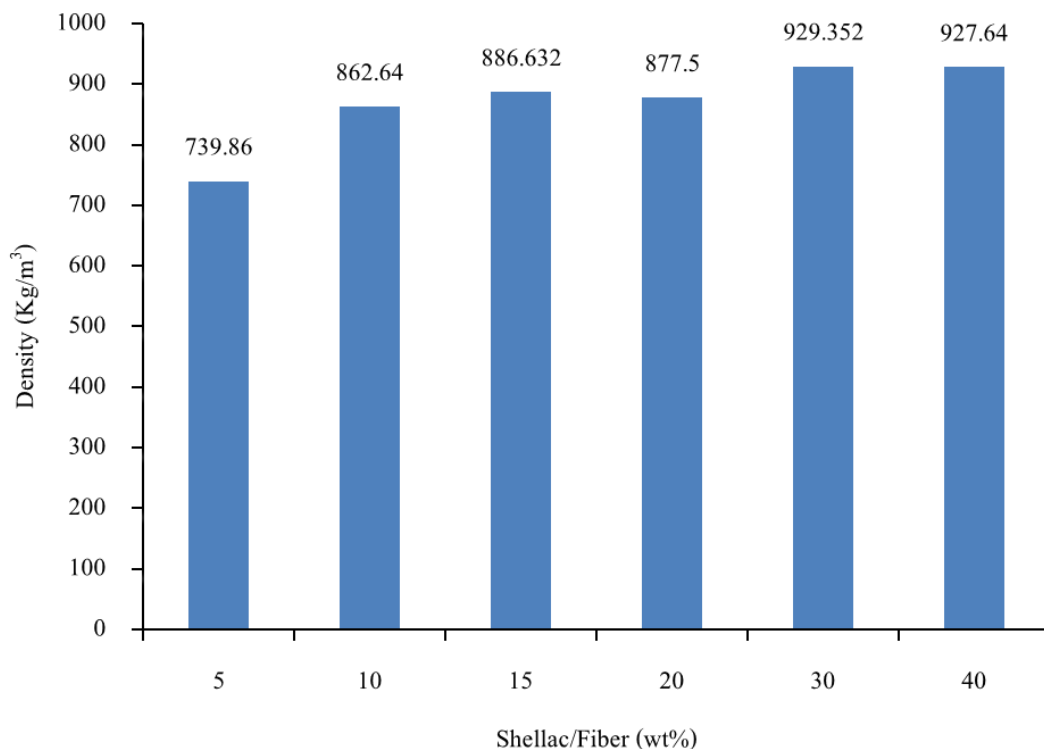
การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลางผสมวัสดุประสานจากเซลล์ในการทำวิจัยครั้งนี้ ได้ศึกษากระบวนการสมบัติในเชิงกายภาพ เชิงกล ของแผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลางในการศึกษาสมบัติการทำแผ่นจากวัสดุเหลือใช้ ผู้วิจัยได้ทำการขึ้นรูปตัวอย่างแผ่นแผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลางได้ผลการทดลองดังนี้

#### 4.1. ผลการทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ

ผลการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกายภาพ (Physical properties) ของแผ่นแผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ที่นำมาขึ้นรูปแผ่นแล้วนำมาทดสอบค่าความหนาแน่น (Density) ปริมาณความชื้น (Moisture content) การดูดซึมน้ำที่ 1 และ 24 ชั่วโมง (Water absorption) การไม่รั่วซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมง และการพองตัวทางความหนาที่ 1 และ 24 ชั่วโมง (Thickness swelling) อาศัยการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 966-2547 แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัตราความหนาแน่นปานกลาง

##### 4.1.1. ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น

การทดสอบหาความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษไม้แดง มีค่าลดลงเมื่อทำการลดอัตราส่วนของวัสดุประสานเซลล์ในแผ่นขึ้นไม้อัด ดังแสดงในภาพที่ 4.1 แผ่นขึ้นไม้อัดที่มีอัตราส่วนระหว่างเศษวัสดุจากไม้แดงต่อวัสดุประสานเซลล์เท่ากับ 5%, 10%, 15%, 20%, 30% และ 40% โดยน้ำหนักเศษวัสดุจากไม้แดงจะมีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 400-800 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นช่วงที่มาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดไว้ตาม มอก. 966-2547 แผ่นขึ้นไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง และเมื่อทำการลดอัตราส่วนของวัสดุประสานเหลือเพียงร้อยละ 5 พบว่าไม่มีวัสดุธรรมชาติใดเลยที่มีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วงที่มาตรฐานกำหนด ความหนาแน่นของแผ่นขึ้นจากเศษไม้แดงที่ลดลงเมื่อวัสดุประสานลดลงนั้น ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากปริมาณของวัสดุประสานที่น้อยลง ทำให้น้ำหนักโดยรวมของวัสดุน้อยลง แต่บางส่วนก็มีสาเหตุมาจากการเกิดการติดกลับของวัสดุ เนื่องจากวัสดุประสานมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะจับยึดให้ชั้นวัสดุธรรมชาติมีความคงตัว ทำให้เกิดการติดกลับของชั้นวัสดุ ทำให้ความหนาของชิ้นงานมีค่าเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.1



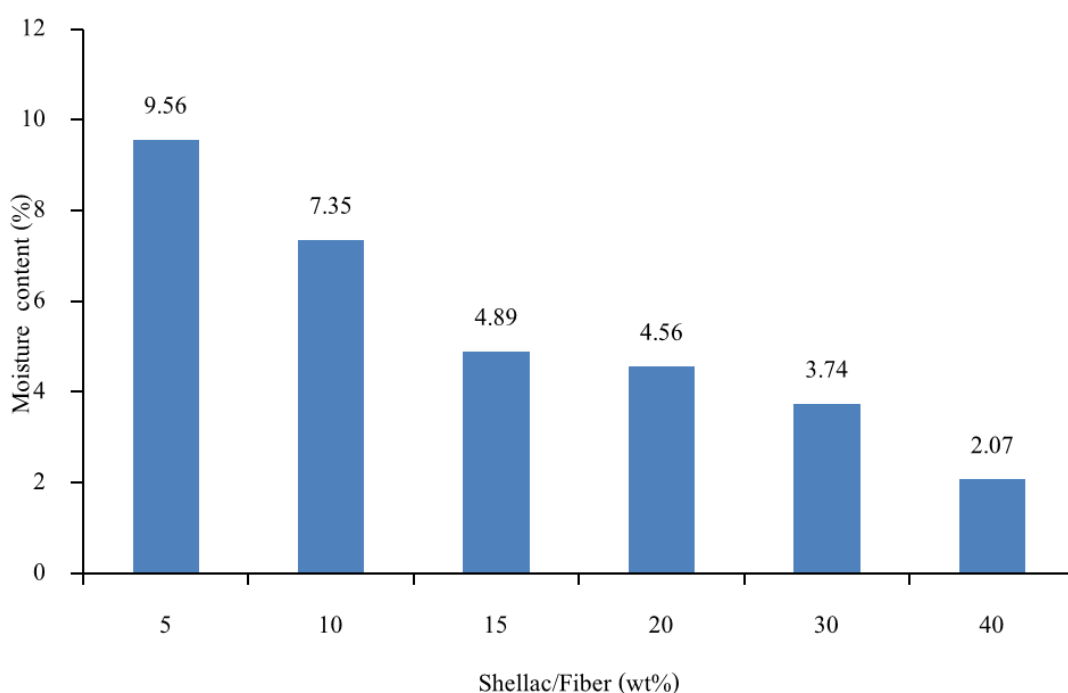
ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นกับปริมาณสารยึดติดจากเซลล์

จากภาพที่ 4.1. พบว่าความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษไม้แดง มีค่าลดลงเมื่อทำการลดอัตราส่วนของวัสดุประสานในแผ่นขึ้นไม้อัดเช่นกัน แผ่นขึ้นไม้อัดทุกชนิดที่มีอัตราส่วนระหว่างเศษวัสดุจากไม้แดงมีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 739.8640-927.64 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และเมื่อทำการลดอัตราส่วนของวัสดุประสานเหลือเพียงร้อยละ 5 พบว่าทุกสัดส่วนมีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วงที่มาตรฐานกำหนด

#### 4.1.2. ผลการทดสอบค่าความชื้น

ค่าความชื้นของแผ่นขึ้นไม้จากเศษไม้แดงเกิดจากสองปัจจัยใหญ่ ๆ คือ ค่าความชื้นของเศษไม้แดงก่อนทำการอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นขึ้นไม้อัด และอัตราการดูดน้ำกลับของเศษไม้แดงภายหลังขึ้นรูปเป็นแผ่นขึ้นไม้อัด ในงานวิจัยนี้ ผู้ทำงานวิจัยได้กำจัดความชื้นของวัสดุเศษไม้แดงในขั้นตอนการเตรียมวัสดุก่อนการขึ้นรูป เพื่อกำจัดความชื้นเดิมของเศษไม้แดงเพื่อควบคุมปริมาณความชื้นของวัสดุให้มีค่าน้อยที่สุด ถึงแม้ว่าชิ้นวัสดุที่มีความชื้นสูงจะทำให้ได้แผ่นขึ้นไม้อัดที่มีผิวเรียบดี แดกน้อยกว่า และทำให้วัสดุประสานกระจายตัวได้ดีกว่า แผ่นขึ้นไม้อัดที่ได้จึงแข็งแรงขึ้น แต่ผิวของแผ่นขึ้นไม้อัดที่มีค่าความชื้นสูงนั้นจะติดกับแม่พิมพ์แน่น ทำให้มีแนวโน้มที่

จะเป็นขุยที่บริเวณผิวเมื่อเอาออกจากแม่พิมพ์ และใช้เวลาในการอัดเพื่อให้แข็งตัวมากกว่า ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงทำการกำจัดความชื้นของเศษไม้แดง เพื่อลดปัญหาการโป่งพองจากความชื้นที่ถูกขังอยู่ในช่องของแผ่นขึ้นไม้อัด ดังนั้นค่าความชื้นวัสดุจึงเกิดจากการดูดซับความชื้นในอากาศ ขณะผสมกับวัสดุประสานแชลแลคและรอกการขึ้นรูปแผ่นขึ้นไม้อัด โดยผู้ทำวิจัยได้กำหนดระยะเวลาของการผสมกับวัสดุประสานและการขึ้นรูปในแต่ละเงื่อนไขไม่เกิน 1 ชั่วโมง ซึ่งค่าการดูดซับความชื้นของวัสดุทางการเกษตรนั้นจะมีค่าไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของวัสดุเศษไม้แดงโดยได้ผลการทดลองตามภาพที่ 4.2



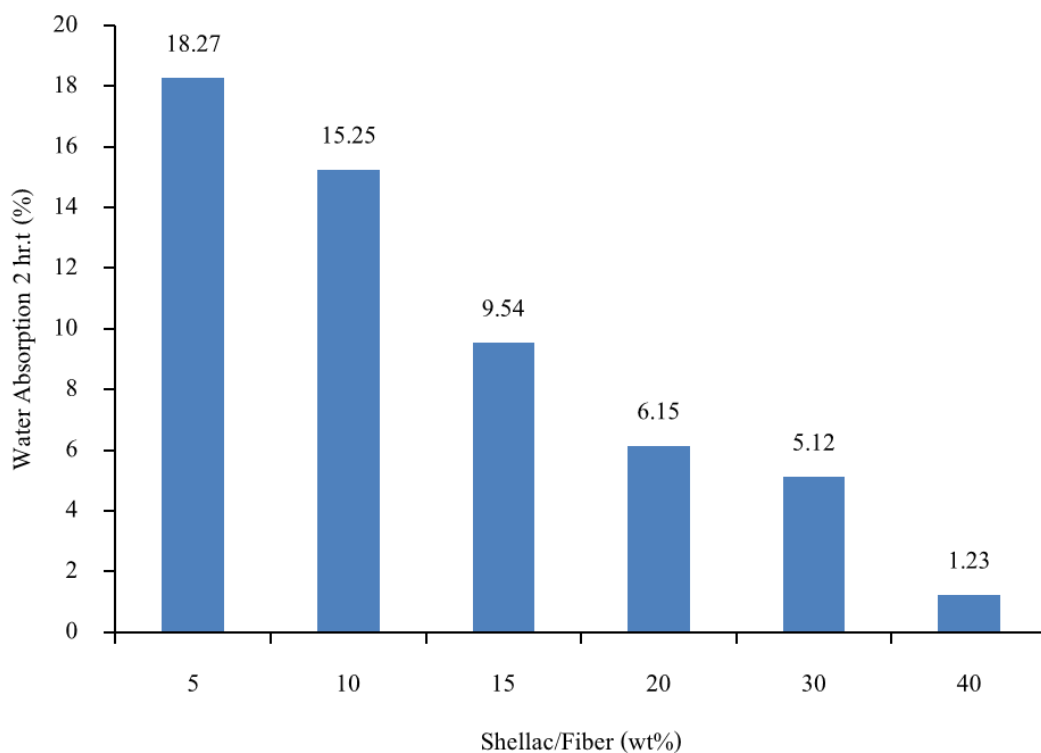
ภาพที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณความชื้นกับปริมาณสารยึดติดจากแชลแลค

จากภาพที่ 4.2 พบว่าค่าความชื้นของแผ่นขึ้นไม้อัดจากวัสดุเศษไม้แดงจะมีค่าความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 2.07 ถึง 9.59 โดยค่าความชื้นของแผ่นขึ้นไม้อัดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของวัสดุประสานด้วยแชลแลคลดลง แต่อย่างไรก็ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547 กำหนดให้ค่าความชื้นของแผ่นขึ้นไม้อัดความหนาแน่นปานกลางมีค่าความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 4 ถึง 13 ซึ่งมีเพียงแผ่นขึ้นไม้อัดที่มีอัตราส่วนที่ 30 % และ 40 % ที่มีค่าปริมาณความชื้นต่ำกว่าตามมาตรฐานกำหนด

#### 4.1.3. ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำที่ 2 และ 24 ชั่วโมง

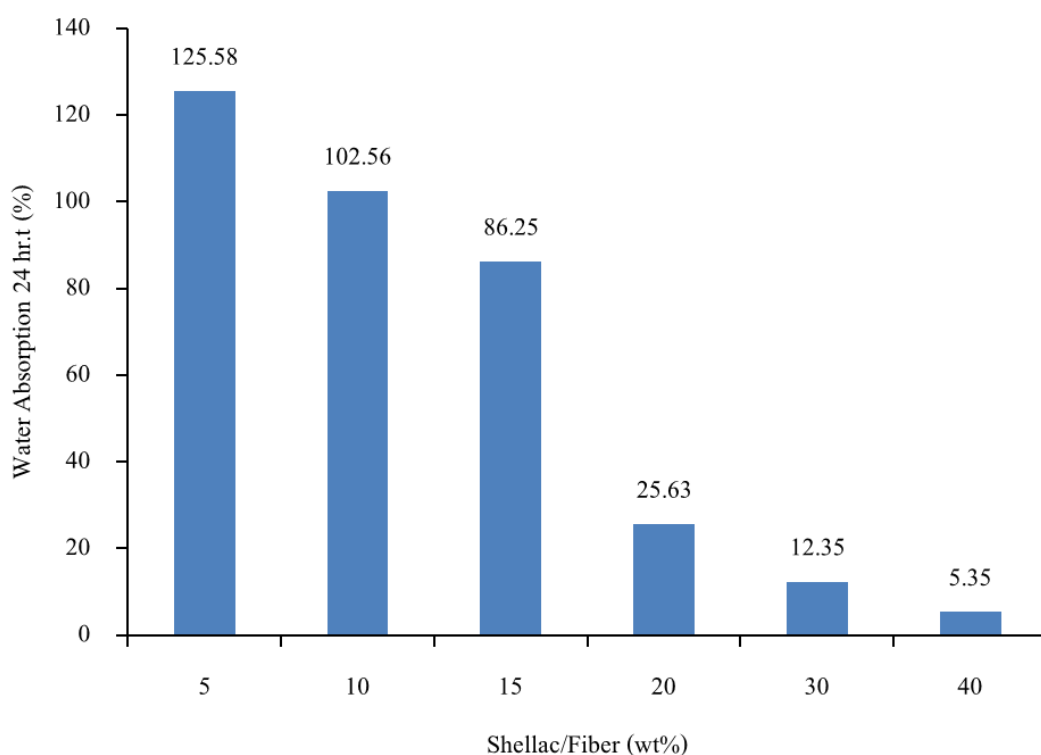
โดยการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ จะแบ่งการทดสอบเป็น 2 ช่วง คือ อัตราการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมงกับอัตราการดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมง ตามกำหนดของมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547 กำหนดให้แผ่นชั้นไม้อัดต้องมีค่าการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมง ไม่เกินร้อยละ 40 และที่ 24 ชั่วโมง ไม่เกินร้อยละ 80 จากการทดลองพบว่าค่าการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมงจะมีอัตราการดูดซึมน้ำดังแสดงในภาพที่ 4.3

จากภาพที่ 4.3 จากการทดลองพบว่าพฤติกรรมการดูดซึมน้ำของแผ่นชั้นไม้อัดจากเศษไม้แดง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของวัสดุประสานลดลง เนื่องจากปริมาณของวัสดุประสานมีปริมาณน้อยเกินไปในการเติมเต็มช่องว่าง หรือเคลือบไปบนวัสดุเศษไม้ที่เหลือ ทำให้มีพื้นที่ว่างบางส่วนของเศษไม้ที่เหลือสัมผัสและดูดซึมน้ำได้โดยตรง ค่าการดูดซึมน้ำจึงมากขึ้นเมื่อปริมาณวัสดุประสานลดลง



ภาพที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมงกับปริมาณสารยึดติดจากแชลแลค

จากภาพที่ 4.3 ที่ 2 ชั่วโมง พบว่าไม่มีอัตราส่วนวัสดุประสานจากการใช้ตัวประสานจาก แชลแลคอัตราส่วนใดเลยที่ไม่ผ่านมาตรฐาน แต่แต่แผ่นไม้ที่อัตราส่วนวัสดุประสานมากขึ้นมีแนวโน้มของค่าการดูดซึมน้ำลดลง โดยค่าการดูดซึมน้ำตามที่มาตรฐาน มอก. 966-2547 กำหนดคือไม่เกินร้อยละ 40



ภาพที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมงกับปริมาณสารยึดติดจาก แชลแลค

จากภาพที่ 4.4 ที่ 24 ชั่วโมง พบว่าที่อัตราส่วนวัสดุประสานร้อยละ 5% 10% และ 20% 125.56%, 102.24% และ 86.25% ตามลำดับที่มีค่าการดูดซึมน้ำเกินมาตรฐาน มอก. 966-2547 กำหนด

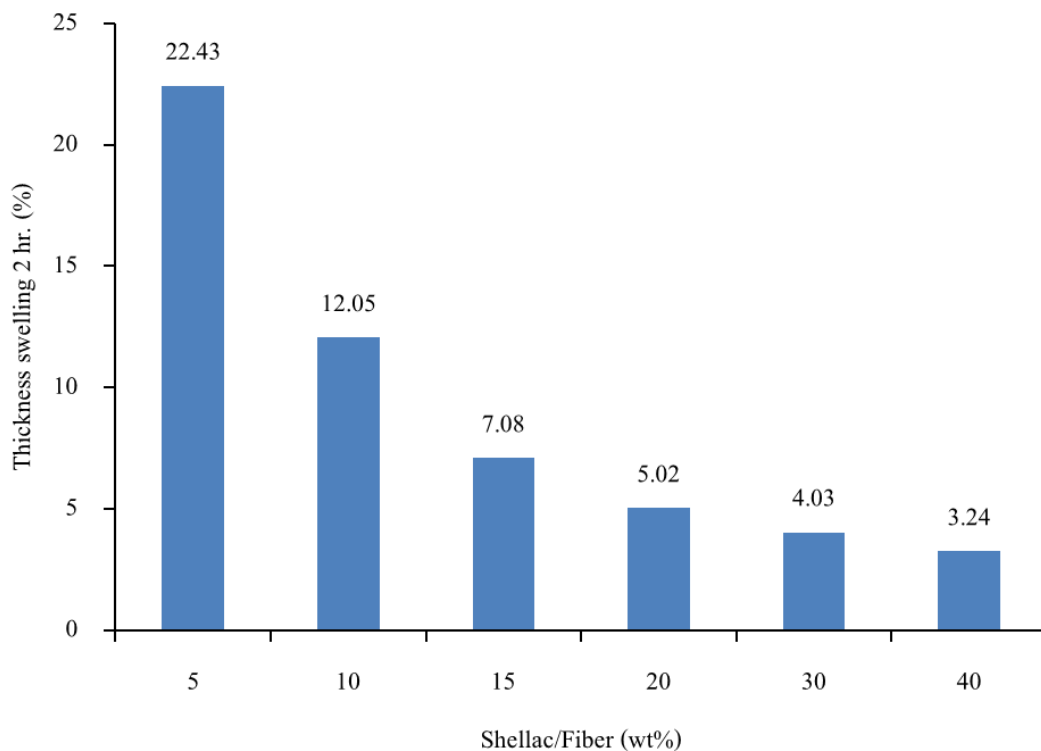
จากการทดลอง พบว่าค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นชิ้นไม้อัดจากวัสดุเศษไม้แดงจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อลดอัตราส่วนของวัสดุประสานจากแชลแลคลดลง จากรูปที่ 4.4 เมื่อทดสอบค่าการขยายตัว

ของแผ่นซีเมนต์อัดจากวัสดุเศษไม้แดง พบว่าค่าการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มที่ลดลงตามการเพิ่มของปริมาณวัสดุประสาน ซึ่งพบว่าแผ่นไม้ที่อัตราส่วนผสม 5%, 10% และ 15% มีค่าการดูดซึมน้ำที่เกินมาตรฐานกำหนดคือไม่เกินร้อยละ 80 ค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นซีเมนต์อัดจากเศษไม้แดงนอกจากขึ้นอยู่กับปริมาณวัสดุประสานจากเซลล์จะน้อยเกินไป ไม่เพียงพอที่จะปกปิด หรือเติมเต็มช่องว่าง หรือเกิดพันธะกับวัสดุเศษไม้แดง วัสดุจึงเกิดพันธะกับน้ำแทนนั้น ยังมีอีกสาเหตุหนึ่งนั่นก็คือความสามารถในการดูดซึมน้ำและความสามารถในการคงรูปของใยไม้เองสามารถดูดซึมน้ำได้มากแต่มีการขยายตัวต่ำ

#### 4.1.4. ผลการทดสอบค่าการขยายตัวทางความหนาที่ 2 และ 24 ชั่วโมง

การทดสอบการขยายตัวทางความหนา ที่ 2 ชั่วโมง โดยการทดสอบความสามารถในการขยายตัวตามความหนา โดยการแช่น้ำที่ 2 ชั่วโมง ตามกำหนดของมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547 กำหนดให้แผ่นซีเมนต์อัดต้องมีการขยายตัวตามความหนาที่ 2 ชั่วโมง ไม่เกินร้อยละ 15 จากการทดลอง พบว่าแผ่นไม้อัดจากเศษไม้แดงที่อัตราส่วนวัสดุประสานจากเซลล์ 5% มีค่าการดูดซึมน้ำที่เกินตามมาตรฐานกำหนด และที่อัตราส่วน 10%, 15% , 20%, 30% และ 40% ผ่านมาตรฐาน มอก. 966-2547 กำหนด ดังภาพที่ 4.5

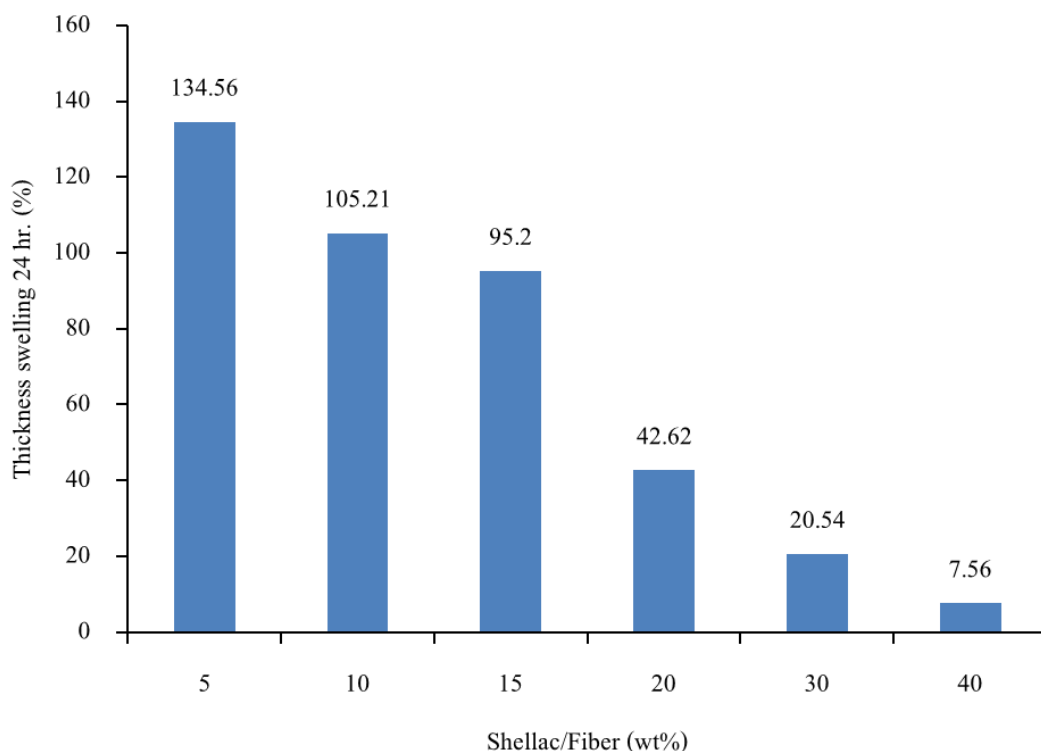




ภาพที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการขยายตัวทางความถี่ 2 ชั่วโมงกับปริมาณสารยึดติดจากเซลแลค

จากภาพที่ 4.5 ค่าการขยายตัวตามความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัดจากจากเศษไม้แดง ที่ 2 ชั่วโมง อัตราส่วนวัสดุประสานจากเซลแลค 5% มีค่ามากที่สุด และมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราส่วนวัสดุประสานเพิ่มขึ้นพบว่าพฤติกรรมดูดซึมน้ำของแผ่นชิ้นไม้อัดจากเศษไม้แดงส่วนใหญ่ มีการดูดซึมน้ำเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด

จากการทดลอง พบว่าค่าการขยายตัวตามความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัดจากเศษไม้แดงจะมีค่าสูงขึ้น เมื่อลดอัตราส่วนของวัสดุประสานลดลง จากภาพที่ 4.5 เมื่อทดสอบค่าการขยายตัวของแผ่นชิ้นไม้อัดจากเศษไม้แดง พบว่าค่าการขยายตัวตามความหนาของสัดส่วน 5% ที่มีค่าการขยายตัวทางความหนา 22% เกินตามที่มาตรฐาน มอก. 966-2547 กำหนด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลแล้ว พบว่าค่าการขยายตัวตามความหนามีแนวโน้มที่จะเป็นไปตามค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นชิ้นไม้อัด แต่อย่างไรก็ตามแนวโน้มนี้ยังไม่สามารถสรุปได้อย่างแน่นอน เนื่องจากค่าการขยายตัวตามความหนายังมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการดูดซึมน้ำของเศษวัสดุและความสามารถคงรูปของวัสดุทางการเกษตร รวมถึงค่าความหนาแน่นของวัสดุเข้ามาเกี่ยวข้องอีกด้วย



**ภาพที่ 4.16** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการขยายตัวทางความที่ 24 ชั่วโมงกับปริมาณสารยึดติดจากแชลแลค

จากการทดลอง พบว่าค่าการขยายตัวตามความหนาของแผ่นขึ้นไม้อัดจากวัสดุเศษไม้แดง จะมีค่าสูงขึ้น เมื่อลดอัตราส่วนของวัสดุประสานจากแชลแลคลดลง จากภาพที่ 4.6 เมื่อทดสอบค่าการขยายตัวของแผ่นขึ้นไม้อัดจากวัสดุเศษไม้แดง พบว่าค่าการขยายตัวตามความหนามีแนวโน้มที่ลดลงตามการเพิ่มของปริมาณวัสดุประสานซึ่งอัตราส่วนที่ 5%, 10%, 15% และ 20% มีค่าการดูดซึมน้ำสูงเกินกว่าที่มาตรฐาน มอก. 966-2547 กำหนด ค่าการขยายตัวของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษไม้แดง นอกจากขึ้นอยู่กับปริมาณวัสดุประสานจากแชลแลคจะน้อยเกินไป ไม่เพียงพอที่จะปกปิดหรือเติมเต็มช่องว่าง หรือเกิดพันธะกับวัสดุเศษไม้แดง

#### 4.2. ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล

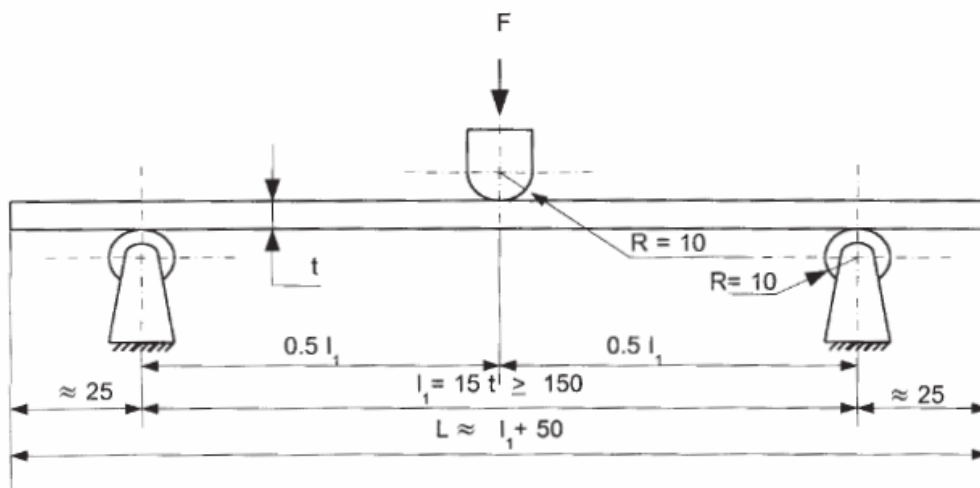
การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษสมบัติเชิงกล (Mechanical properties) ประกอบด้วย ค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of rupture and elasticity) ค่าความแข็งแรงการกระแทก (Impact strength) อาศัยการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 966-2547 แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบสำหรับวัสดุเศษไม้แดง พบว่าทิศทางความสัมพันธ์ของความหนาแน่นกับคุณสมบัติ

ด้านความแข็งแรงของแผ่นมีทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ถ้าค่าความหนาแน่นของแผ่นเพิ่มขึ้นความแข็งแรงของแผ่นก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่ถ้าค่าความหนาแน่นของแผ่นลดลง ค่าความแข็งแรงก็จะลดลงเหมือนกัน เนื่องจากการเพิ่มความหนาแน่นของแผ่นมีผลให้เส้นใยที่ผสมตัวประสานแล้วจับหรือสัมผัสระหว่างกัน ได้ใกล้ชิดแนบแน่นขึ้น มีช่องว่างระหว่างเส้นใยน้อยกว่าแผ่นที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า ทำให้ตัวประสานที่อยู่บนเส้นใยเกิดการจับยึดระหว่างเส้นใยได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทั้งยังทำให้แผ่นเกิดความต้านทานจากการกระทำทางกลได้ดีด้วย ดังนั้นการเพิ่มความหนาแน่นของแผ่นสูงขึ้น จึงสามารถปรับปรุงคุณสมบัติความแข็งแรงทางกลได้ดีขึ้นได้

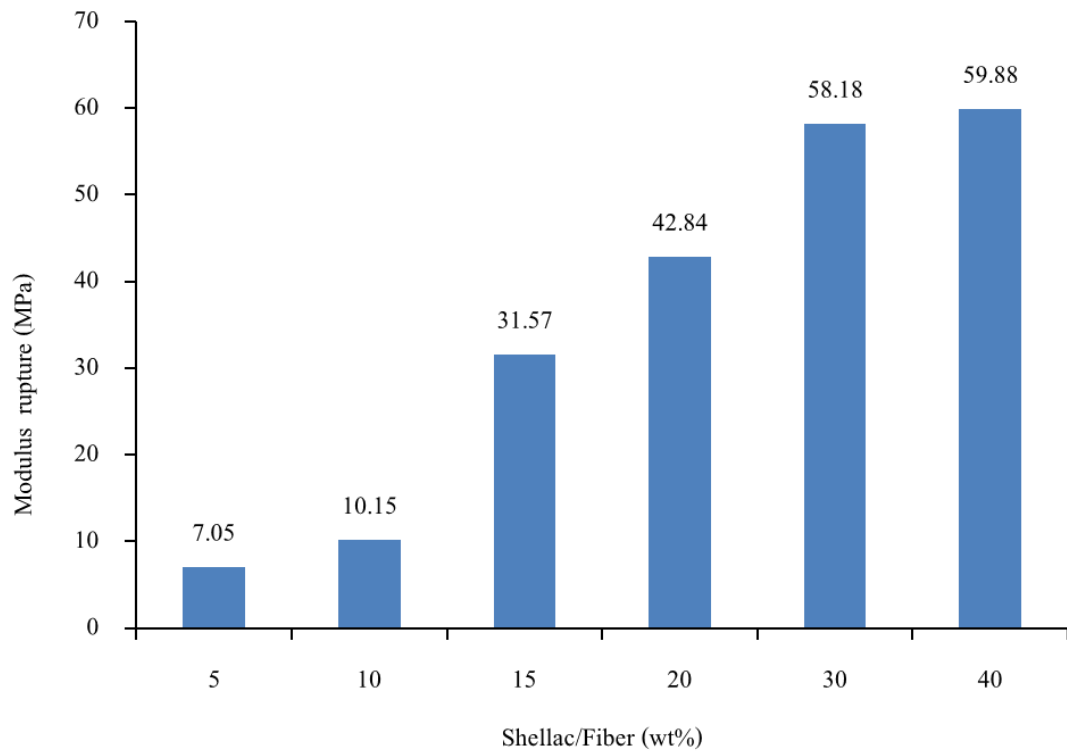
#### 4.2.1. ผลการทดสอบค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าว

กรณีที่เป็นจากวัสดุเศษไม้แดง ค่ามอดูลัสแตกร้าวจะมีค่ามากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ความแข็งแรงของเศษไม้แดงซึ่งเป็นสมบัติเฉพาะของแต่ละวัสดุ ขนาดและรูปร่างของวัสดุ ความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัดและความสามารถในการยึดเกาะระหว่างเศษไม้เนื้อไม้แดงกับวัสดุประสาน ซึ่งแบ่งออกเป็นสองประเภท คือการยึดเกาะด้วยแรงทางกล (mechanical locking) และการยึดเกาะด้วยพันธะทางเคมี (chemical bonding) ดังแสดงภาพที่

4.7



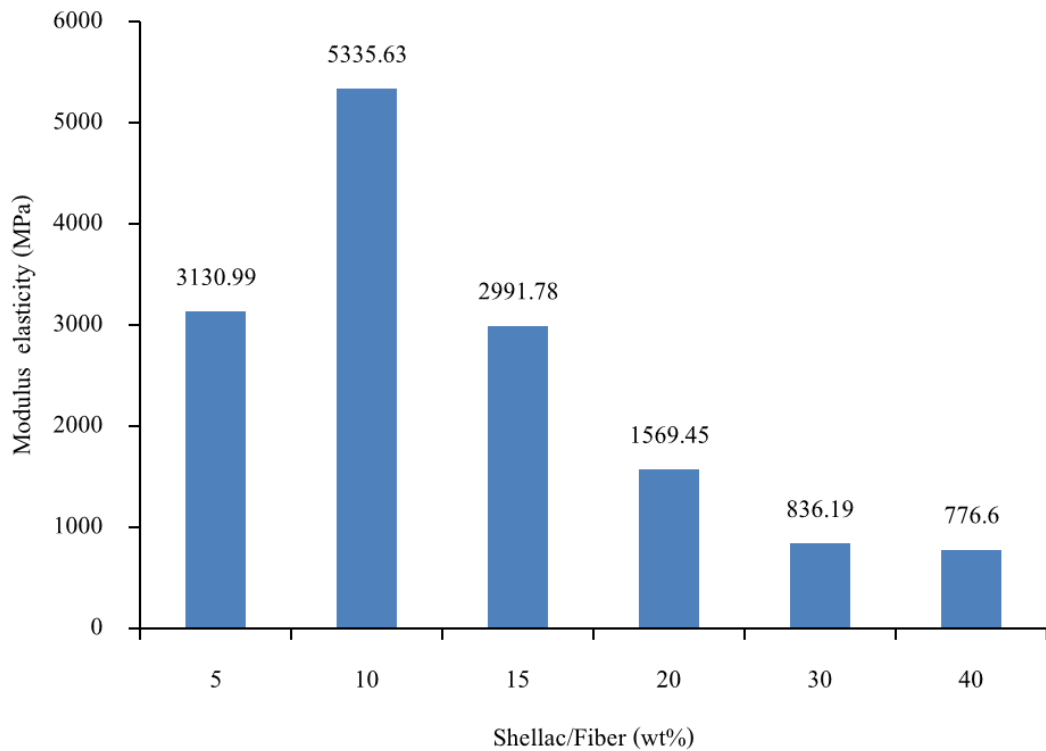
ภาพที่ 4.17 แสดงการทดสอบความต้านแรงคัดและมอดูลัสยึดหยุ่น



ภาพที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดูลัสแตกร้าวกับปริมาณสารยึดติดจากเซลแลค

จากภาพที่ 4.8 พบว่าค่ามอดูลัสแตกร้าวของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษไม้แดงทุกสัดส่วนของแผ่นขึ้นไม้อัดมีค่ามอดูลัสมากกว่า 22 MPa ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547 กำหนด ยกเว้นแผ่นขึ้นไม้อัดที่อัตราส่วนวัสดุประสานเท่ากับร้อยละ 5 และ 10 มีค่ามอดูลัสแตกร้าวต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด ทั้งนี้เนื่องจากประมาณของสารยึดติดน้อย ประสิทธิภาพการเชื่อมยึดลดลงตามปริมาณของเซลแลค

#### 4.2.2. ผลการทดสอบค่าความต้านทานมอดูลัสยึดหยุ่น

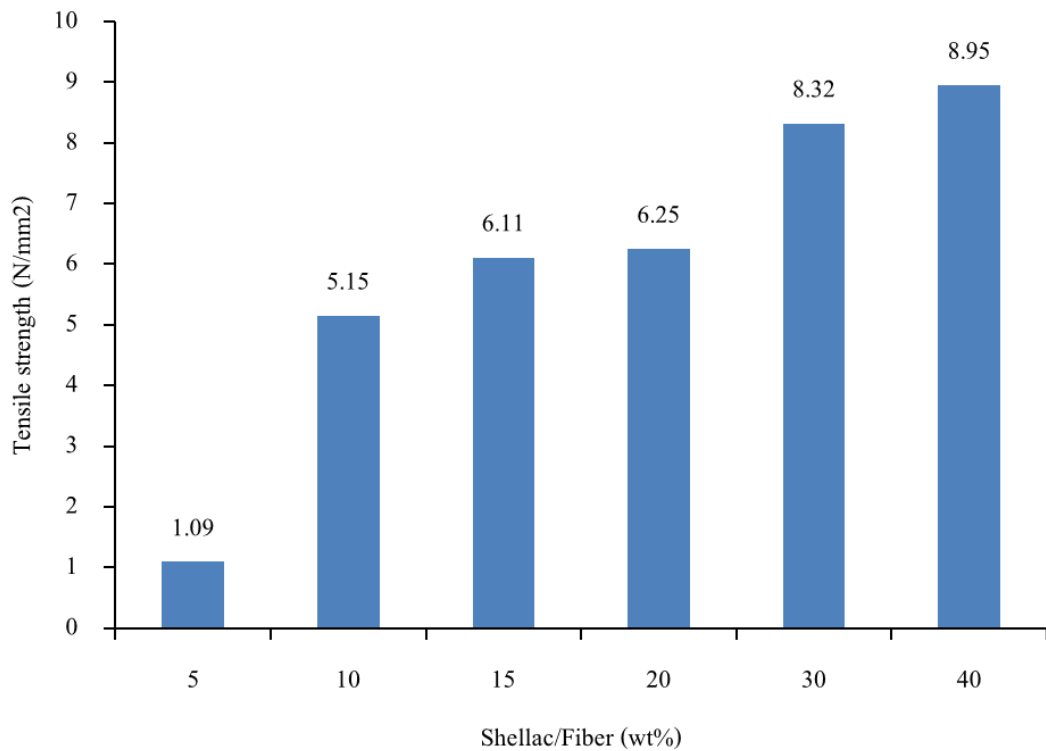


**ภาพที่ 4.19** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่นกับปริมาณสารยึดติดจากแชลแลค

จากภาพที่ 4.9 พบว่าค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษไม้แดงทุกอัตราส่วนมีค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่นไม่น้อยกว่า 2500 MPa ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547 กำหนด ยกเว้นแผ่นขึ้นไม้ที่อัตราส่วนวัสดุประสานเท่ากับร้อยละ 20%, 30% และ 40% ค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่นจะมีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนของวัสดุประสานจากแชลแลคเพิ่มขึ้นนั้นแสดงว่าค่าความยืดหยุ่นของแผ่นขึ้นไม้อัดจะลดลงซึ่งจะตรงข้ามกับค่ามอดูลัสแตกร้าว

#### 4.2.3. ผลการทดสอบค่าความต้านแรงดึง

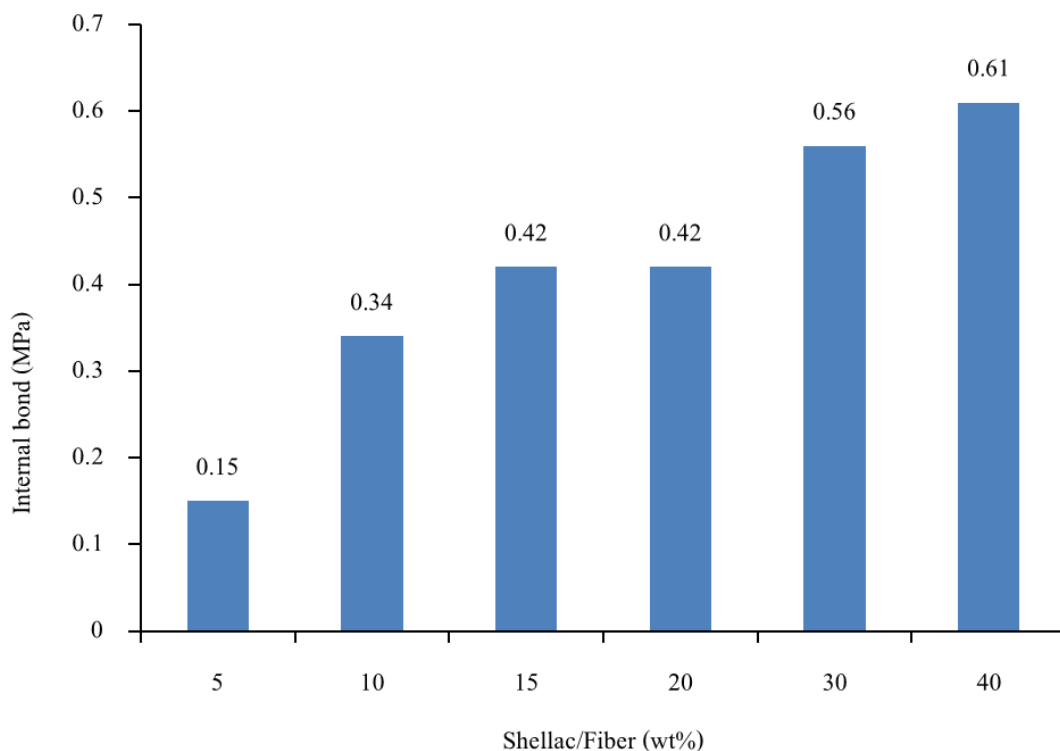
ผลการศึกษาค่าความต้านทานแรงดึง ของอัตราส่วนผสมแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษไม้แดง แชลแลคเป็นตัวยึดประสาน ที่มีส่วนผสมของแชลแลคโดยน้ำหนักของเศษไม้แดงที่ต่างกัน ดังภาพที่ 4.10



**ภาพที่ 4.20** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงดึงกับปริมาณสารยึดติดจากแชลแลค

จากภาพที่ 4.10 พบว่า ค่าความต้านทานแรงดึงจะสูงที่มีอัตราส่วนผสมของแชลแลคที่ 40% โดยน้ำหนัก เมื่ออัตราส่วนผสมแชลแลคลดลงก็จะมีแนวโน้มลดลงด้วย แสดงให้เห็นว่าปริมาณแชลแลคที่เพิ่มขึ้นจะผลต่อค่าความแข็งแรงของแผ่นไม้อัดซึ่งอัตราส่วนผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

#### 4.2.4. ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงผิวหน้า



**ภาพที่ 4.11** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงดึงผิวหน้ากับปริมาณสารยึดติดจากเซลแลค

จากภาพที่ 4.11 พบว่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงดึงผิวหน้ากับปริมาณสารยึดติดจากเซลแลค ที่อัตราส่วนผสม 40% มีค่าต้านแรงดึงผิวหน้าที่ผ่านตามมาตรฐานกำหนดทำให้พบว่าเมื่อมีการผสมสารยึดติดในอัตราส่วนที่น้อยก็จะส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงผิวหน้าต่ำเช่นกัน

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1. สรุปผลการวิจัย

จากการค้นคว้างานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษไม้แดง จากวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมงานไม้ที่ใช้ในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษไม้แดง ศึกษาสมบัติเชิงกายภาพ เชิงกล สามารถให้ผลสรุปของงานวิจัยมีดังนี้

##### 5.1.1. การศึกษาสมบัติเชิงกายภาพ

ผลการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำที่ 2 และ 24 ชั่วโมง และการพองตัวทางความหนาที่ 2 และ 24 ชั่วโมง ประเภทและปริมาณสารยึดติดของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษไม้แดง โดยน้ำหนักแห้ง ที่ปริมาณสารยึดติดกาวชนิด แคลแลค 5% 10% 15% 20% 30% และ 40 % โดยน้ำหนักแห้ง จากการทดลองพบว่า ค่าความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษไม้แดงมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 739.86-927.64 kg/m<sup>3</sup> ค่าปริมาณความชื้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.07-9.56% และการดูดซึมน้ำที่ 2 และ 24 ชั่วโมงมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.23-18.27% และ 5.35-125.58% ตามลำดับ ส่วนค่าการพองตัวทางความหนาที่ 2 และ 24 ชั่วโมงค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.24-22.43 % และ 7.56-134.56 % ตามลำดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราของสารยึดติดเนื่องมาจากการประสานตัวของขึ้นเส้นใย และเกิดการเชื่อมโยงของสายโซ่โมเลกุลที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดการเกาะเกี่ยวกันของขึ้นเส้นใยและการเรียงตัวของเส้นใยที่ดีทั้งยังมีการกระจายตัวของสารเคลือบผิวกันซึมที่ทั่วถึงขณะการอัดแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษไม้แดงซึ่งเป็นการช่วยได้อีกทางหนึ่งด้วย เนื่องจากการเพิ่มความหนาแน่นของแผ่นจะส่งผลให้การจับหรือสัมผัสกันระหว่างขึ้นเส้นใยที่มีสารยึดเกาะอยู่ใกล้ชิดแน่นขึ้นในระหว่างการอัดร้อน ทำให้เกิดการเชื่อมตัวกันได้ดีกว่าความสามารถในการบีบอัด ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของชนิดไม้ โดยทั่วไปไม้ที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า จะถูกบีบอัดได้มากชนิดไม้ที่มีความหนาแน่นสูงกว่า ภายใต้อัด ณ ระดับเดียวกัน ในระหว่างการผลิตแผ่นไม้อัดหากต้องการให้แผ่นที่ได้มีความแข็งแรงในการเชื่อมยึดกันของขึ้นเส้นใยได้ดี โดยใช้วัสดุประสานในปริมาณน้อยที่สุด ก็จะต้องใช้แรงบีบอัดแผ่นในระหว่างกระบวนการ



อัดรีดจนกระทั่งแน่ใจว่าชั้นเส้นใยมีพื้นที่สัมผัสระหว่างกันเพียงพอ และสามารถลดปริมาณช่องว่างภายใน และความไม่สม่ำเสมอของผิวให้มีน้อยที่สุด เศษวัสดุไม้แดงมีความสามารถในการบีบอัดดีเพราะมีความหนาแน่นสูงกว่า จึงทำให้เป็นแผ่นไม้ที่ได้แน่นแข็งกระชับได้ดีภายใต้แรงดันที่กำหนดไว้ ส่งผลให้ชั้นวัสดุภายในแผ่นสัมผัสกันอย่างแนบแน่น เกิดแรงยึดเหนี่ยวกันดี แผ่นใยอัดที่ได้จึงมีความแข็งแรงกว่าปริมาณแรงดันที่ใช้อัด

### 5.1.2. การศึกษาสมบัติเชิงกล

ผลการศึกษาสมบัติเชิงกลพบว่า ความสัมพันธ์ค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าว และมอดูลัสยืดหยุ่น ความแข็งแรงการกระแทก กับประเภทและปริมาณสารยึดติดของแผ่นชั้นไม้อัดจากเศษไม้แดง โดยน้ำหนักแห้ง ที่ปริมาณสารยึดติดชนิดแชลแลค 5%, 10%, 15%, 20%, 30% และ 40 % โดยน้ำหนักแห้ง จากการทดลอง พบว่า ค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวของแผ่นชั้นไม้อัดจากเศษไม้แดง มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.05-59.88 MPa และค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 776.60-3130.99 MPa และ ค่าต้านแรงดึงมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.09-8.95 N/mm<sup>2</sup> ตามลำดับ มีความแตกต่างกันมากจากการเปรียบเทียบอัตราส่วนของสารยึดติดชนิดแชลแลคของแผ่นชั้นไม้อัดจากเศษไม้แดง ที่เปลี่ยนแปลงจะส่งผลทำให้สารยึดติดเกิดการเชื่อมโยง ของสายโซ่โมเลกุลระหว่างชั้นเส้นใยอย่างมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ยังทำให้แผ่นเกิดความต้านทานสมบัติทางกลได้ดีด้วย ลักษณะของชั้นเส้นใยที่ยาว สั้น และ สัดส่วนความเพริยวของเส้นใย จะให้ความแข็งแรงต้านทานแรงดัดของแผ่นที่สูง เนื่องจากชั้นเส้นใยที่น้อยกว่าทำให้แผ่นมีช่องว่างน้อยลง จึงสามารถกระจายความเค้นที่เกิดจากการดัดได้สม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งแผ่น ด้วยคุณสมบัติของผงแชลแลคที่ผสมกับแอลกอฮอล์เป็นสารยึดติดที่เพิ่มความแข็งแรงซึ่งเอใช้ในอัตราส่วนที่มีปริมาณมากจะทำให้มีการต้านทานความยืดหยุ่นได้น้อย แรงยึดเกาะเชิงกลเกิดจากการที่วัสดุประสานที่เป็นของเหลวไหลตัวแทรกซึมไปตามช่องว่าง รอยต่อระหว่างชั้นวัสดุ รอยแตก รูพรุน เมื่อวัสดุประสานแข็งตัวจะเกิดการยึดเกาะเชิงกลระหว่างผิวหน้าชั้นวัสดุเศษ ไม้แดงกับวัสดุประสานชั้นทำให้ชั้นวัสดุเหล่านั้นอยู่ในสภาพคงรูป การดูดซับ หรือการแพร่ ส่วนแรงยึดเกาะเชิงเคมี จะเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างชั้นวัสดุกับวัสดุประสานหรือแรงดึงดูดจากความมีขั้วหรือไม่มีขั้วของโมเลกุล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับไม้แดง และสารยึดติดจัดว่าเป็นสารประกอบประเภทมีขั้วทั้งคู่ ทำให้วัสดุทั้งสองประเภทเกิดแรงดึงดูดแบบแวนเดอร์วาลส์ความเป็นกรดของไม้แดง เป็นปัจจัยที่กระทบโดยตรงต่ออัตราความเร็วในปฏิกิริยา

แข็งตัวของวัสดุประสานในระหว่างการอัดร้อน สมบัติความเป็นกรดของไม้ไม่มีผลกระทบอย่างมาก สภาวะความเป็นกรด ความสามารถในการเปียกของไม้ เป็นปัจจัยสำคัญมากในการเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซลล์กับเศษไม้เนื้อแข็ง เนื่องจากผิวหน้าไม้อัดอัตราส่วนใดมีความสามารถในการเปียกที่สูง แสดงว่า สารยึดติดสามารถซึมซาบเข้าไปในผิวไม้ได้ดี โดยการแทรกตัวของสารยึดติดไปในรูเล็ก ๆ และส่วน อุดตันฐานของเซลล์ลูโลสในเซลล์เนื้อไม้หรือเส้นใย แล้วเกิดเป็นพันธะระหว่างโมเลกุลของเซลล์กับผิววัสดุ

จากงานวิจัยนี้จึงสรุปได้ว่าจากการศึกษาแผ่นใยไม้อัดจากเศษไม้เนื้อแข็งโดยใช้ผลผลิตจากครั้งเป็นตัวประสาน สามารถผลิตเป็นแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษไม้เนื้อแข็งโดยอัตราส่วนส่วนที่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ที่คุณสมบัติด้านความแข็งแรงได้ดีที่อัตราส่วนผสมของเซลล์ที่ 20%, 30% และ 40% โดยสามารถใช้ทดแทนเป็นไม้อัดความหนาแน่นปานกลางสามารถใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ตกแต่งภายในอาคารได้ ซึ่งคุณสมบัติที่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 966-2547) จึงสามารถนำไปใช้ทดแทนแผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลางได้แต่ถ้าต้องการนำไปพัฒนาเป็นชิ้นงานที่ต้องการความยืดหยุ่นจำเป็นต้องลดอัตราส่วนของสารยึดติดลงซึ่งในงานวิจัยนี้คือ 5%, 10% และ 15% โดยสามารถใช้ทดแทนเป็นไม้อัดความหนาแน่นปานกลางสามารถใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ตกแต่งภายในอาคารได้ ซึ่งคุณสมบัติที่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 966-2547) จึงสามารถนำไปใช้ทดแทนแผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลางได้

## 5.2. การอภิปรายผล

จากการเปรียบเทียบสมบัติของแผ่นใยไม้อัดจากเศษไม้เนื้อแข็งที่ผลิตได้กับมาตรฐานเชิงพาณิชย์ตามสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกลมีการเปรียบเทียบสามารถสรุปได้ดังตาราง 5.1

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบผลการทดลอง

Shellac/Fiber (wt%)	Density (Kg/m <sup>3</sup> )	Moisture content (%)	Water Absorption 2 hr. (%)	Water Absorption 24 hr. (%)	Thickness swelling 2 hr. (%)	Thickness swelling 24 hr. (%)	Modulus rupture (MPa)	Modulus of elasticity (MPa)	Tensile strength (N/mm <sup>2</sup> )	Internal bond (MPa)
5	739.86	9.56	18.27	125.58	22.43	134.56	7.05	3130.99	1.09	0.15
10	862.64	7.35	15.25	102.56	12.05	105.21	10.15	5335.63	5.15	0.34
15	886.632	4.89	9.54	86.25	7.08	95.2	31.57	2991.78	6.11	0.42
20	877.35	4.56	6.15	25.63	5.02	42.62	42.84	1569.45	6.25	0.42
30	929.352	3.74	5.12	12.35	4.03	20.54	58.18	836.19	8.32	0.56
40	927.64	2.07	1.23	5.35	3.24	7.56	59.88	776.6	8.95	0.61

### 5.3. ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเรื่อง การศึกษาแผ่นใยไม้อัดจากเศษจี้เลื่อยโดยใช้ผลผลิตจากครั้งเป็นตัวประสาน มีข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์โดยแผ่นใยไม้อัดที่ผลิตได้จากเศษจี้เลื่อยไม้แดง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และวัสดุสำหรับการตกแต่งภายในอาคาร สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเศษวัสดุเหลือทิ้งชนิดอื่นโดยใช้ผลผลิตจากครั้งเป็นตัวประสานมาผลิตเป็นแผ่นใยไม้อัดได้

นอกจากนี้ควรศึกษาด้านการใช้สารยึดติดชนิดอื่นๆเปรียบเทียบกับเนื่องจากแคลแคลที่ผสมกับแอลกอฮอล์นั้นมีความเหนียวทำให้ยึดติดกับเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปทำให้แกะออกยาก และควรศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่มีผลโดยตรงต่อสมบัติด้านต่างๆ

## บรรณานุกรม

- [1] “กระบวนการผลิตแผ่นใยไม้อัดและแผ่นขึ้นไม้อัด”. [ออนไลน์]. Available at:  
[http://www2.oie.go.th/GWoods/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=235&Itemid=85](http://www2.oie.go.th/GWoods/index.php?option=com_k2&view=item&id=235&Itemid=85). [สืบค้น: 26-พค-2014].
- [2] “Nudjarin 2”. [ออนไลน์]. Available at:  
[http://www2.oie.go.th/GWoods/index.php?option=com\\_k2&view=itemlist&task=user&id=63%3Anudjarin&limitstart=20](http://www2.oie.go.th/GWoods/index.php?option=com_k2&view=itemlist&task=user&id=63%3Anudjarin&limitstart=20). [สืบค้น: 27-พค-2014].
- [3] “มาตรการสนับสนุนสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม”. [ออนไลน์]. Available at:  
[http://www2.oie.go.th/GWoods/index.php?option=com\\_k2&view=itemlist&task=category&id=42](http://www2.oie.go.th/GWoods/index.php?option=com_k2&view=itemlist&task=category&id=42). [สืบค้น: 27-พค-2014].
- [4] “RISE-AT Newsletter July - August 2003”. [ออนไลน์]. Available at:  
<http://www.ist.cmu.ac.th/riseat/nl/2003/08/06.php>. [สืบค้น: 27-พค-2014].
- [5] “ซื้อ-ขาย ครั้ง มีครั้งคิบ แห่ง พันธุ์ครั้ง จำนวนมากจำหน่าย ทัวภาคเหนือ เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง พะเยา | Car go for sale”. [ออนไลน์]. Available at:  
<http://bestshoppedforcargobox.blogspot.com/2011/10/blog-post.html>. [สืบค้น: 27-พค-2014].
- [6] “ไม้แดง”. [ออนไลน์]. Available at:  
<http://www.boonsiriaplimport.co.th/Default.aspx?pageid=7>. [สืบค้น: 27-พค-2014].
- [7] “บริษัท อินเทอร์เน็ต ติมเบอร์ จำกัด ผู้เชี่ยวชาญด้าน ไม้แปรรูป ไม้อัด ไม้สน”. [ออนไลน์]. Available at: <http://www.interwoodtimber.com/index.php>. [สืบค้น: 27-พค-2014].
- [8] “บ้านและสวน”. [ออนไลน์]. Available at:  
<http://baanlaesuan.com/product.aspx?articleId=1170>. [สืบค้น: 27-พค-2014].
- [9] “THAIPLYWOOD CO.,LTD.” [ออนไลน์]. Available at:  
<http://www.thaiplywood.com/thai/npro-hb.php>. [สืบค้น: 27-พค-2014].
- [10] “หจก.ไทรทองไม้อัด ไม้อัดเคลือบฟิล์มดำ ไม้อัดเคลือบฟิล์มดำ ไม้อัด ไม้อัด”. [ออนไลน์]. Available at: <http://www.saithongplywood.com/>. [สืบค้น: 30-พค-2014].
- [11] สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ = ความหนาแน่นปานกลาง, ปี 2532. กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [12] วรธรรม อุ๋นจิตติชัย, “อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลและกรรมวิธีการผลิต”, เอกสารวิชาการ, ปี 2541.

- [13] ศรีสกุล อามระรัตนะ, “ระบบการตลาดแผ่นขึ้นไม้อัดของประเทศไทย ปี 2534 - 2536”, สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2537.
- [14] กิตติศักดิ์ บังศรี, “การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร”, ปี 2544, น. 229.
- [15] พงษ์ศักดิ์ มาลัย, ภัทรพล สีดอกบวบ, วิเศษ คำมา, “กระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์ผสมโฟมและเศษเชือกไนลอน”, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม, สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549.
- [16] Sampathrajan, A., Vijayaraghavan, N.C. and Swaminathan, K.P., “Mechanical and Thermal Properties of Particle board made from farm residues”, *Bioresource technology*, ปี 1992, ฉบับที่ Vol.4 , No.3, น. 249–251.
- [17] กิตติศักดิ์ บัวศรี, “การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากฟางข้าว”, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544.
- [18] ธัญชัย ปุณณวรกิจ, “การพัฒนาฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร”, วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิตมหาบัณฑิตสาขาสถาปัตยกรรมและการผังเมือง, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2548.
- [19] อัญชลี เบญจ โลหพันธ์, “การพัฒนาแผ่นยิปซัมจากเปลือกทุเรียน”, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีคุณภาพ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2546.
- [20] Charoenvai , S., “Development of New Particleboards from Durian Peel and Coconut Coir with Low Thermal Conductivity”, Master of Engineering Thesis , Energy Technology Program, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, 2000.

**ภาคผนวก ก**  
**ชิ้นงานหลังการทดสอบ**

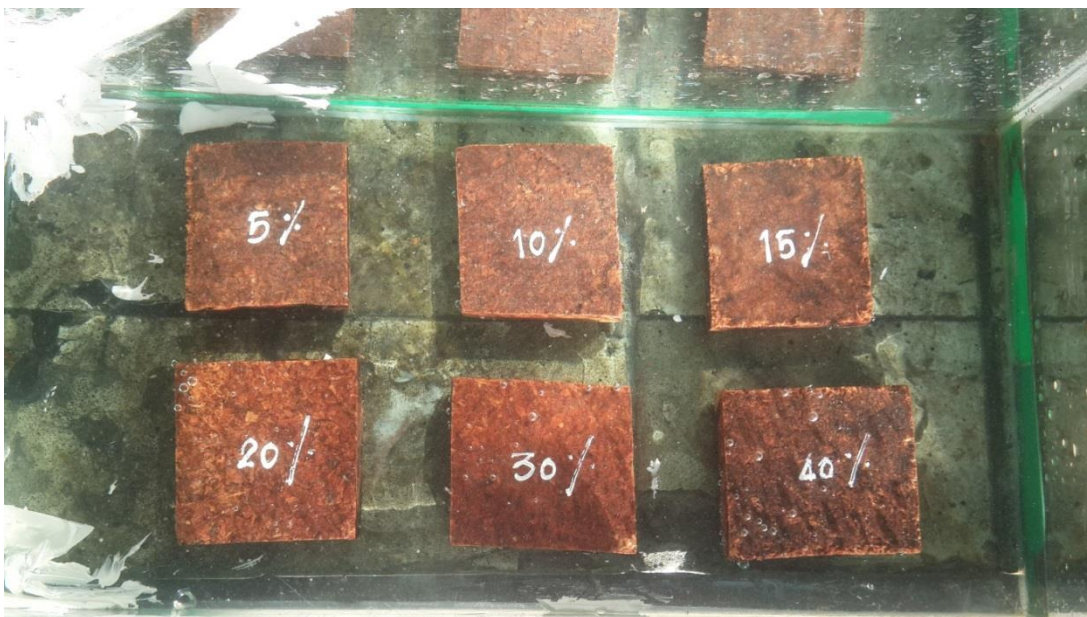


แผ่นชิ้นงานทดสอบค่าความหนาแน่น

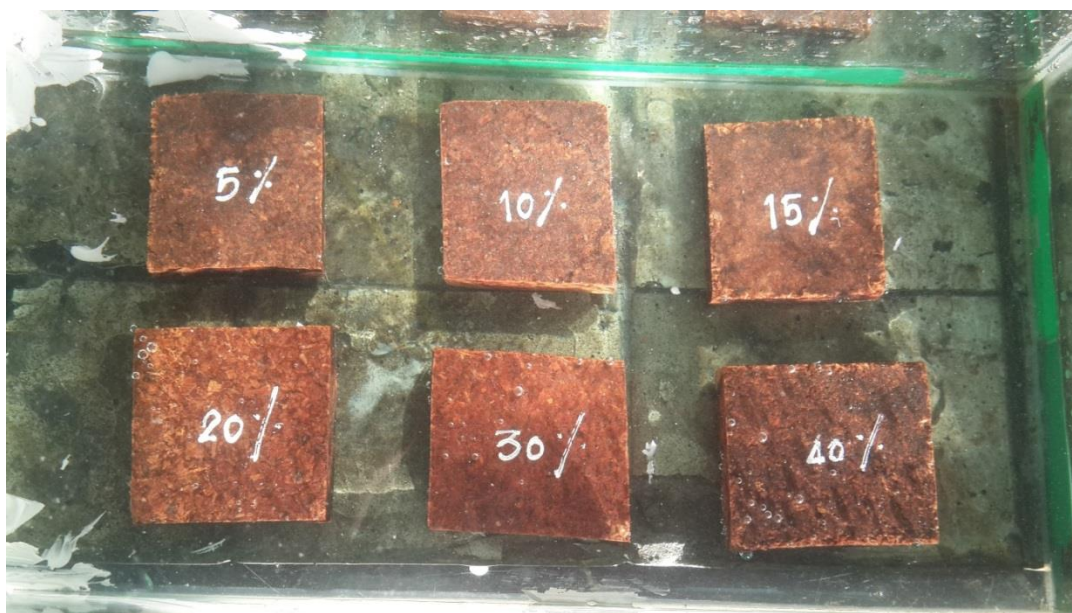


แผ่นชิ้นงานทดสอบค่าความชื้น

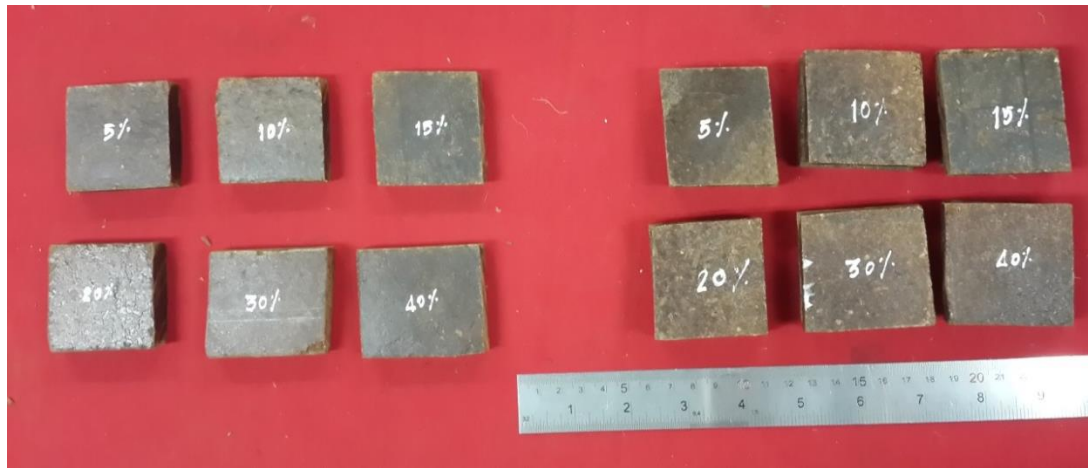




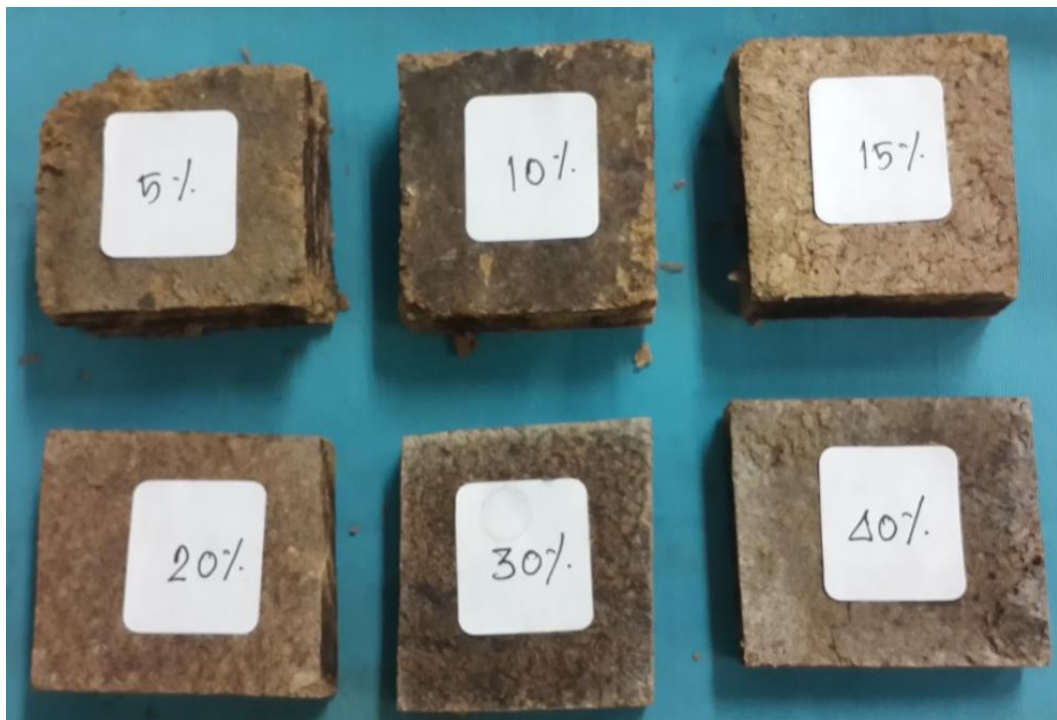
แผ่นชิ้นงานทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมง



แผ่นชิ้นงานทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง

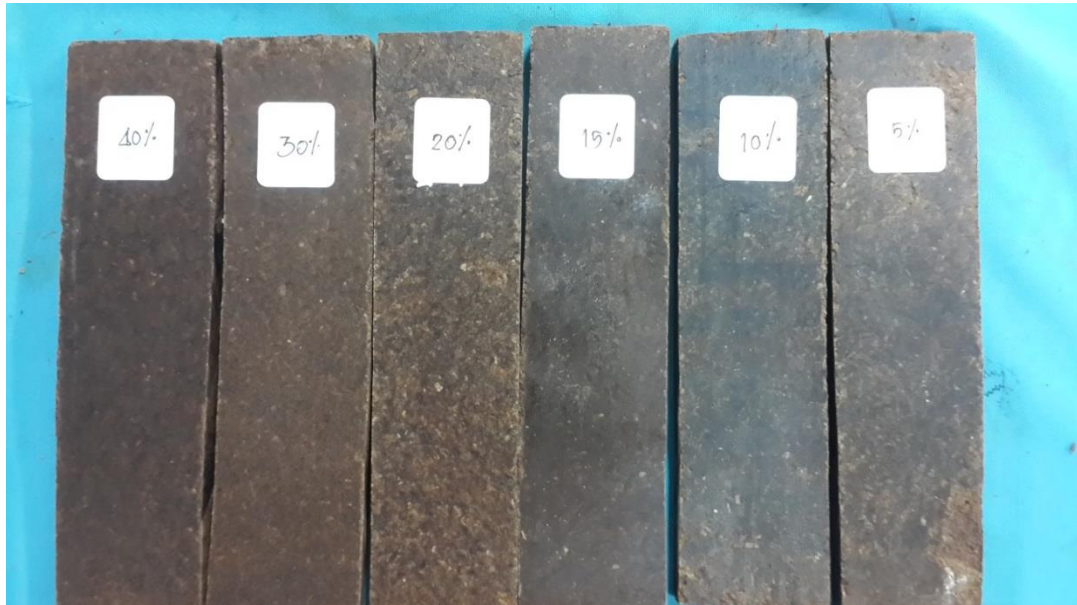


แผ่นชิ้นงานทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ 2 และ 24 ชั่วโมง

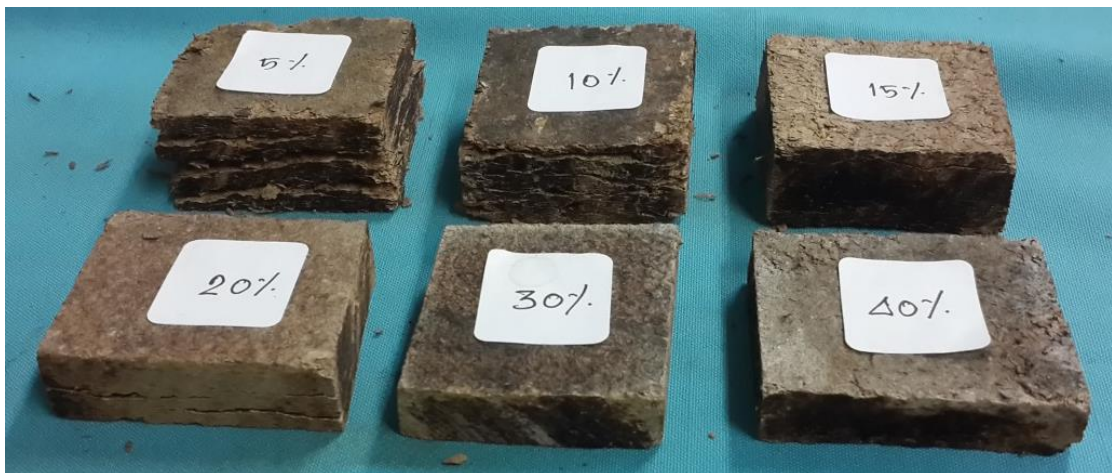


แผ่นชิ้นงานทดสอบหลังแช่น้ำ





แผ่นชิ้นงานทดสอบหลังแช่น้ำ



แผ่นชิ้นงานทดสอบหลังแช่น้ำทางความหนา



แผ่นชิ้นงานทดสอบค่า Internal bond



แผ่นชิ้นงานทดสอบค่า MOE, MOR





ชิ้นงานสำเร็จแผ่นใยไม้อัดจากเศษจี้เลื่อยไม้แดงโดยผลผลิตของครั้ง (แชลแลค) เป็นตัวประสาน

**ภาคผนวก ข**

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.966-2547)

