

การวิจัยและพัฒนา
การใช้ประโยชน์ไม้ไผ่เพื่อการพาณิชย์



กรมป่าไม้

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

2562

โครงการวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์ไม้ไผ่
เพื่อการพาณิชย์

Research and Development on Bamboo Utilization
for Commercial Purposes.

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้
กรมป่าไม้

2562

คณะผู้วิจัย

นางมยุรี	จิตต์แก้ว
นางสาวพรรณี	เด่นรุ่งเรือง
นายบุญส่ง	สมเพาะ
นายวัลยุทธ	เฟื่องวิวัฒน์
นางลักษมี	สุทธิวิไลรัตน์
นางสาวปิยะวดี	บัวจงกล
นางสาวณัฐนันท์	สุวรรณพอง

ผลงานวิจัยในรายงานผลการวิจัยเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนโดยเฉพาะไม่ผูกพันกับกรมป่าไม้

คำนำ

เอกสารวิชาการเล่มนี้ เป็นรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ของชุดโครงการ "การวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์ไม้ไผ่เพื่อการพาณิชย์ภายใต้สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ประกอบด้วย 2 ชุดโครงการวิจัย มีผลงานวิจัยรวม 6 เรื่อง โดยศึกษาการใช้ประโยชน์ไม้ไผ่อย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นข้อมูลทางวิชาการทั้งด้านกลสมบัติและสกายสมบัติของไม้ไผ่ การยืดอายุการใช้งานไม้ไผ่ การศึกษาสารธรรมชาติและการออกฤทธิ์ป้องกันมอดทำลายไม้ไผ่ การใช้ประโยชน์ไม้ไผ่เพื่อเป็น แผ่นไม้อัดสารแร่ และแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ตลอดจนการผลิตก๊าซชีวภาพและถ่านอัดแท่งจากเศษเหลือจากไม้ไผ่

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลงานวิจัยฉบับนี้จะเป็น ประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ปลูกสร้างสวนไผ่ ในการคัดเลือกชนิดไม้เพื่อปลูกเป็นการค้าให้ตรงกับความต้องการใช้งานของภาคอุตสาหกรรม และเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการอุตสาหกรรมไม้ไผ่ในการนำไปทำผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ ให้มีความหลากหลาย เป็นการเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคและเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของไม้ไผ่อีกด้วย

คณะผู้วิจัย

กรมป่าไม้

พฤษภาคม 2562

สารบัญ

หน้า

ชุดโครงการย่อยที่ 1: การวิจัยและพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์ไม้ไผ่

- | | |
|---|----|
| - คุณสมบัติและลักษณะโครงสร้างไม้ไผ่บางชนิด | 1 |
| - การพัฒนาเทคนิคการยืดอายุการใช้งานไม้ไผ่ | 20 |
| - ศึกษาสารธรรมชาติและการออกฤทธิ์ป้องกันมอดทำลายไม้ไผ่ | 33 |

ชุดโครงการย่อยที่ 2: การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไปสู่การพาณิชย์

- | | |
|---|----|
| - แผ่นไม้อัดสารแร่จากไผ่ | 47 |
| - เอ็ม ดี เอฟ ไม้ไผ่ที่เป็นมิตรกับผูบริโภค | 66 |
| - การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษเหลือใช้จากไม้ไผ่ | 80 |

คุณสมบัติและลักษณะโครงสร้างไม้ไผ่บางชนิด

The Properties and Anatomy of Some Bamboo Species

บุญส่ง สมเพาะ ¹	(BOUNGSONG SOMPOH)
ชาวลิตร วงศ์ศรีแก้ว ²	(CHAOWALIT WONGSRIKAEW)
นพดล สมศรี ³	(NOPADOL SOMSRI)
ภัทรสินี วงศ์ศรีแก้ว ³	(PHUTSINEE WONGSRIKAEW)
เทพประสิทธิ์ เทียวประสงค์ ³	(THEPPRASIT THEOPRASONG)
วรศิลป์ แอ้วสกุลทอง ³	(WORASIN AEWSAKULTHONG)
อรรถสิทธิ์ บุญรอด ³	(ATTASIT BOONROD)

บทคัดย่อ

การศึกษากลสมบัติ และสกายสมบัติ ของไม้ไผ่ 4 ชนิด คือ ไผ่ชางนวล ไผ่รวกดำ ไผ่มันหมู และไผ่กิมซุง ผลการศึกษาพบว่า ไผ่ชนิดที่ทำการทดสอบ มีค่าทางกลสมบัติทั่วไปใกล้เคียงกับไม้เนื้อแข็ง โดยไผ่ชางนวลและไผ่รวกดำ มีค่าแรงดึงไม้สูงกว่าไผ่มันหมูและไผ่กิมซุง แต่ไผ่ทั้ง 4 ชนิด มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงเมื่อเทียบกับไม้ทั่วไป ส่วนค่าความถ่วงจำเพาะและความแน่นของไผ่กิมซุงมีค่าต่ำกว่าไผ่ชนิดอื่น ความชื้นที่จุดหมาด ของไผ่ทั้ง 4 ชนิด มีค่าสูงกว่าไม้ทั่วไปเล็กน้อย สรุปได้ว่า ไผ่ทั้ง 4 ชนิดที่ทำการทดสอบ มีคุณสมบัติและมีศักยภาพที่จะนำไปใช้ประโยชน์เช่นเดียวกับไม้ทั่วไป

คำหลัก : คุณสมบัติ กลสมบัติ สกายสมบัติ ลักษณะโครงสร้าง ไม้ไผ่ ไผ่ชางนวล ไผ่รวกดำ ไผ่มันหมู ไผ่กิมซุง

¹ นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ e-mail : bounsompoh@yahoo.com

² ช่างเครื่องมือกล ช 4 สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

³ พนักงานราชการ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

ABSTRACT

The mechanical properties and physical properties of four bamboo species, *Dendrocalamus membranaceus* Munro, *Thyrsostachys oliveri* Gamble, *Dendrocalamus copelandii* Gamble ex Brandis and *Bambusa beecheyana* Munro were studied. The result showed that mechanical properties of All studied bamboo species are similar to wood's. While the tension value of *D. membranaceus* and *T. oliveri* are higher than those of *D. copelandii* and *B. beecheyana*. Modulus of elasticity of four bamboo species are higher than that of woods. However, The specific gravity and density of *B. beecheyana*. is lower than those of another species. The fiber saturation point of All tested bamboo species are higher than wood species. It can be conducted that those four bamboo species efficient potential to be utilized in the same as timber wood. Moreover, anatomical characteristics of those four bamboo species were studied can will be uses as data base for wood identification.

Keywords : properties, mechanical properties, physical properties, anatomy, bamboo, *Dendrocalamus membranaceus* Munro, *Thyrsostachys oliveri* Gamble, *Dendrocalamus copelandii* Gamble ex Brandis, *Bambusa beecheyana* Munro

คำนำ

ไม้จัดอยู่ในวงศ์หญ้า (Graminae) ไม้ทั่วโลกมีอยู่ 77 สกุล 1,030 ชนิด สำหรับในประเทศไทย มีไม้ขึ้นอยู่ 15 สกุล 82 ชนิด (รุ่งนภาและคณะ, 2545) ไม้ไผ่เป็นไม้ที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์เป็นอย่างมาก ทั้งในรูปของอาหาร ผลิตภัณฑ์ เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ตลอดจนสิ่งก่อสร้างต่างๆ ในส่วนของการใช้ประโยชน์เป็นสิ่งก่อสร้างนั้น ไม้ไผ่เป็นที่นิยมมาก เนื่องจากมีคุณสมบัติพิเศษคือ มีลวดลายสวยงาม เนื้อแน่น ทนน้ำ ทนแดด มีความแข็งแรง ความเหนียวและยืดหยุ่นที่เหมาะสมกับทุกสภาพอากาศ จึงเป็นไม้ที่มีศักยภาพในการก่อสร้างเทียบเท่ากับไม้ทั่วไป สามารถนำไปทดแทนไม้ในการก่อสร้างที่อยู่อาศัยตั้งแต่ขนาดเล็ก เช่น ศาลากลางน้ำ กระท่อม บ้านพักอาศัย ตลอดจนโรงเรือนขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังพบว่า มีการใช้ประโยชน์ไม้ไผ่เป็นเครื่องดนตรีชนิดต่างๆ เช่น ซอ ระนาด ขลุ่ย โห่ด อังกะลุง แคน เป็นอาวุธสมัยโบราณ เช่น คันทวน ลูกธนู ลูกดอก กระบอง ตะพด เป็นสมุนไพรรักษาโรคต่างๆ ได้หลายโรค ส่วนประโยชน์ทางอื่นนั้น ในบริเวณป่าไผ่หรือสวนป่าไผ่ ช่วยในการป้องกันความรุนแรงของลมพายุ ป้องกันการชะล้างดิน ทำให้อากาศไม่เย็นหรือร้อนเกินไป และยังเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ต่างๆ จำพวกแมลงและนก (ประเชิญ, 2548)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษากลสมบัติ (Mechanical properties) สกาศสมบัติ หรือสมบัติทางกายภาพ (Physical properties) ของไม้ที่มีค่าทางเศรษฐกิจ เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาการใช้ประโยชน์ไม้ในรูปแบบต่างๆ ต่อไป โดยทำการศึกษาในไม้ 4 ชนิด คือ ไม้ชางนวล (*Dendrocalamus membranaceus* Munro) ไม้รวกดำ (*Thyrsostachys oliveri* Gamble) ไม้มันหมู (*Dendrocalamus copelandii* Gamble ex Brandis) และไม้กิมซุง (*Bambusa beecheyana* Munro)

ไม้ชางนวล มีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในอินเดียจนถึงอินโดจีน ในประเทศไทยพบในป่าเบญจพรรณทั่วทุกภาค ยกเว้นภาคใต้ ไม้ชางนวลเป็นไม้ประเภทเหง้ากอ ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูง 10 – 25 เมตร ลำตรงอยู่รวมกันเป็นกอค่อนข้างแน่น เส้นผ่าศูนย์กลางลำ 5 – 12 เซนติเมตร ปล้องยาว 20 – 40 เซนติเมตร เนื้อลำหนา 0.7 – 1.5 เซนติเมตร ลำอ่อนมีนวลสีขาวปกคลุมหนาแน่น ลำแก่สีเขียวอ่อน ปล้องล่างไม่มีขน แตกกิ่งตลอดลำ โดยข้อล่างของกิ่งมักไม่มีใบ หรือมีน้อย และขนาดเล็กกว่าปกติ มักมีเพียงข้อละกิ่งเดียว กิ่งที่มีขนาดปกติเริ่มจากกิ่งกลางลำขึ้นไป แต่ละข้อมีหลายกิ่ง มีกิ่งกลาง 1 กิ่ง และกิ่งรองเด่น 2 กิ่ง ที่เหลือมีขนาดเล็กไล่เลี่ยกัน ใบรูปใบหอกหรือรูปแถบ กว้าง 1 – 2 เซนติเมตร ยาว 10 – 20 เซนติเมตร กาบหุ้มลำสีส้ม สีเหลืองถึงสีน้ำตาลอมเขียว มีขนสีน้ำตาลเข้มและมีนวลสีขาวปกคลุม บางครั้งกาค่อนข้างเกลี้ยง ใบยอดกาบรูปหอกถึงรูปแถบ สีม่วงแดงถึงสีเขียวอมม่วง พับลง หูกาบเป็นพูเดี่ยวๆพับไปหรือเป็นคลื่นมีขนปกคลุมเป็นแถบสูง 0.5 – 1 เซนติเมตร ขอบจักไม่เป็นระเบียบ ข้อดอกย่อยเทียมยาวประมาณ 1 เซนติเมตร มีกลุม 2 อัน ดอกย่อยสมบูรณ์ 2-3 ดอก ไม่มีโลติคูล เกสรเพศผู้ 6 อัน ก้านเกสรเพศผู้แยกอิสระ ยอดเกสรเพศเมีย 1 อัน (สรารุช และคณะ, 2554) ไม้ชางนวลเป็นไม้ขนาดกลางๆ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง โดยใช้ด้านการก่อสร้าง ทำเยื่อกระดาษ หน่อใช้เป็นอาหารได้

ไม้รวกดำ มีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในเอเชียเขตร้อน ในประเทศไทยพบในป่าผสมผลัดใบในภาคเหนือ เป็นไม้ประเภทเหง้ากอ ขนาดกลาง สูง 10-17 เมตร ลำตรงอัดเป็นกอแน่นมาก กาบหุ้มลำติดคงทนและผุสลายไปขณะยังติดอยู่กับลำ เส้นผ่าศูนย์กลางลำ 4.5-7 เซนติเมตร ปล้องยาว 30-60 เซนติเมตร เนื้อลำหนาหรือตันบริเวณโคนลำ ลำแก่สีเขียวอมเทา แตกกิ่งตั้งแต่กลางลำขึ้นไป ส่วนใหญ่มี 3 กิ่ง บางครั้งมี 5 กิ่ง กิ่งเด่น 1 กิ่งอยู่ตรงกลาง และมีกิ่งรองเด่น 2 กิ่ง กิ่งที่เหลือมีขนาดเล็กไล่เลี่ยกัน ใบรูปใบหอกหรือรูปแถบ กว้าง 1-2 เซนติเมตร ยาว 10-20 เซนติเมตร กาบหุ้มลำสีเขียว สีส้มหรือสีน้ำตาล มีขนสีขาวและนวลสีขาวปกคลุม ใบยอดกาบรูปสามเหลี่ยมถึงรูปใบหอกตั้งตรง ไม่มีหูกาบ ลิ่นกาบเป็นแถบๆ สูง 1-2 มิลลิเมตร ขอบจักฟันเลื่อยถี่ ข้อดอกย่อยเทียมยาว 1-2.5 เซนติเมตร กลุม 2 อัน ดอกย่อยสมบูรณ์ 2-3 ดอก ถัดจากดอกย่อยดอกสุดท้ายเป็นแกนข้อดอกย่อยที่ยืดยาวออกไป แกนข้อดอก ลิ่นและหลุดได้เป็นท่อน ปลายพาลีเยจักซี่ฟันหรือเป็นพู โลติคูล 2-3 อัน เกสรเพศผู้ 6 อัน ก้านเกสรเพศผู้แยกอิสระ อับเรณูสีเหลือง อดเขียวถึงสีเหลือง ยอดเกสรเพศเมีย 3 อัน (สรารุช และคณะ, 2554) ไม้รวกดำ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ด้านการก่อสร้าง ทำเยื่อกระดาษ เครื่องเรือน เครื่องจักสาน และหน่อรับประทานได้

ไผ่มันหมู มีชื่ออื่นๆ คือไผ่หน้ำ มีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในพม่าและไทย ในประเทศไทย มักพบขึ้นตามป่าเขาหินปูนในภาคเหนือและภาคตะวันตก ไผ่มันหมูเป็นไผ่ประเภทเหง้ากอขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูง 15-25 เมตร ลำตรงอัดกันเป็นกอแน่น ปลายน้ำไค้ง เส้นผ่าศูนย์กลางลำ 8-20 เซนติเมตร ปล้องยาว 25-45 เซนติเมตร เนื้อลำหนา 1-2.5 เซนติเมตร ลำอ่อนมีนวลสีขาวปกคลุมหนาแน่น มีกาบหุ้มลำติดอยู่ค่อนข้างนาน ลำแก่สีเขียวอมเทา ปล้องล่างๆไม่มีขนปกคลุม และมักไม่มีรากเป็นวงรอบข้อ แตกกิ่งตั้งแต่กิ่งกลางลำขึ้นไป แต่ละข้อมีหลายกิ่งโดยทั่วไปมีกิ่งกลางเด่น 1 กิ่ง แต่ขนาดไม่ต่างไปจากกิ่งที่เหลือมากนัก ใบรูปหอกแกมรูปไข่ กว้าง 3-6.5 เซนติเมตร ยาว 20-30 เซนติเมตร กาบหุ้มลำติดอยู่กับลำค่อนข้างคงทน สีเขียวอมม่วง สีเขียวอมเหลือง จนถึงสีส้มอมเขียว มีขนสีน้ำตาลทองหรือสีม่วงเข้ม จนถึงสีดำปกคลุมใบยอดกาบเป็นรูปโดมหรือรูปสามเหลี่ยมกว้างๆ สีม่วงเข้มถึงสีม่วงอมเขียว ตั้งตรงถึงพับลงหูกาบเป็นพู่เดี่ยวๆ ขอบเป็นคลื่น เกี้ยง เปราะ ลิ่นกาบลักษณะเป็นแถบเกลี้ยง ขอบจักซี่ฟันจนถึงเกือบเรียบ ข้อดอกย่อยเทียมยาว 2-2.8 เซนติเมตร กลุม 2-9 อัน ดอกย่อยสมบูรณ์ 5-6 ดอก เกสรเพศผู้ 5 อัน ก้านเกสรเพศผู้แยกอิสระ ยอดเกสรเพศเมีย 1 อัน (สรารุช และคณะ, 2554) ไผ่มันหมูเป็นไผ่ขนาดกลางถึงใหญ่ จึงใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างได้ และยังใช้เป็นเครื่องเรือน รางน้ำ หน่อใช้เป็นอาหารได้ รสชาติดี หวานกรอบ

ไผ่กิมซุง มีชื่ออื่นๆ ที่เรียกกันคือ ไผ่ตงส้มแล้ง ไผ่ปีเซย์ เป็นไผ่พื้นเมืองทางใต้ของประเทศไทย นำมาปลูกในประเทศไทยเพื่อผลิตหน่อจนเป็นที่นิยมในเวลาอันรวดเร็ว เป็นไผ่ประเภทเหง้ากอขนาดกลาง สูงถึง 15 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางลำ 7-12 เซนติเมตร ปล้องยาว 25-45 เซนติเมตร เนื้อลำหนา 1.5-2 เซนติเมตร ลำอ่อนมีนวลสีขาวปกคลุม มีวงของขนสีน้ำตาลใต้ข้อ ลำแก่สีเขียวเข้มลักษณะซีกแซ็กเล็กน้อย ข้อล่างๆมักมีรากอากาศ แตกกิ่งตั้งแต่กลางลำขึ้นไป มีข้อละ 3 ถึงหลายกิ่ง มีกิ่งกลางเด่นเพียงกิ่งเดียว หรือมีกิ่งกลางเด่น 1 กิ่ง และมีกิ่งรองอีก 2 กิ่ง กิ่งที่เหลือเล็กกว่า และมีขนาดเท่าๆกัน ใบรูปหอกแกมรูปขอบขนาน กว้าง 1.5-5 เซนติเมตร ยาว 10-30 เซนติเมตร กาบหุ้มลำสีเหลือง หรือสีเหลืองอมเขียว เกี้ยงหรือมีขนกระจายห่างๆ ใบยอดกาบรูปไข่หรือรูปใบหอกแกมขอบขนาน ตั้งตรงถึงกางออก หูกาบเป็นพู่เล็กๆ ไม่เด่นชัด ขอบมีขนเล็กน้อย ลิ่นกาบลักษณะเป็นแถบสูงประมาณ 0.5 - 1 เซนติเมตร ขอบจักซี่ฟัน (สรารุช และคณะ, 2554) ไผ่กิมซุงนำสามารถมาใช้ประโยชน์ได้หลายส่วน ลำใช้ในงานก่อสร้าง หน่อสามารถนำมารับประทานได้ แต่มีรสขม นิยมส่งโรงงานทำเป็นหน่อไม้แปรรูป

คุณสมบัติไม้ แบ่งได้เป็นกลสมบัติ และกายสมบัติ

กลสมบัติไม้ หมายถึง คุณสมบัติของไม้หรือวัตถุใดๆ ที่มีต่อน้ำหนักหรือแรงภายนอก (External force) ที่มากระทำ ความสามารถในการต่อต้านหรือรับรองแรงหรือน้ำหนักมากน้อยต่างกัน เรียกว่า ความแข็งแรง (Strength) ความยากง่ายในการเสียรูป เรียกว่าความดื้อ (Stiffness) ความสามารถรับพลังงานที่ทำให้ไม้เสียกำลังโดยสิ้นเชิงหรือที่ระดับใดๆ เรียกว่าความเหนียว (Toughness) และความต่อต้านต่อการขีดข่วนเจาะไช เรียกว่าความแข็ง (Hardness) ในการทดสอบ

กลสมบัติของไม้ไผ่ จะมีการทดสอบแรงดัดสถิต (Static bending) แรงอัด (Compression) แรงเฉือน (Shearing) และแรงดึง (Tension) การทดสอบแรงดัดสถิต ค่าต่างๆ ที่ได้จากการดัดคือ มอดุลัสแตกร้าว (Modulus of rupture : MOR) เป็นค่าสัมประสิทธิ์ในการหัก หรือแรงประลัยในการดัด ซึ่งเป็นความเค้นที่รับน้ำหนักสูงสุดในการทดสอบแรงดัด ค่านี้ใช้ในการเปรียบเทียบความแข็งแรงของไม้ชนิดต่างๆ ความเค้นที่ขีดจำกัดคิรูป (Stress at proportional limit : r) เป็นค่าความเค้นที่เขตการได้สัดส่วน คือ เป็นความแข็งแรงของวัตถุที่สามารถรับน้ำหนักในระดับนี้ตลอดไป มอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity : MOE) หรือความแข็งแรงดึง เป็นค่าที่บอกความสามารถของไม้ในการต้านทานการเสียรูป (การโก่ง, การแอ่นตัว) ต่อแรงที่กระทำ เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของการยืดหยุ่น และชี้ความดื้อ หรือความแข็งแรงดึงของไม้ แรงอัด ในกรณีการทดสอบไม้ไผ่ เป็นการทดสอบแรงอัดขนานเส้น หรือค่าความเค้นที่เกิดจากการอัดทางปลายไม้ แรงเฉือน เป็นค่าความต้านทานของไม้ ในการทำไม้ชิ้นไม้ส่วนหนึ่ง เคลื่อนออกจากส่วนที่อยู่ติดกัน แรงดึง เป็นค่าความแข็งแรงสูงสุดในการดึงขึ้นไม้ให้ขาดออกจากกัน ในกรณีของการทดสอบไม้ไผ่เป็นการทดสอบแรงดึงขนานเส้น Thaipetch and Sompoh (2004) รายงานว่าไม้ไผ่ 5 ชนิดในประเทศไทย คือ ไม้ตง (*Dendrocalamus asper* Backer) ไม้สีสุก (*Bambusa blumeana* Scultes) ไม้ซาง (*Dendrocalamus strictus* Nees.) ไม้ไร่ (*Gigantochloa albiciliata* Munro.) และไม้เลื้อย (*Bambusa* sp.) มีค่าความแข็งแรงดัดเท่ากับ 84 92 83 117 และ 81 MPa ตามลำดับ ส่วนไม้ซางหม่น (*Dendrocalamus sericeus* Munro) ไม้เลื้อยหวาน (*Bambusa* sp.) ไม้บงใหญ่ (*Dendrocalamus brandisii* Kurz) และไม้หม่าจู (*Dendrocalamus latiflorus* Munro) มีค่าความแข็งแรงดัดในสภาวะแห้งเท่ากับ 96.2 56.3 102 และ 52.2 MPa ตามลำดับ (บุญส่ง และคณะ, 2556)

สกายสมบัติของไม้ หมายถึง คุณสมบัติ (Characteristic) และพฤติกรรมของไม้ต่ออิทธิพลภายนอก นอกเหนือจากแรงต่างๆ (Winandy, 1994) เช่นการยืดหดตัว ปริมาณความชื้น ความแน่น ความถ่วงจำเพาะ คุณสมบัติที่มีต่อความร้อน ไฟ การนำไฟฟ้า ความทนทาน เป็นต้น

วิธีการศึกษา

อุปกรณ์การศึกษาคือ เครื่องทดสอบกำลังไม้ Testometric รุ่น MICO 500 ขนาด 30 ตัน ของงานคุณสมบัติและวิศวกรรมโครงสร้างไม้ กลุ่มงานพัฒนาผลผลิตป่าไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และเครื่องทดสอบ GENIUS OLSEN model AD RECORDER ขนาด 200 ตัน ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตู้อบไม้ เครื่องชั่งดิจิตอล ขนาด 240 กรัม และเวอร์เนียร์ คาลิเปอร์

การเก็บตัวอย่าง

1. ไผ่ชางนวล อายุ 3 ปีขึ้นไป จากสถานีวนวัฒนวิจัยหินลับ ตำบลหนองกุ่ม อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี พิกัดเส้นรุ้ง $14^{\circ} 13'$ เหนือ เส้นแวง $99^{\circ} 27'$ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 90 เมตร

2. ไผ่รวกดำ อายุ 3 ปีขึ้นไป จากสวนป่าเอกชน ตำบลยม อำเภอดำรงวิทยารุจิรา จังหวัดน่าน พิกัดเส้นรุ้ง $19^{\circ} 04'$ เหนือ เส้นแวง $100^{\circ} 54'$ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 320 เมตร

3. ไผ่มันหมู อายุ 3 ปีขึ้นไป จากสวนป่าเอกชน ตำบลท่าขนุน อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี พิกัดเส้นรุ้ง $14^{\circ} 47'$ เหนือ เส้นแวง $98^{\circ} 35'$ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 250 เมตร

4. ไผ่กิมซุง อายุ 3 ปีขึ้นไป จากสวนป่าเอกชน ในตำบลหนองไผ่ อำเภอด่านมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี พิกัดเส้นรุ้ง $13^{\circ} 50'$ เหนือ เส้นแวง $99^{\circ} 25'$ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 60 เมตร

โดยนำตัวอย่างไม้ไผ่ มาเก็บและแปรรูปตัวอย่างที่ศูนย์ส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่าจังหวัดราชบุรี ทั้งในสภาพสดและสภาพแห้ง โดยแปรรูปตัวอย่างให้ได้จำนวนและขนาด เพื่อทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน ISO 22157-2: 2004

การเตรียมตัวอย่างไม้ไผ่

ทำการเตรียมตัวอย่างทั้งในสภาพสดและสภาพแห้ง สำหรับไผ่ชางนวลและไผ่รวกดำ แบ่งการเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบคุณสมบัติต่างๆ เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนโคน (Bottom part : B) และส่วนปลาย (Top part : T) ส่วนไผ่มันหมูและไผ่กิมซุงทำการทดสอบเพียงส่วนเดียว เนื่องจากไผ่ทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวมีจำนวนปล้องในแต่ละลำน้อยเกินไปสำหรับการแบ่งตัวอย่างการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนได้

การทดสอบกลสมบัติไม้

1. การทดสอบแรงดัดสถิต (Static bending strength) ตามมาตรฐาน ISO 22157-2 : 2004 (Bamboo-Determination of Physical and Mechanical Properties) โดยใช้เครื่องทดสอบ GENIUS OLSEN model AD RECORDER ขนาด 200 ตัน เตรียมตัวอย่างไม้ไผ่ให้มีขนาดความยาวไม่น้อยกว่า 30 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง โดยวิธีการทดสอบแบบให้น้ำหนัก 4 จุด (Four point loading) โดยใช้ความเร็วน้ำหนักกดเฉลี่ย 0.254 ซม./นาทึ บันทึกการเสียรูปโดยการอ่าน Dial gauge จะได้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกับการเสียรูป นำไปหาค่าความแข็งแรง ความเค้นที่จำกัดคิ่ณรูป และมอดุลัสยืดหยุ่น

2. การทดสอบแรงเฉือน (Shearing) โดยการเตรียมตัวอย่างทั้งแบบข้อและแบบปล้องให้มีขนาดความยาวของตัวอย่างเท่ากับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง แต่ถ้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ≤ 20 มม. ให้มีขนาดตัวอย่างยาวเป็น 2 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ($l = 2D$) วัดขนาดตัวอย่างแล้วนำมาทดสอบ

กำลังไม้โดยใช้เครื่องทดสอบ Testometric รุ่น MICO 500 ขนาด 30 ตัน จนได้ค่าแรงสูงสุด นำมาหาค่าแรงเฉือน

3. การทดสอบแรงอัด (Compression) เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการทดสอบแรงเฉือน แต่ทดสอบเฉพาะส่วนที่เป็นปล้องเท่านั้น ทดสอบกับเครื่อง Testometric รุ่น MICO 500 ขนาด 30 ตัน จนได้ค่าแรงสูงสุด

4. การทดสอบแรงดึง (Tension) เตรียมตัวอย่างโดยใช้ด้านที่รับแรงดึงติดกับข้อ ขนาดกว้าง 10–20 มม. ยาว 50–100 มม. นำมาทดสอบกับเครื่องทดสอบ GENIUS OLSEN model AB RECORDER ขนาด 200 ตัน จับปลายทั้งสองด้านของตัวอย่าง อ่านค่าแรงสูงสุดที่ทำให้ตัวอย่างขาดจากกัน นำมาหาค่าแรงดึง

การทดสอบกายสมบัติของไม้

1. การหดตัว (Shrinkage) และปริมาณความชื้น (Moisture content) โดยการเตรียมตัวอย่างในส่วนของปล้องที่สมบูรณ์ปราศจากตำหนิ ทำการชั่งน้ำหนัก วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก (Outer diameter) 4 จุด ความหนา (Wall thickness) 4 จุด ความยาว (Length) 2 จุด และทำการคำนวณหาปริมาตรในแต่ละชิ้น โดยทำการชั่งและวัดในสถานที่และเวลาเดียวกันเรื่อยๆ จนกว่าตัวอย่างจะแห้งลงตามสภาพอากาศภายนอก หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปอบในตู้อบไม้ที่อุณหภูมิ $103 \pm 2^\circ\text{C}$ จนอยู่ในสภาพแห้ง ทำการชั่งน้ำหนัก วัดขนาดต่างๆ อีกครั้ง นำไปทำการหาค่าการหดตัวและปริมาณความชื้น

2. ค่าความชื้นที่จุดหมาด (Fiber saturation point) หาได้จากการพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น กับการหดตัวด้านความหนา (ดัดแปลงจาก พงศ์และคณะ, 2517)

3. ความแน่น (Density) หรือ มวลต่อปริมาตร (Mass by volume) หาได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับปริมาตร

4. ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) หาได้จากอัตราส่วนระหว่างความแน่นของชิ้นตัวอย่างต่อความแน่นของน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 4°C

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาคุณสมบัติและลักษณะโครงสร้างไม้ไม้จำนวน 4 ชนิด คือ ไม้ยางหม่น ไม้เลียงหวาน ไม้บงใหญ่ และไม้หมาจู ได้ผลการศึกษา ดังนี้ (Table 1–3) และ Figure 1)

ไม้ยางหม่น

ผลการศึกษาคุณสมบัติ (Table 1–2)

1. โมดูลัสแตกร้าว ตัวอย่างไฟจากส่วนโคน และส่วนปลาย มีค่าโมดูลัสแตกร้าวในสภาวะแห้ง เท่ากับ 152 และ 189 MPa หรือ 1,548 และ 1,923 กก/ซม² ตามลำดับ ส่วนค่าโมดูลัสแตกร้าว ในสภาวะเปียกในส่วนโคน และส่วนปลาย เท่ากับ 129 และ 171 MPa หรือ 1,315 และ 1,748 กก/ซม² ตามลำดับ ซึ่งถ้าเทียบกับการแบ่งประเภทไม้เนื้อแข็งของกรมป่าไม้ (ณรงค์ และคณะ, 2528) แล้ว ไฟชางนวลจัดอยู่ในกลุ่มไม้เนื้อแข็ง คือ มีค่าความแข็งแรงมากกว่า 100 MPa หรือ 1,000 กก/ซม²

2. ความเค้นที่ขีดจำกัดคั้นรูป ในสภาวะแห้งของไฟชางนวลส่วนโคน และส่วนปลาย มีค่า เท่ากับ 54.4 และ 91.6 MPa หรือ 555 และ 934 กก/ซม² ตามลำดับ ส่วนในสภาวะเปียกส่วนโคน และ ส่วนปลาย มีค่าเท่ากับ 43.6 และ 65.5 MPa หรือ 444 และ 668 กก/ซม² ตามลำดับ อัตราส่วนของ ความเค้นที่ขีดจำกัดคั้นรูปกับค่าโมดูลัสแตกร้าว (r/MOR) ประมาณ 35–40% จะเห็นว่าไฟชางหม่น มีช่วงการยืดหยุ่น (Elastic range) ค่อนข้างต่ำ

3. โมดูลัสยืดหยุ่น ในสภาวะแห้งของไฟชางนวล ที่ส่วนโคน และส่วนปลาย มีค่าเท่ากับ 29,200 และ 65,000 MPa หรือ 297,900 และ 662,300 กก/ซม² ตามลำดับ ส่วนค่าดัดงอของ ไฟชางนวลส่วนโคน และส่วนปลายในสภาวะเปียกเท่ากับ 24,600 และ 40,900 เมกะปาสคาล หรือ 250,700 และ 417,300 กก/ซม² ตามลำดับ อัตราส่วนระหว่างค่าโมดูลัสยืดหยุ่นกับค่าโมดูลัส แตกร้าว (MOE/MOR) ของไม้ทั่วไปจะมีค่าประมาณ 100 ซึ่งค่าดัดงอของไฟชางนวลส่วนล่างมีค่าประมาณ 200 ส่วนไฟชางนวลส่วนปลาย มีค่าดัดงอประมาณ 250–350 ซึ่งถือว่ามีค่าสูงมาก แสดงให้เห็นว่า ไฟชางนวลมีความแข็งแรง หรือความต้านทานในการเสียรูปที่สูง

4. แรงเฉือน ในส่วนที่ติดข้อ (Node) นั้น ไฟชางนวลส่วนโคน และส่วนปลายในสภาวะแห้ง มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 12.4 และ 15.1 MPa หรือ 126 และ 154 กก/ซม² ตามลำดับ ส่วนในสภาวะเปียกมี ค่าแรงเฉือนเท่ากับ 7.18 และ 8.29 MPa หรือ 73.2 และ 84.5 กก/ซม² ตามลำดับ ส่วนไฟชางนวลในส่วน ที่เป็นปล้อง (Internode) มีค่าแรงเฉือนในสภาวะแห้งส่วนโคน และส่วนปลายเท่ากับ 14.6 และ 14.9 MPa หรือ 149 และ 152 กก/ซม² ตามลำดับ ส่วนในสภาวะเปียกมีค่าแรงเฉือนส่วนโคน และส่วนปลายเท่ากับ 7.65 และ 8.80 MPa หรือ 78.0 และ 89.7 กก/ซม² ตามลำดับ

5. แรงอัด โดยในส่วนของปล้องในสภาวะแห้ง ไฟชางนวลมีค่าแรงอัดที่ส่วนโคน และส่วนปลาย เท่ากับ 57.7 และ 62.7 MPa หรือ 588 และ 639 กก/ซม² ตามลำดับ ส่วนในสภาวะเปียก มีค่าแรงอัด ในส่วนโคน และส่วนปลายเท่ากับ 48.5 และ 55.5 MPa หรือ 495 และ 566 กก/ซม² ตามลำดับ เป็นที่ น่าสังเกตว่า ค่าแรงอัดจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากส่วนโคนขึ้นมาส่วส่วนปลาย

6. แรงดึง โดยทำการศึกษาในส่วนของข้อ ค่าแรงดึงในสภาวะแห้งของไฟชางนวลในส่วนโคน และส่วนปลายเท่ากับ 261 และ 244 MPa หรือ 2,660 และ 2,486 กก/ซม² ตามลำดับ ในสภาวะเปียก มีค่าแรงดึงเท่ากับ 191 และ 194 MPa หรือ 1,947 และ 1,980 กก/ซม² ตามลำดับ ค่าแรงดึงมักจะมีค่า ใกล้เคียงหรือสูงกว่าค่าแรงดัด (โมดูลัสแตกร้าว) การทดสอบแรงดึงในไม้ไฟจะทดสอบในส่วนข้อของ ข้อเท่านั้น เนื่องจากในส่วนปล้องจะมีค่าแรงดึงที่สูงมาก และการทดสอบอาจล้มเหลวได้

ผลการศึกษาค่าสลายสมบัติ (Table 3)

1. การหดตัว ไผ่ชางนวลส่วนโคน และส่วนปลาย มีการหดตัวจากสภาวะสดจนถึงสภาวะอบแห้งในด้านต่างๆ ตามลำดับ ดังนี้ การหดตัวด้านความหนาเท่ากับ 7.83 และ 4.36% การหดตัวด้านความยาวเท่ากับ 0.04% และ 0.05% การหดตัวด้านเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 8.78 และ 5.64% และการหดตัวด้านปริมาตรเท่ากับ 13.98% และ 9.57% เป็นที่น่าสังเกตว่า ส่วนโคนของลำไผ่ชางนวล มีการหดตัวด้านต่างๆ มากกว่าส่วนปลาย ยกเว้นด้านความยาว

2. ความถ่วงจำเพาะ ไผ่ชางนวลส่วนโคน และส่วนปลาย มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.727 และ 0.796 ตามลำดับ ไผ่ชางนวลมีค่าความถ่วงจำเพาะปานกลาง และค่าดังกล่าวมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยจากส่วนโคนสู่ส่วนปลาย

3. ความแน่นในสภาวะแห้ง ของไผ่ชางนวลส่วนโคน และส่วนปลาย เท่ากับ 788 และ 852 กก/ม³ ตามลำดับ

4. ความชื้นที่จุดหมาด ในไผ่ชางนวลมีค่าดังกล่าวเท่ากับ 35% และ 28% ในส่วนโคน และส่วนปลาย ตามลำดับ

5. ขนาดต่างๆของลำไผ่ ไผ่ชางนวลมีขนาดต่างๆของลำในส่วนโคน และส่วนปลาย ตามลำดับ ดังนี้ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำภายนอกเท่ากับ 80.6 และ 66.5 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางลำภายในเท่ากับ 60.4 และ 55.1 มม. และความหนาของลำเท่ากับ 10.1 และ 5.71 มม. ไผ่ชางนวลจัดเป็นไผ่ขนาดกลาง

ไผ่รวกดำ

ผลการศึกษาค่ากลสมบัติ (Table 1-2)

1. มอดุลัสแตกร้าว ในส่วนโคน และส่วนปลายของลำไผ่รวกดำ มีค่ามอดุลัสแตกร้าวในสภาวะแห้งเท่ากับ 135 และ 159 MPa หรือ 1,373 และ 1,618 กก/ซม² ตามลำดับ ส่วนในสภาวะเปียกไผ่รวกดำส่วนโคน และส่วนปลายมีค่าดังกล่าวเท่ากับ 140 และ 148 MPa หรือ 1,433 และ 1,514 กก/ซม² ตามลำดับ ไผ่รวกดำมีค่าความแข็งแรงเทียบเท่าไม้เนื้อแข็งตามมาตรฐานกรมป่าไม้ นั่นคือมีค่าความแข็งแรงตั้งแต่ 100 MPa หรือ 1,000 กก/ซม² ขึ้นไป (สุชาติ และคณะ, 2547)

2. ความเค้นที่ขีดจำกัดคั้นรูป ไผ่รวกดำส่วนโคน และส่วนปลายมีค่าความเค้นที่ขีดจำกัดคั้นรูปในสภาวะแห้งเท่ากับ 61.9 และ 93.6 MPa หรือ 632 และ 958 กก/ซม² ตามลำดับ ขณะที่ค่าดังกล่าวที่ส่วนโคน และส่วนปลายในสภาวะเปียกเท่ากับ 51.2 และ 79.1 MPa หรือ 523 และ 807 กก/ซม² ตามลำดับ ค่านี้เมื่อเทียบกับค่ามอดุลัสแตกร้าวแล้ว พบว่ามีค่าประมาณ 35-60% ไผ่รวกดำจึงมีช่วงการยืดหยุ่นปานกลาง

3. มอดุลัสยืดหยุ่น ไผ่รวกดำในสภาวะแห้งส่วนโคนและส่วนปลายมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 31,400 และ 58,000 MPa หรือ 320,600 และ 591,100 กก/ซม² ตามลำดับ และในสภาพเปียกมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่ส่วนโคน และส่วนปลายเท่ากับ 38,600 และ 61,500 MPa หรือ 393,900 และ

627,100 กก/ชม² ตามลำดับ อัตราส่วนระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่นกับค่ามอดุลัสแตกร้าว (MOE/MOR) ของไผ่รวกดำ มีค่าประมาณ 250–400 ซึ่งถือว่ามีความสูงมาก ไผ่รวกดำจึงมีความแข็งแรงหรือความดื้อที่สูง

4. แรงเฉือน ไผ่รวกดำบริเวณข้อในสภาพแห้ง มีค่าแรงเฉือนของลำเฉลี่ย 7.90 และ 9.58 MPa หรือ 80.6 และ 97.7 กก/ชม² ในส่วนโคน และส่วนปลาย ตามลำดับ ส่วนในสภาวะเปียก มีค่าแรงเฉือนเฉลี่ย 6.57 และ 8.71 MPa หรือ 67.0 และ 88.8 กก/ชม² ตามลำดับ ส่วนในบริเวณปล้อง ไผ่รวกดำมีค่าแรงเฉือนในส่วนโคน และส่วนปลายที่สภาวะแห้งแล้วเฉลี่ย 9.29 และ 8.73 MPa หรือ 94.7 และ 89.0 กก/ชม² ตามลำดับ และในสภาวะเปียกมีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 7.61 และ 7.66 MPa หรือ 77.6 และ 78.1 กก/ชม² ตามลำดับ ค่าแรงเฉือนของไผ่รวกดำในส่วนของปล้อง มีค่าที่สูงกว่าส่วนของข้อ

5. แรงอัด ไผ่รวกดำในสภาวะแห้งมีค่าแรงอัดส่วนโคน และส่วนปลายของลำ เฉลี่ย 63.3 และ 70.5 MPa หรือ 646 และ 719 กก/ชม² ตามลำดับ ในสภาวะเปียกมีค่าดังกล่าวเท่ากับ 49.5 และ 56.2 MPa หรือ 505 และ 573 กก/ชม² ตามลำดับ ค่าแรงอัดของไผ่รวกดำส่วนโคนจะมีค่าต่ำกว่าส่วนปลายเล็กน้อย

6. แรงดึง ในส่วนโคน และส่วนปลายในสภาวะแห้ง ไผ่รวกดำมีค่าแรงดึงเฉลี่ย 150 และ 213 MPa หรือ 1,531 และ 2,175 กก/ชม² ตามลำดับ ส่วนในสภาวะเปียก ไผ่รวกดำมีค่าแรงดึงดังกล่าวเฉลี่ย 116 และ 125 MPa หรือ 1,185 และ 1,273 กก/ชม² ตามลำดับ

ผลการศึกษาค่าสกายสมบัติ (Table 3)

1. การหดตัว ไผ่รวกดำที่ส่วนโคน และส่วนปลายของลำ มีค่าการหดตัวในด้านต่างๆ จากสภาวะสดจนถึงสภาวะอบแห้งตามลำดับคือ การหดตัวด้านความหนาของลำเฉลี่ย 2.66% และ 2.88% การหดตัวด้านความยาวเฉลี่ย 0.06% และ 0.18% การหดตัวด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 5.94% และ 5.06% ส่วนการหดตัวด้านปริมาตรเท่ากับ 9.22% และ 8.30% ตามลำดับ การหดตัวด้านต่างๆ ของไผ่รวกดำส่วนล่างจะสูงกว่าส่วนบน

2. ความถ่วงจำเพาะ ไผ่รวกดำที่ส่วนโคน และส่วนปลาย มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 0.768 และ 0.784 ตามลำดับ

3. ความแน่น ในสภาวะแห้ง ไผ่รวกดำส่วนโคน และส่วนปลาย มีค่าความแน่นเท่ากับ 832 และ 837 กก/ม³ ตามลำดับ ไผ่รวกดำเป็นไผ่ที่มีน้ำหนักค่อนข้างมาก

4. ความชื้นที่จุดหมาดของไผ่รวกดำเฉลี่ยส่วนโคนและส่วนปลายเท่ากับ 31 และ 27% ตามลำดับ

5. ขนาดต่างๆของลำไผ่ ไผ่รวกดำมีขนาดต่างๆ ในส่วนโคน และส่วนปลายเรียงตามลำดับคือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกเฉลี่ย 58.0 และ 51.6 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางภายในลำเฉลี่ย 29.8 และ 37.2 มม. ส่วนขนาดความหนาของลำไผ่เฉลี่ยเท่ากับ 14.1 และ 7.39 มม. ไผ่รวกดำมีขนาดของลำขนาดใหญ่ปานกลาง

ไผ่มันหมู

ผลการศึกษากลสมบัติ (Table 1-2)

1. มอดุลัสแตกร้าว ไผ่มันหมูมีค่ามอดุลัสแตกร้าวในสภาวะแห้งและเปียกเท่ากับ 95.0 และ 94.4 MPa หรือ 969 และ 963 กก/ซม² ตามลำดับ จะเห็นว่าไผ่มันหมูมีค่ามอดุลัสแตกร้าวซึ่งเป็นค่าความแข็งแรงระหว่าง 60-100 MPa หรือ 600-1,000 กก/ซม² ซึ่งอยู่ในกลุ่มไม้ที่มีความแข็งแรงปานกลางมาตรฐานกรมป่าไม้ (สุชาติ และคณะ. 2547)

2. ความเค้นที่ขีดจำกัดคั้นรูป ไผ่มันหมูมีค่าดังกล่าวในสภาวะแห้งและเปียกเท่ากัน คือ 43.3 MPa หรือ 442 กก/ซม² เมื่อเทียบกับค่ามอดุลัสแตกร้าวแล้ว มีค่าประมาณ 45% จึงถือว่ามีช่วงการยืดหยุ่นปานกลาง

3. มอดุลัสยืดหยุ่น ในสภาวะแห้งและเปียก ไผ่มันหมูมีค่าดังกล่าวเท่ากับ 21,700 และ 21,300 MPa หรือ 221,800 และ 217,600 กก/ซม² ตามลำดับ ค่า MOE/MOR ประมาณ 200-250 จึงถือว่า ไผ่มันหมูมีค่าความดื้อหรือความแข็งแรงที่สูง เมื่อเทียบกับไม้ทั่วไป

4. แรงเฉือน ไผ่มันหมูในส่วนที่ติดข้อ มีค่าแรงเฉือนในสภาวะแห้งและเปียกเท่ากับ 9.52 และ 9.07 MPa หรือ 97.1 และ 92.5 กก/ซม² และส่วนที่เป็นปล้อง มีค่าแรงเฉือนในสภาวะดังกล่าวเท่ากับ 9.71 และ 8.98 MPa หรือ 99.0 และ 91.5 กก/ซม² ตามลำดับ ค่าแรงเฉือนของไผ่มันหมูส่วนติดข้อและส่วนที่เป็นปล้องมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

5. แรงอัด ในสภาวะแห้งและเปียก ไผ่มันหมูมีค่าดังกล่าวเท่ากับ 54.0 และ 47.8 MPa หรือ 551 และ 487 กก/ซม² ตามลำดับ

6. แรงดึง ของไผ่มันหมูในสภาวะแห้งและสภาวะเปียก มีค่าแรงดึงเฉลี่ย 121 และ 87.5 MPa หรือ 1,235 และ 892 กก/ซม² ตามลำดับ

ผลการศึกษากายสมบัติ (Table 3)

1. การหดตัว ไผ่มันหมูมีการหดตัวในสภาวะสดจนถึงสภาวะอบแห้ง ในด้านความหนา ความยาว เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก และด้านปริมาตรเท่ากับ 6.09% 0.11% 4.48% และ 10.26% ตามลำดับ จะเห็นว่าไผ่มันหมูมีการหดตัวทุกด้านค่อนข้างสูง

2. ความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 0.784 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

3. ความแน่น ในสภาวะแห้งเท่ากับ 834 กก/ม³

4. ความชื้นที่จุดหมาด มีค่าประมาณ 26%

5. ขนาดต่างๆของลำไผ่ ไผ่เลี้ยงหวานมีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก เส้นผ่าศูนย์กลางภายในลำ และความหนาของลำเฉลี่ยเท่ากับ 73.5 61.1 และ 6.18 มม. ตามลำดับ ไผ่มันหมูเป็นไผ่ที่มีขนาดของลำขนาดใหญ่ปานกลาง

ไผ่กิมซุง

ผลการศึกษาค่ากลสมบัติ (Table 1-2)

1. มอดุลัสแตกร้าว ไผ่กิมซุงมีค่ามอดุลัสแตกร้าวในสภาวะแห้งและเปียกเฉลี่ยเท่ากับ 120 และ 102 MPa หรือ 1,219 และ 1,045 กก/ซม² ตามลำดับ จากตัวเลขดังกล่าว เห็นได้ว่าไผ่กิมซุงเป็นไผ่ที่มีความแข็งแรงในเกณฑ์สูง

2. ความเค้นที่ขีดจำกัดคั้นรูป ไผ่กิมซุงมีค่าความเค้นที่ขีดจำกัดคั้นรูปในสภาวะแห้งและสภาวะเปียกเฉลี่ยเท่ากับ 63.5 และ 54.0 MPa หรือ 647 และ 550 กก/ซม² ตามลำดับ เมื่อเทียบค่าความเค้นที่ขีดจำกัดคั้นรูปกับค่ามอดุลัสแตกร้าวของไผ่กิมซุงแล้ว มีค่าประมาณ 50% ถือว่ามีช่วงการยืดหยุ่นปานกลาง

3. มอดุลัสยืดหยุ่น ไผ่กิมซุงมีค่าดังกล่าว ในสภาวะแห้งและเปียกเท่ากับ 61,000 และ 38,100 MPa หรือ 622,200 และ 389,000 กก/ซม² ตามลำดับ ไผ่กิมซุงมีค่าความตื้อหรือความแข็งแรงที่สูงมาก

4. แรงเฉือน ไผ่กิมซุงมีค่าแรงเฉือนบริเวณข้อในสภาวะแห้งและเปียกเท่ากับ 13.7 และ 6.55 MPa หรือ 139 และ 67.0 กก/ซม² ตามลำดับ ส่วนบริเวณปล้องมีค่าดังกล่าวตามลำดับ คือ 14.8 และ 9.83 MPa หรือ 151 และ 100 กก/ซม²

5. แรงอัด ไผ่กิมซุงในสภาวะแห้งและเปียกมีค่าแรงอัดเฉลี่ย 54.4 และ 35.8 MPa หรือ 554 และ 365 กก/ซม² ตามลำดับ ค่าแรงอัดของไผ่กิมซุงมีค่าใกล้เคียงกับไผ่มันหมู แต่ต่ำกว่าไผ่ชางนวลและไผ่รวกดำ

6. แรงดึง ค่าแรงดึงของไผ่กิมซุงในสภาวะแห้งและเปียก มีค่าเฉลี่ย 135 และ 71.7 MPa หรือ 1,376 และ 751 กก/ซม² ตามลำดับ

ผลการศึกษาค่าสกายสมบัติ (Table 3)

1. การหดตัว ไผ่กิมซุงมีอัตราการหดตัวจากสภาวะสดสู่สภาวะอบแห้ง ในด้านต่างๆ คือ ด้านความหนา ความยาว เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก และด้านปริมาตร เท่ากับ 5.50 0.10 3.99 และ 9.03% ตามลำดับ

2. ความถ่วงจำเพาะของไผ่กิมซุงเท่ากับ 0.651

3. ความแน่นในสภาวะแห้งของไผ่กิมซุงเท่ากับ 744 กก/ม³ ไผ่กิมซุงจัดเป็นไผ่ที่มีน้ำหนักปานกลาง แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า ความแน่นของไผ่กิมซุง ต่ำกว่าไผ่อีก 3 ชนิดที่ทำการทดสอบเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากการที่เกษตรกรผู้ปลูกไผ่กิมซุง มีวัตถุประสงค์เพื่อการบริโภคหน่อไม้ จึงทำการบำรุงรักษาไผ่ที่ปลูกไว้เป็นอย่างดี ลำไผ่จึงมีการเจริญเติบโตรวดเร็ว ความแน่นจึงต่ำ

4. ความชื้นที่จุดหมาดของไผ่กิมซุง มีค่าประมาณ 31%

5. ขนาดต่างๆของลำไผ่ ไผ่กิมซุงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน และความหนาของลำเฉลี่ยเท่ากับ 69.9 43.2 และ 13.3 มม. ตามลำดับ ไผ่กิมซุงเป็นไผ่ที่มีขนาดโตปานกลาง

วิจารณ์ผล

จากค่าความแข็งแรง ซึ่งในที่นี้หมายถึงค่ามอดุลัสแตกร้าวของไผ่ที่ทำการศึกษา ทั้ง 4 ชนิด เมื่อดูจากความแข็งแรงในสภาวะแห้งเทียบกับมาตรฐานไม้เนื้อแข็งของกรมป่าไม้พบว่า ไผ่ชางนวล ไผ่รวกดำ และไผ่กิมซุงเทียบเท่ากับกลุ่มไม้เนื้อแข็ง ส่วนไผ่มันหมูเทียบเท่ากับกลุ่มไม้เนื้อแข็งปานกลาง ค่าความเค้นที่ขีดจำกัดคั้นรูปของไม้ไผ่ที่ทำการศึกษา เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามอดุลัสแตกร้าว สำหรับไผ่ชางนวลเฉลี่ยประมาณ 35-40% ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ต่ำ แสดงว่าไผ่ชางนวลมีช่วงการยืดหยุ่นที่สั้น ทำให้ช่วงการอ่อนตัวที่ยาว อันเป็นลักษณะของไม้ที่มีความเหนียว ส่วนไผ่อีก 3 ชนิด คือไผ่รวกดำ ไผ่มันหมู และไผ่กิมซุง มีค่าดังกล่าวปานกลาง คือประมาณ 40-60% อัตราส่วนระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่อค่ามอดุลัสแตกร้าวของไม้โดยทั่วไป จะมีค่าประมาณ 100 แต่จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ไผ่ที่ทำการทดสอบทั้ง 4 ชนิด มีค่าดังกล่าว 200-500 ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก อาจเนื่องมาจากการที่ไผ่มีลักษณะโครงสร้างเป็นไฟเบอร์ยาวมากๆ และในการทดสอบความแข็งแรงของไม้ไผ่ จะทำการทดสอบลงบนส่วนของข้อ จึงทำให้ค่าความดื้อ หรือมอดุลัสยืดหยุ่นสูงตามไปด้วย ค่าแรงเฉือนที่ได้จากการทดสอบครั้งนี้ พบว่า ไผ่ทั้ง 4 ชนิด ค่าแรงเฉือนตรงข้อจะมีค่าใกล้เคียงกับแรงเฉือนตรงปล้อง ส่วนค่าแรงอัดนั้น ไผ่ทั้ง 4 ชนิด มีค่าอัดที่ใกล้เคียงกัน ส่วนค่าแรงดึงนั้น จากตัวเลขที่ได้จะเห็นว่า ไผ่ชางนวลและไผ่รวกดำสามารถรับแรงดึงไม่ได้สูงกว่าไผ่มันหมูและไผ่กิมซุงอย่างเห็นได้ชัด

การหัตถ์ด้านต่างๆ ของไผ่นั้นพบว่า การหัตถ์ด้านความยาวของไผ่แต่ละชนิดจะมีค่าต่ำมาก การหัตถ์ด้านความหนาลำมีค่าใกล้เคียงกับการหัตถ์ด้านเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก การหัตถ์ด้านต่างๆ จะมีผลต่อการหัตถ์ด้านปริมาตรด้วย ไผ่ทั้ง 4 ชนิด จะมีค่าการหัตถ์ที่ใกล้เคียงกัน ค่าความถ่วงจำเพาะและความแน่นของไผ่ที่ทำการทดสอบนั้น จะเห็นว่าไผ่ชางนวล ไผ่รวกดำ และไผ่มันหมู จะมีค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่าไผ่กิมซุง ทำให้มีความแน่นสูงกว่าด้วย เนื่องจากไผ่กิมซุงเป็นไผ่ที่ปลูกเพื่อรับประทานหน่อเป็นหลัก ทำให้ได้รับการเอาใจใส่จากเกษตรกรผู้ปลูกมาก จึงมีการเจริญเติบโตเร็วกว่าไผ่ชนิดอื่นๆ จึงทำให้มีค่าความแน่นและค่าความถ่วงจำเพาะต่ำ ในขณะที่ความหนาแน่นที่จุดหมาดของไผ่ทั้ง 4 ชนิด มีค่าระหว่าง 27-35% สูงกว่าไม้ทั่วไปเล็กน้อย

Table 1 The mechanical properties of some bamboo species (SI unit)

Species	Part	Modulus of rupture (MOR)		Stress at proportional limit (MPa)		Modulus of elasticity (MOE)		Shearing (MPa)				Compression (MPa)		Tension (MPa)	
		(MPa)				(x100 MPa)		Node		Internode		Internode		Node	
		Green	Air dry	Green	Air dry	Green	Air dry	Green	Air dry	Green	Air dry	Green	Air dry	Green	Air dry
<i>Dendrocalamus sericeus</i> Munro	Bottom	129.0	152.0	43.6	54.4	246.0	7.2	7.2	12.4	7.7	14.6	48.5	57.7	191.0	261.0
	Top	171.0	189.0	65.5	91.6	409.0	8.3	8.3	15.1	8.8	14.9	55.5	62.7	194.0	244.0
<i>Bambusa sp</i>	Bottom	140.0	135.0	51.2	61.9	386.0	6.6	6.6	7.9	7.6	9.3	49.5	63.3	116.0	150.0
	Top	148.0	159.0	79.1	93.6	615.0	8.7	8.7	9.6	7.7	8.7	56.2	70.5	125.0	213.0
<i>Dendrocalamus brandisii</i> Kurz	All	94.4	95.0	43.3	43.3	213.0	9.1	9.1	9.5	9.0	9.7	47.8	54.0	87.5	121.0
<i>Dendrocalamus latiflorus</i> Munro	All	102.0	120.0	54.0	63.5	381.0	6.6	6.6	13.7	9.8	14.8	35.8	54.4	73.7	135.0

Table 2 The mechanical properties of some bamboo species (Metric units)

Species	Part	Modulus of rupture (MOR)		Stress at proportional limit (MPa)		Modulus of elasticity (MOE)		Shearing (MPa)				Compression (MPa)		Tension (MPa)	
		(MPa)		(MPa)		(x100 MPa)		Node		Internode		Internode		Node	
		Green	Air dry	Green	Air dry	Green	Air dry	Green	Air dry	Green	Air dry	Green	Air dry	Green	Air dry
<i>Dendrocalamus sericeus</i> Munro	Bottom	1315	1548	444	555	2507	2979	73.2	126	78.0	149	495	588	1947	2660
	Top	1748	1923	668	934	4173	6623	84.5	154	89.7	152	566	639	1980	2486
<i>Bambusa sp</i>	Bottom	1433	1373	523	632	3939	3206	67.0	80.6	77.66	94.7	505	646	1185	15311
	Top	1514	1618	807	958	6271	5911	88.8	97.7	78.1	89.0	573	719	1273	2175
<i>Dendrocalamus brandisii</i> Kurz	All	963	969	442	442	2176	2218	92.5	97.1	91.5	99.0	487	551	892	1235
<i>Dendrocalamus latiflorus</i> Munro	All	1045	1219	550	647	3890	6222	67.0	139	100	151	365	554	751	1376

Table 3 The physical properties of some bamboo species

Species	Part	Shrinkage (%)				Specific gravity	Density (kg/m ³)	FSP (%)	Outer diameter (mm.)	Inner diameter (mm.)	Thickness (mm.)
		Thickness	Length	Diameter	Volume						
<i>Dendrocalamus sericeus</i> Munro	Bottom	7.83	0.04	8.78	13.98	0.727	788	35	80.6	60.4	10.1
	Top	4.36	0.05	5.64	9.57	0.796	852	28	66.5	55.1	5.71
<i>Bambusa sp</i>	Bottom	2.66	0.06	5.94	9.22	0.768	832	31	58.0	29.8	14.1
	Top	2.88	0.18	5.06	8.30	0.784	837	27	51.6	37.2	7.39
<i>Dendrocalamus brandisii</i> Kurz	All	6.09	0.11	4.48	10.26	0.784	834	26	73.5	61.1	6.18
<i>Dendrocalamus latiflorus</i> Munro	All	5.50	0.11	3.99	9.03	0.651	744	31	69.9	43.2	13.3

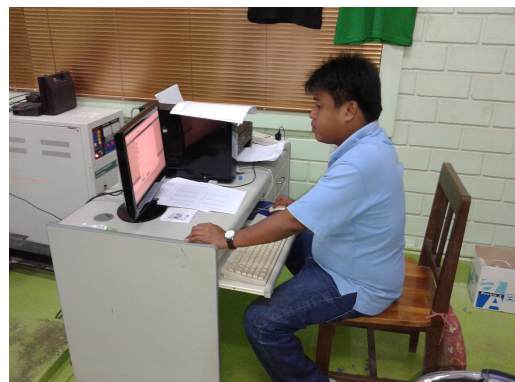


Figure 1 The conductions under the project.

สรุปผล

จากผลการทดสอบคุณสมบัติของไฟทั้ง 4 ชนิด พบว่า ไฟมีค่าความแข็งแรง (มอดุลัสแตกร้าว) อยู่ในระดับเดียวกันกับไม้ทั่วไป แต่มีค่าความแข็งแรงตึง (มอดุลัสยืดหยุ่น) ที่สูงกว่า ไฟจึงเป็นไม้ที่มีความดี ทำให้ต้านทานการเสียรูปสูง สำหรับการรับแรงเฉือนและแรงอัดของไม้ไฟดังกล่าว มีค่าใกล้เคียงกับไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้อแข็งปานกลางทั่วไป ส่วนการรับแรงดึง ไฟขางนวลและไฟรวกดำมีการรับแรงดึงที่สูง จึงน่าจะนำมาใช้งานรับแรงดึงได้ดี การหดตัวของไฟมีค่าใกล้เคียงกับไม้ทั่วไป และไฟมักมีน้ำหนักเบา สรุปแล้วสามารถนำไฟไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างชั่วคราวได้ เนื่องจากมีความแข็งแรงใกล้เคียงไม้ทั่วไป เมื่อนำไปอาบน้ำยากก็สามารถยืดอายุการใช้งานได้ยาวนานขึ้น ไฟมีข้อได้เปรียบคือหาได้ง่าย ราคาถูก ประหยัด แปรรูปร่าง แต่มีข้อเสียเปรียบคือ ไฟมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เท่ากันตลอดทั้งลำ ทำให้การใช้งานไฟทั้งลำนั้นไม่สามารถกำหนดขนาดไม้ให้ได้ตามความต้องการได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำการวิจัย ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อนุเคราะห์ให้ใช้ห้องปฏิบัติการในการทดสอบตัดสถิติของไม้ไฟ ศูนย์ส่งเสริมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่าจังหวัดราชบุรี ที่ช่วยในการแปรรูปตัวอย่างไม้ เกษตรกรผู้ปลูกในท้องถิ่นที่เก็บตัวอย่างไม้ และขอขอบคุณกรมป่าไม้ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- ณรงค์ โทณานนท์, ศิริ เจือวิจิตรจันทร์, สุชาติ ไทยเพ็ชร และศักดิ์พิชิต จุลฤกษ์. 2528. ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย. กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้. 176 หน้า.
- บุญส่ง สมเพาะ, อนงค์ณี เรือนทิพย์, บางรักษ์ เชษฐสิงห์, เซาวลิตร วงศ์ศรีแก้ว, ภัทรสินี วงศ์ศรีแก้ว, เทพประสิทธิ์ เทียวประสงค์ และวรศิลป์ แ้วสกุลทอง. 2556. คุณสมบัติและลักษณะโครงสร้างไม้ไฟบางชนิด. สำนักวิจัยและพัฒนาป่าไม้ กรมป่าไม้. 26 หน้า.
- ประเชิญ สร้อยทองคำ. 2548. แนวทางการจัดการและการใช้ประโยชน์ไม้ไฟ. สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้. 121 หน้า.
- รุ่งนภา พัฒนวิบูลย์, ประเสริฐ สอนสถาพรกุล, ภูสิน เกตมานนท์ และสุทัศน์ เล้าสกุล. 2545. การปลูกสร้างและบำรุงรักษาสวนป่า. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

- พงศ์ โสโน, สงคราม ตระกูลพิทย และ ศิริ เจือวิจิตรจันทร์. 2517. ปริมาณความชื้น การหดตัว ความถ่วงจำเพาะ และช่องว่างในไม้ไทย. กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- สราวุธ สังข์แก้ว, อัจฉรา ตีระวัฒนานนท์ และ กิตติศักดิ์ จินดาวงศ์. 2554. ไม้ในเมืองไทย. ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านไม้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์., กรุงเทพฯ. 263 หน้า.
- สุชาติ ไทยเพ็ชร, เกรียงศักดิ์ เสพย์ธรรม, ศักดิ์พิชิต จุลฤกษ์, อุทาร์ตน์ ภูไพบูลย์, วลัยุทธ เฟื่องวิวัฒน์, บุญส่ง สมเพาะ, วิเชียร ปิยาจารย์ประเสริฐ และบางรักษ์ เชษฐสิงห์. 2547. คุณลักษณะของไม้ไทย. สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 306 หน้า.
- Thaipetch, S. and B. Sompoh. 2004. Physical and Mechanical Properties of Five Bamboo Species in Thailand. Royal Forest Department, Bangkok.
- Winandy, J. 1994. Wood Properties. In Arntzen, Charles J., ed. Encyclopedia of Agriculture Science. Orlando, FL. Academic Press: 549–561 pp. Vol. 4.

การพัฒนาเทคนิคการยืดอายุการใช้งานไม้ไผ่

Bamboo Protection Techniques Development

มยุรี จิตต์แก้ว¹

(MAYUREE JITKAEW)

พรรณี เด่นรุ่งเรือง¹

(PANNEE DENRUNGRUANG)

ณัฐนันท์ สุวรรณพอง²

(NARATTANAN SUWANPHONG)

สุพีรญา วิลาศ³

(SUPREEYA VILARS)

ศศิธร สุขสบาย³

(SASITHON SUKSABAI)

บทคัดย่อ

ไม้ที่ใช้ในการศึกษา 4 ชนิด ได้แก่ไผ่รวกดำ หรือไผ่รวกใหญ่ (*Thyrsostachys oliveri* Gamble) ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble) ไผ่มันหมู (*Dendrocalamus copelandii* (Gamble ex Brandis) N.H. Xia and Stapleton) และไผ่กิมซุง (*Bambusa beecheyana* Munro) พบว่า การอาบน้ำยาไม้ไผ่โดยวิธีแช่ในแนวตั้งและไม้ริดกึ่ง (Steeping) น้ำยาสามารถถูกดูดซึมขึ้นไปถึงปลายยอด ที่ระยะ 4 เมตรได้ภายใน 5 วัน การอาบน้ำยาไม้ไผ่ด้วยวิธี Hot and cold Treatment ในสารละลายของสารประกอบโบรอนประหยัดเวลากว่า และมีการดูดซึมน้ำยาได้ดีเทียบเท่ากับการแช่ไม้ไผ่ในสารละลายของสารประกอบโบรอน นาน 7 วัน การอาบน้ำยาไม้ไผ่โดยการแช่ในสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ การอาบน้ำยาไม้ไผ่โดยต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และการรมไม้ไผ่ด้วยควันกำมะถันให้ผลในการป้องกันมอดได้ดี วิธีการเหล่านี้สามารถปฏิบัติได้ง่าย ค่าใช้จ่ายถูก และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำหลัก: การยืดอายุการใช้งานไม้ไผ่ ไผ่รวกดำ หรือไผ่รวกใหญ่ ไผ่รวก ไผ่มันหมู ไผ่กิมซุง วิธีแช่ในแนวตั้งและไม้ริดกึ่ง วิธีต้มในน้ำยาร้อนแล้วปล่อยให้เย็น การแช่ไม้ไผ่ในสารละลายของสารประกอบโบรอน การอาบน้ำยาไม้ไผ่ในน้ำปูนขาว การอาบน้ำยาไม้ไผ่โดยต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ การรมไม้ไผ่ด้วยควันกำมะถัน

¹ นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ e-mail: mayuree1080@hotmail.com

² นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

³ ผู้ช่วยนักวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

ABSTRACT

Four species of bamboo were studied on Bamboo Protection i.e., *Thyrsostachys oliveri* Gamble *Thyrsostachys siamensis* Gamble *Dendrocalamus copelandii* (Gamble ex Brandis) N.H. Xia and Stapleton and *Bambusa beecheyana* Munro. After treatments, we found that treated bamboo by steeping bamboo culms with branches in chemicals solutions method can absorb chemicals 4 meters height in 5 days. Penetration of boron compound solution by Hot and cold Treatment is as good as soaking in boron compound solution for 7 days. But, Hot and cold Treatment consumes less time. Soaking in saturated calcium hydroxide solution, boiling in sodium hydroxide solution, and fumigation with sulphur give good effective in preventing powder-post beetle infestation. Moreover, these treatments are easily practices, less cost and environmental friendly.

Keywords: Bamboo Protection, *Thyrsostachys oliveri*, *Thyrsostachys siamensis*, *Dendrocalamus copelandii*, *Bambusa beecheyana*, Steeping treatment, Hot and cold treatment, Soaking treatment, Boiling treatment, Smoking with sulphur, Boron compound solution, Saturated calcium hydroxide solution, Sodium hydroxide solution

คำนำ

ปัจจุบันความต้องการใช้เนื้อไม้เพิ่มมากขึ้นทุกปี ไม้ที่มีความทนทานจะหายากและไม้เพียงพอ ดังนั้นไม้โตเร็วจึงเริ่มเข้ามามีบทบาทสำคัญ ไม้ไผ่จัดเป็นพืชที่โตเร็วที่สุดในบรรดาไม้โตเร็วทั้งหลายสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมายหลายอย่าง และที่สำคัญคือ สามารถตัดฟันมาใช้ได้อย่างต่อเนื่อง ไม้ไผ่เป็นไม้ที่มีความแข็งแรงสูง น้ำหนักเบา สามารถใช้กับเครื่องมือช่างธรรมดาได้ (Jayanetti and Follett, 1998) ไม้ไผ่จึงเป็นไม้เอนกประสงค์ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้อย่างมากมาย เช่น ทำเครื่องเรือน เครื่องใช้ภายในครัว เครื่องจักสาน ทำรั้ว ไม้ค้ำยัน หรือแม้กระทั่งปลูกสร้างบ้าน ไม้ไผ่จึงสามารถตอบสนองความต้องการใช้เนื้อไม้ได้อย่างเหมาะสม แต่เนื่องจากไม้ไผ่เป็นไม้ที่มีความทนทานตามธรรมชาติต่ำ สามารถถูกทำลายได้ง่ายโดยแมลงและเชื้อรา การป้องกันรักษาไม้ไผ่จึงเป็นสิ่งจำเป็น และแม้ว่าการอาบน้ำยาไม้ไผ่จะมีความสำคัญต่อการใช้ประโยชน์ไม้ไผ่

แต่ถ้าจะไม่ค่อยมีการนำไปใช้ เนื่องจากขาดความรู้ในด้านการป้องกันรักษา ขาดเครื่องมือและสารเคมีที่เหมาะสมและปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม

เป็นที่ทราบกันดีว่าไม้ไผ่เป็นไม้ที่มีความสามารถในการอาบน้ำยาได้ยากกว่าไม้อื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะทางกายวิภาคของเซลล์ไม้ไผ่ ซึ่งทำให้เกิดการต่อต้านการแทรกซึมของสารเคมีในการอาบน้ำยาไม้ (Liese and Kumar, 2003) นอกจากนี้ผนังด้านนอกของไผ่จะมีชั้นบางๆ แต่แข็ง ซึ่งประกอบด้วยเซลลูโลส เพคติน ซิลิกา และมีไขเคลือบอยู่ ซึ่งจะทำให้การซึมผ่านของสารเคมีเป็นไปได้น้อยกว่าผนังด้านใน ดังนั้นการอาบน้ำยาไม้ไผ่จึงแตกต่างจากไม้ทั่วไป (Kumar et al., 1994)

การอาบน้ำยาไม้ไผ่จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ไม้ไผ่มีปริมาณสารเคมีแทรกซึมในลำไม้ไผ่อย่างสม่ำเสมอและพอเหมาะ เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของแมลงทำลายไม้ ซึ่งมีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ความสามารถในการอาบน้ำยาของไผ่ ความชื้นของไผ่ ชนิดของสารเคมี และวิธีการอาบน้ำยา ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อความสำเร็จของการอาบน้ำยาไม้ไผ่

การอาบน้ำยาไม้ไผ่โดยการแช่ในถังเปิดเป็นวิธีที่ทำได้ง่าย ประหยัด ให้ผลดีในการป้องกัน แต่ต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับ ชนิดของสารเคมีที่ใช้ ความเข้มข้นที่เหมาะสม และระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ (Tewari and Singh, 1979)

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากรรมวิธีที่เหมาะสมในการป้องกันรักษาไม้ไผ่ เพื่อยืดอายุการใช้งาน โดยการใช้สารเคมีที่มีประสิทธิภาพ ปลอดภัยต่อผู้ใช้และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะนำไปสู่การใช้ไม้ไผ่ทดแทนไม้อย่างกว้างขวางในงานไม้ด้านต่างๆ เป็นการใช้อย่างคุ้มค่า มีประสิทธิภาพ สามารถแก้ไขปัญหาการขาดแคลนไม้ใช้สอย และเป็นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด นอกจากนี้เป็นการเพิ่มคุณค่าและมูลค่าของไม้ไผ่อีกด้วย ซึ่งจะเชื่อมโยงไปสู่ระบบเศรษฐกิจที่ดีขึ้น

วิธีการศึกษา

1. ไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง 5 ชนิด ได้แก่
 - ไผ่รวกดำ / ไผ่รวกใหญ่ (*Thyrsostachys oliveri* Gamble)
 - ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble)
 - ไผ่มันหมู (*Dendrocalamus copelandii* (Gamble ex Brandis) N.H. Xia and Stapleton)
 - ไผ่กิมซุง (*Bambusa beecheyana* Munro)
2. อาบน้ำยาไม้ไผ่ โดยใช้สารเคมีและวิธีการที่เหมาะสม
3. ทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันรักษาไม้ไผ่ต่อการเข้าทำลายของแมลงทั้งในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม พร้อมทั้งตรวจผลการทดลองและสรุปผล

การประเมินประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดแมลง

ประสิทธิภาพของสารฯ	ความเสียหายของไม้ทดลองที่เกิดจากการทำลายของมอด	
ดีมาก	(0)	ไม่พบความเสียหาย
ดี	(1)	เสียหายเล็กน้อย (ไม่เกิน 10 %)
ปานกลาง	(2)	เสียหายปานกลาง (11 – 40 %)
ไม่ดี	(3)	เสียหายมาก (41 – 80 %)
ใช้ไม่ได้	(4)	เสียหายใช้ไม่ได้ (มากกว่า 80 %)

ไผ่รวกดำและไผ่รวก

1. ศึกษาการดูดซึมสารเคมีของไผ่รวกเล็ก

ชนิดของไผ่ที่ใช้: ไผ่รวกเล็กไม่ตัดสาใบ จำนวน 60 ลำ ความยาว 4 เมตร แต่ละลำตัดยอดออก เหลือกิ่งที่มีใบ 1-2 กิ่ง

สารเคมีที่ใช้: สารป้องกันรักษาเนื้อไม้ (Timbor 10%) สารป้องกันกำจัดแมลง (Biflex 0.2%) น้ำส้มควันไม้ 50%

วิธีการ

1. เตรียมไม้ไผ่จำนวน 60 ลำ แต่ละลำตัดยอดออก เหลือกิ่งที่มีใบ 1-2 กิ่ง แบ่งเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 3 มัด มัด ละ 5 ลำ (หรือกลุ่มละ 15 ลำ)
2. เตรียมสารเคมี ทั้ง 4 ชนิด ตามความเข้มข้นที่กำหนดไว้ใส่ถัง 4 ใบ แยกตามชนิดของสารเคมี
3. นำไม้ไผ่ทั้ง 4 กลุ่ม ที่แยกไว้ มาแช่ลงในถังสารเคมีแต่ละชนิดที่เตรียมไว้
4. ระยะเวลาการแช่ไม้ไผ่ในสารเคมีแต่ละชนิดนาน 5 วัน, 10 วันและ 15 วัน
5. เมื่อครบกำหนดตามระยะเวลา นำไม้ทดลองขึ้นผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ประมาณ 1 เดือน
6. ตรวจสอบการดูดซึมน้ำยาของไผ่ด้วยการทดสอบสารโบรอน ในเนื้อไม้ของไม้ไผ่ที่แช่ใน Timbor 10% ตามความยาวของไม้ เป็นระยะ ระยะละ 1 เมตร บันทึกผล
7. นำไม้ทดลองไปทดสอบการเข้าทำลายของมอดทำลายไม้ โดยวางกองผึ่งไว้ในโรงเรือนมีหลังคา
8. ตรวจสอบผลเป็นระยะ ทุก 1, 3, 6, 9 และ 12 เดือน

2. ศึกษาการอาบน้ำยาแบบ Soaking และ Hot and cold Treatment

ชนิดของไผ่ที่ใช้: ไผ่รวกใหญ่ (แห้ง) และไผ่รวกเล็ก (สด) ชนิดละ 5 ลำ

สารเคมีที่ใช้: สารป้องกันรักษาเนื้อไม้ (Timbor 5%)

วิธีการ

1. เตรียมไม้ทดลอง ความยาว 30 ซม. ชนิดละ 10 ท่อน
 2. เตรียมสารละลายของสารประกอบโบรอน (Timbor) ความเข้มข้น 5 %
 3. แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้
กลุ่มที่ 1 นำไม้ไฟชนิดละ 5 ท่อน แช่ลงในสารละลายของสารประกอบโบรอน ความเข้มข้น 5 % แช่นาน 7 วัน (Soaking) เมื่อครบกำหนดเวลา นำไม้ทดลองขึ้นผึ่งให้แห้งในที่ร่ม
กลุ่มที่ 2 นำไม้ไฟชนิดละ 5 ท่อน ต้มในสารละลายของสารประกอบโบรอน ความเข้มข้น 5 % อุณหภูมิ 60°C นาน 2 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นในสารละลายของสารประกอบโบรอน 24 ชม. (Hot and cold Treatment) เมื่อครบกำหนดเวลา นำไม้ทดลองขึ้นผึ่งให้แห้งในที่ร่ม
 4. ตรวจสอบการดูดซึมน้ำยาของไม้ทั้งสองกลุ่ม ด้วยการทดสอบสาร Boron ในเนื้อไม้
- บันทึกผล
5. นำไม้ทดลองไปทดสอบการเข้าทำลายของมอดทำลายไม้พร้อมไม้ควบคุมชนิดละ 5 ท่อน
 6. ตรวจสอบผลระยะ 6 เดือน

ไผ่มันหมูและไผ่กิมซุง

1. ศึกษาการอาบน้ำยาไม้ไฟในน้ำปูนใส (Soaking in saturated calcium hydroxide solution)

ชนิดของไม้ที่ใช้ : ไผ่มันหมู(แห้ง) และไผ่กิมซุง(สด) ชนิดละ 5 ลำ

สารเคมีที่ใช้ : ปูนขาว (แคลเซียมไฮดรอกไซด์)

วิธีการ

1. เตรียมไม้ทดลอง โดยตัดเป็นท่อนและผ่าซีก ขนาดกว้าง 3 ซม. ยาว 10 ซม. ชนิดละ 10 ชิ้น
2. เตรียมสารละลายอิ่มตัวของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Saturated calcium hydroxide solution) โดยละลายปูนขาว 500 กรัม ในน้ำ 2.5 ลิตร คนจนไม่ละลาย ตั้งทิ้งไว้ 24 ชม. ให้ตกตะกอนจนสารละลายใส แยกน้ำส่วนใสออกมาใช้
3. นำไม้ไฟทั้ง 2 ชนิด ชนิดละ 5 ชิ้น แช่ลงในสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่เตรียมไว้
4. ระยะเวลาการแช่ไม้ไฟนาน 7 วัน
5. เมื่อครบกำหนดเวลานำไม้ทดลองขึ้น ล้างน้ำให้สะอาดและผึ่งให้แห้งในที่ร่ม
6. นำไม้ทดลองไปทดสอบการเข้าทำลายของมอดทำลายไม้พร้อมไม้ควบคุมชนิดละ 5 ชิ้น
7. ตรวจสอบผลระยะ 6 เดือน

2. ศึกษาการอาบน้ำยาไม้ไฟโดยต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Boling in Sodium hydroxide solution)

ชนิดของไม้ที่ใช้ : ไม้มันหมู (แห้ง) และไม้กิมซุง (สด) ชนิดละ 5 ลำ

สารเคมีที่ใช้ : โซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรดกำมะถัน

วิธีการ

1. เตรียมไม้ทดลอง โดยตัดเป็นท่อนและผ่าซีก ขนาดกว้าง 3 ซม. ยาว 10 ซม. ชนิดละ 10 ชิ้น
2. เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5% โดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 7.5 กรัม ในน้ำ 1.5 ลิตร
3. นำไม้ไฟทั้ง 2 ชนิด ชนิดละ 5 ชิ้น ลงต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5% นาน 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น หยดกรดกำมะถัน 10 ซีซี ลงในสารละลาย คนให้เข้ากัน แช่ไม้
4. ทดลองทิ้งไว้ข้ามคืน
5. เมื่อครบกำหนดเวลานำไม้ทดลองขึ้น ล้างน้ำให้สะอาดและผึ่งให้แห้งในที่ร่ม
6. นำไม้ทดลองไปทดสอบการเข้าทำลายของมอดทำลายไม้พร้อมไม้ควบคุมชนิดละ 5 ชิ้น
7. ตรวจผลระยะ 6 เดือน

3. ศึกษาการป้องกันรักษาไม้ไฟด้วยควันกำมะถัน

ชนิดของไม้ที่ใช้ : ไม้มันหมู(แห้ง)และไม้กิมซุง(สด) ชนิดละ 5 ลำ

สารเคมีที่ใช้ : กำมะถันแห้ง

วิธีการ

1. เตรียมไม้ทดลอง โดยตัดเป็นท่อนและผ่าซีก ขนาดกว้าง 3 ซม. ยาว 10 ซม. ชนิดละ 10 ชิ้น
2. นำไม้ไฟทั้ง 2 ชนิด ชนิดละ 5 ชิ้น ลงแช่ในน้ำ นาน 24 ชั่วโมง ครอบกำหนด นำไม้ไฟขึ้นจากน้ำ
3. นำไม้ไฟในข้อ 2. พร้อมกับไม้ไฟทั้ง 2 ชนิด ชนิดละ 5 ชิ้นอีกชุดหนึ่ง รมด้วยควันกำมะถัน นาน 6 ชั่วโมงในถังรมควัน แล้วทิ้งไว้ในถังอบ 1 วัน
4. เมื่อครบกำหนดเวลานำไม้ทดลองขึ้น ล้างน้ำให้สะอาดและตากแดดให้แห้ง
5. นำไม้ทดลองไปทดสอบการเข้าทำลายของมอดทำลายไม้พร้อมไม้ควบคุมชนิดละ 5 ชิ้น
6. ตรวจผลระยะ 6 เดือน

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ไผ่รวกดำและไผ่รวก

1. การอาบน้ำยาไผ่ไผ่โดยวิธีแช่ในแนวตั้งและไผ่ริดกึ่ง (Steeping)

1.1 ผลการทดสอบการดูดซึมสารเคมี (Timbor 10%) ของไผ่รวก พบว่าการอาบน้ำยาไผ่ไผ่โดยวิธีแช่ในแนวตั้งและไผ่ริดกึ่ง น้ำยาสามารถถูกดูดซึมขึ้นไปถึงปลายยอด ที่ระยะ 4 เมตร ได้ภายใน 5 วัน โดยสังเกตจากสีแดงที่ปรากฏบนไผ่ไผ่ ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาของสารทดสอบกับโบรอนที่ถูกดูดซึมขึ้นไปในเนื้อไม้ โดยที่ไผ่ไผ่ในระยะหนึ่งเมตรแรกมีปริมาณน้ำยาที่ถูกดูดซึมเข้าไปมากที่สุด (สีแดงเข้มจัด) ส่วนปลายไผ่ไผ่มีปริมาณน้ำยาน้อยสุด (สีแดงอ่อน) (Figure 1)

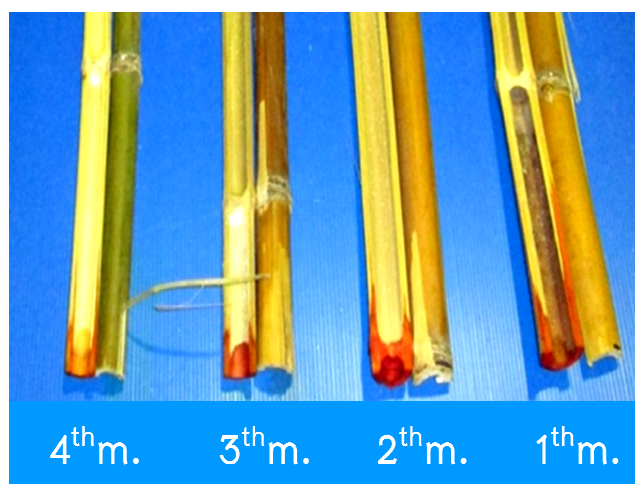


Figure 1. Result of Boron testing on treated bamboos at one meter height each.

1.2 ผลการทดสอบการเข้าทำลายของมอด แสดงใน Table 1

พบว่าไผ่ไผ่ที่แช่ใน Timbor 10 % ไม่ถูกทำลายเลย ในขณะที่ไผ่ไผ่ที่แช่ในสารเคมีชนิดอื่นรวมทั้งไม้ control ถูกทำลายเล็กน้อยมาก และเป็นการกัดแทะชิมไม่เจาะเข้าไปทำลาย ซึ่งแสดงว่าสารเคมีที่ใช้มีประสิทธิภาพในการป้องกันมอดได้ดี และพบการเข้าทำลายในระยะ 3 เดือนแรก หลังจากนั้นไม่พบการเข้าทำลายเพิ่มขึ้น

Table 1. Damage by insects on treated bamboo (*T. siamensis*) by steeping in 4 solutions for 3 months exposure.

Chemicals/duration	Damage (%)		
	5 days	10 days	15 days
Timbor 10%	0	0	0
Biflex 0.2%	0.0034	0.0068	0.0068
Wood vinegar 50%	0.017	0.0068	0.00334
Water (Control)	0.0068	0.0068	0.0102

2. การทดลองอาบน้ำยาแบบ Soaking และ Hot and Cold Treatment

2.1 การตรวจการดูดซึมน้ำยาของไผ่ ด้วยการทดสอบปริมาณสารประกอบโบรอนที่ถูกดูดซึมเข้าเนื้อไม้ พบว่า ไผ่ไผ่ที่ผ่านกรรมวิธีการอาบน้ำยาทั้งสองวิธี มีปริมาณสารประกอบโบรอนในเนื้อไม้พอๆ กัน และเพียงพอสำหรับการป้องกันการเข้าทำลายของมอดทำลายไม้ โดยสังเกตจากความเข้มของสีแดงและมีพื้นที่ครอบคลุมเต็มหน้าตัดไม้ในไม้ไผ่ทั้งสองวิธี ดังนั้นการอาบน้ำยาไม้ไผ่ด้วยวิธี Hot and cold bath Treatment ประหยัดเวลากว่าและมีการดูดซึมน้ำยาได้ดีเทียบเท่ากับการแช่ไม้ไผ่ใน Timbor นาน 7 วัน (Figure 2)

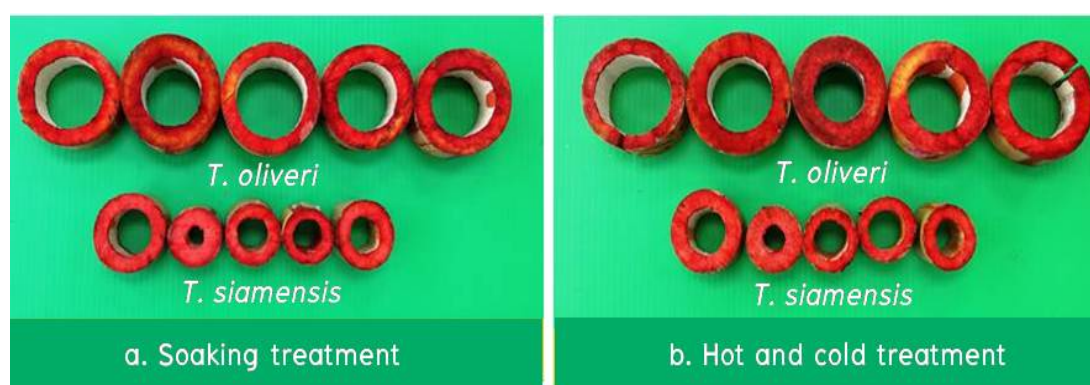


Figure 2. Penetration of boron compound in treated bamboos (*T. oliveri* and *T. siamensis*)

a) Soaking Treatment b) Hot and Cold Treatment.

2.2 การทดสอบการเข้าทำลายของมอดทำลายไม้ ได้ผลดังแสดงใน Table 2-3 และ

Figure 3

Table 2. Analysis of variance of damage by insects on treated bamboos (*T. oliveri* and *T. siamensis*) by soaking treatment and hot and cold treatment in 5% boron compound solution

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2845.367	5	569.073	3.312	.020
Intercept	1717.633	1	1717.633	9.996	.004
Bamboo	537.633	1	537.633	3.129	.090
Methods	1287.267	2	643.633	3.746	.038*
Bamboo *Methods	1020.467	2	510.233	2.969	.070
Error	4124.000	24	171.833		
Total	8687.000	30			
Corrected Total	6969.367	29			

* Significant at 95% level of confidence

Table 3. Damage by insects on treated bamboo (*T. oliveri* and *T. siamensis*) by soaking treatment and hot and cold treatment in 5% boron compound solution. (Duncan's multiple range test)

Methods	N	Subset for alpha = . 05	
		1	2
Soaking	10	2.3000	
Hot and cold	10	3.6000	
Control	10		16.8000
Sig.		.826	1.000

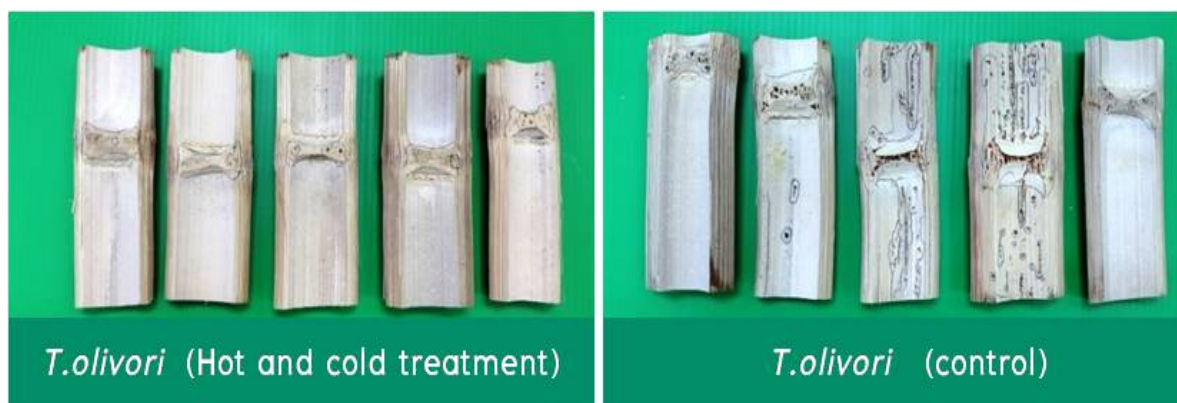


Figure 3. Damage by insect on treated bamboo and their control.

1. เมื่อนำค่าเฉลี่ยความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของมอดมาวิเคราะห์ ความแปรปรวนของข้อมูล (Table 2) พบว่า วิธีการอบน้ำยาไม้ไฟ มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของมอดอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ส่วนชนิดของไฟ และอิทธิพลร่วมของชนิดไฟและวิธีการอบน้ำยาไม้ไฟ ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของมอด

2. เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของมอดกับวิธีการอบน้ำยาไม้ไฟ โดยวิธี Duncan 's multiple range test (Table 3) พบว่า วิธีการแช่ไม้ไฟในสารละลายของสารประกอบโบรอน ความเข้มข้น 5 % นาน 7 วัน (Soaking) และการต้มไม้ไฟในสารละลายของสารประกอบโบรอน ความเข้มข้น 5 % อุณหภูมิ 60 °C นาน 2 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นในสารละลายของสารประกอบโบรอน 24 ชม. (Hot and Cold Treatment) มีค่าเฉลี่ยความเสียหายในระดับเดียวกัน โดยที่ไม้ไฟที่แช่โดยวิธี Soaking มีค่าเฉลี่ยความเสียหายน้อยกว่า ส่วนไม้ Control มีค่าเฉลี่ยความเสียหายมากที่สุด

3. วิธีการอบน้ำยาแบบ Soaking และ Hot and Cold Treatment ให้ผลในการป้องกันมอดทำลายไม้ได้ในระดับดี แต่ Hot and Cold Treatment มีข้อดีคือใช้เวลาในการอบน้ำยาน้อยกว่า

ไผ่มันหมูและไผ่กิมซุง

นำข้อมูลผลการทดลองการอบน้ำยาไม้ไฟในน้ำปูนขาว การอบน้ำยาไม้ไฟโดยต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และการป้องกันรักษาไม้ไฟด้วยควันทันกำมะถัน มาวิเคราะห์เปรียบเทียบในคราวเดียวกัน เนื่องจากนำไม้ทดลองทั้งหมดเข้าทดสอบการเข้าทำลายของแมลง ในสภาวะเดียวกันพร้อมกัน ผลการศึกษาดังแสดงใน Table 4-5

Table 4. Analysis of variance of damage by insects on treated bamboos (*D. copelandii* and *D. beecheyana*) by soaking in saturated calcium hydroxide solution, boiling in sodium hydroxide solution and sulphur fumigation.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	201.120	9	22.347	5.424	.000
Intercept	208.080	1	208.080	50.505	.000
Bamboo	8.000	1	8.000	1.942	.171
Methods	164.120	4	41.030	9.959	.000**
Bamboo * Methods	29.000	4	7.250	1.760	.156
Error	164.800	40	4.120		
Total	574.000	50			
Corrected Total	365.920	49			

**Significant at 99% level of confidence

Table 5. Damage by insects on treated bamboo (*D. copelandii* and *D. beecheyana*) by soaking in saturated calcium hydroxide solution, boiling in sodium hydroxide solution, and sulphur fumigation (Duncan's multiple range test).

Methods	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
Saturated calcium hydroxide sol ⁿ	10	.0000	
Sulphur fumigation	10	1.1000	
NaOH	10	1.8000	
Water soaking+ Sulphur fumigation	10	1.9000	
Control	10		5.4000
Sig.		.061	1.000

1. เมื่อนำค่าเฉลี่ยความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของมอดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Table 4) พบว่า วิธีการอบนํ้ายาไม้ไผ่ มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของมอดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % ส่วนชนิดของไม้ และอิทธิพลร่วมของชนิดไม้และวิธีการอบนํ้ายาไม้ไผ่ ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของมอด

2. เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของมอดกับวิธีการอบนํ้ายาไม้ไผ่ โดยวิธี Duncan 's multiple range test (Table 5) พบว่า การอบนํ้ายาไม้ไผ่โดยการแช่ในสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ การอบนํ้ายาไม้ไผ่โดยต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และการป้องกันรักษาไม้ไผ่ด้วยควันกำมะถัน มีค่าเฉลี่ยความเสียหายในระดับเดียวกัน เรียงจากน้อยไปมากดังนี้ ไม้ไผ่ที่อบนํ้ายาในสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ไม่มีความเสียหายเลย รองลงไปได้แก่ ไม้ไผ่รมด้วยควันกำมะถัน ไม้ไผ่ต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และไม้ไผ่แช่นํ้าแล้วรมด้วยควันกำมะถัน ส่วนไม้ Control มีค่าเฉลี่ยความเสียหายมากที่สุด และเมื่อนำค่าเฉลี่ยความเสียหายของไม้ทดลองที่เกิดจากการทำลายของมอด มาประเมินประสิทธิภาพของสารที่ใช้อบนํ้ายา พบว่าสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และควันกำมะถัน มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี (1) เนื่องจากมีความเสียหายเล็กน้อย (ไม่เกิน 10 %)

3. วิธีการที่ใช้ในการทดลองนี้ให้ผลในการป้องกันมอดทำลายไม้ในระดับดี โดยที่วิธีการอบนํ้ายาไม้ไผ่โดยการแช่ในสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ให้ผลในการป้องกันมอดได้ดีที่สุด สามารถปฏิบัติได้ง่าย ค่าใช้จ่ายถูก และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

สรุปผล

1. การอบนํ้ายาไม้ไผ่โดยวิธีแช่ในแนวตั้งและไม้ริดกิง (Steeping) นํ้ายาสามารถถูกดูดซึมขึ้นไปถึงปลายยอด ที่ระยะ 4 เมตร ได้ภายใน 5 วัน (สำหรับไม้ไผ่ลำเล็ก)

2. การอบนํ้ายาไม้ไผ่ด้วยวิธี Hot and cold Treatment ในสารละลายของสารประกอบโบรอนประหยัดเวลากว่าและมีการดูดซึมนํ้ายาได้ดีเทียบเท่ากับการแช่ไม้ไผ่ในสารละลายของสารประกอบโบรอน นาน 7 วัน

3. การอบนํ้ายาไม้ไผ่โดยการแช่ในสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ การอบนํ้ายาไม้ไผ่โดยต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และการรมไม้ไผ่ด้วยควันกำมะถัน ให้ผลในการป้องกันมอดได้ดี สามารถปฏิบัติได้ง่าย ค่าใช้จ่ายถูก และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

4. วิธีการอบนํ้ายาไม้ไผ่แต่ละวิธี สามารถใช้ได้กับไม้ทุกชนิด แต่อาจต้องปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ หรือต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้น แล้วแต่ชนิดของไม้

เอกสารอ้างอิง

- Jayanetti, D.L. and P.R. Follett. 1998. Bamboo in Construction, An Introduction, INBAR Technical Report No.115.
- Kumar, S., K.S. Shukla, I. Dev and P.B. Dobriyal. 1994. Bamboo preservation techniques: A review, INBAR and ICFRE. INBAR Tech. Rep. No. 3, 59 pp. 6 – 70.
- Liese, W. and S. Kumar. 2003. Bamboo preservation compendium. INBAR Technical Report 22.
- Tewari, M.C. and B. Singh. 1979. Bamboo – their utilization and protection against biodeterioration. J. Timb. Dev. Assoc. (India) 25(4): 12 – 23.

ศึกษาสารธรรมชาติและการออกฤทธิ์ป้องกันมอดทำลายไม้ไผ่

Study on Natural Products and Bioactive against Powder-post Beetles of Bamboo.

ณัฐนันท์ สุวรรณผ่อง¹ (NARATTANAN SUWANPHONG)

มยุรี จิตต์แก้ว² (MAYUREE JITKAEW)

พรรณี เด่นรุ่งเรือง² (PANNEE DENRUNGRUANG)

ศศิธร สุขสบาย³ (SASITHON SUKSABAI)

บทคัดย่อ

ศึกษาสารสกัดธรรมชาติและการออกฤทธิ์ป้องกันมอดทำลายไม้ไผ่จากสารสกัดพืช 10 ชนิด ได้แก่ เลี่ยน (*Melia azedarach*) สาบเสือ (*Chromolaena odorata*) หนอนตายหยาก (*Stemona collinsae*) มะกล่ำ (*Abrus precatorius* Linn.) ชำมะเลียง (*Lepisanthes fruticosa*) สาบหมา (*Ageratina adenophora*) สะเดา (*Azadirachta indica*) หางไหลแดง (*Derris elliptica*) บอระเพ็ด (*Tinospora cordifolia*) และ เมล็ดมันแกว (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) ไม้ไผ่ที่ใช้ในการศึกษา 4 ชนิด ได้แก่ ไผ่รวกดำ (*Thyrsostachys oliveri* Gamble) ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble) ไผ่กิมซุง (*Bambusa beecheyana* Munro) และไผ่มันหมู (*Dendrocalamus copelandii* Gamble ex Brandis) อาบน้ำยาไม้ไผ่ด้วยสารสกัดจากพืชความเข้มข้น 5% โดยวิธีการแช่และการอัดน้ำยาโดยใช้แรงดัน นำไม้ไผ่ที่ผ่านการอาบน้ำยาไปทดสอบการเข้าทำลายของมอดทำลายไม้ในห้องปฏิบัติการนาน 12 เดือน พบว่า สารสกัดจากพืชทุกชนิดที่ใช้ในการวิจัยนี้มีประสิทธิภาพในการป้องกันมอดได้ในระดับดีมาก

คำหลัก: สารธรรมชาติ เลี่ยน สาบเสือ หนอนตายหยาก มะกล่ำ ชำมะเลียง สาบหมา สะเดา หางไหลแดง บอระเพ็ด เมล็ดมันแกว มอดทำลาย ไผ่รวกดำ ไผ่รวก ไผ่กิมซุง ไผ่มันหมู มอดทำลายไม้

¹นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ e-mail : amiinoally@gmail.com

²นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

³ผู้ช่วยนักวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

ABSTRACT

Ten plant extracts i.e., *Melia azedarach*, *Chromolaena odorata*, *Stemona collinsae*, *Abrus precatorius* Linn., *Lepisanthes fruiticosa*, *Ageratina adenophora*, *Derris elliptica*, *Tinospora cordifolia*, *Azadirachta indica*, and *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban were used to study on bioactive against Powder-post beetles. Bamboos used in this study were *Thyrsostachys oliveri* Gamble, *Thyrsostachys siamensis* Gamble, *Bambusa beecheyana* Munro and *Dendrocalamus copelandii* Gamble ex Brandis. Five percent concentration of plant extracts solution were applied individually to those four species of bamboo by soaking and Pressure Treatment. After treatments, all treated bamboos were exposed to infestation by powder-post beetle (*Dinoderus minutus*) in laboratory for 12 months. The results showed that all plant extracts in this study give good effective in preventing powder-post beetle infestation.

Keywords: Natural products, *Melia azedarach*, *Chromolaena odorata*, *Stemona collinsae*, *Abrus precatorius* Linn., *Lepisanthes fruiticosa*, *Ageratina adenophora*, *Derris elliptica*, *Tinospora cordifolia*, *Azadirachta indica*, *Pachyrhizus erosus*(L.) Urban, *Thyrsostachys oliveri* Gamble., *Thyrsostachys siamensis* Gamble., *Bambusa beecheyana* (Munro), *Dendrocalamus copelandii* (Gamble ex Brandis), Powder-post beetles

คำนำ

การใช้สารเคมีในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ ทำให้เกิดมลภาวะเป็นพิษและมีสารเคมีตกค้างในสภาพแวดล้อม เพื่อจะลดปริมาณการใช้สารเคมีและปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม จึงเห็นว่าควรศึกษาหาสารสกัดจากพืชธรรมชาติที่มีศักยภาพในการป้องกันมอดทำลายไม้ มาใช้แทนสารเคมีหรือสารสังเคราะห์จากวัสดุเคมีอื่นๆ ซึ่งมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและผู้ผลิต นอกจากนี้ยังเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ปัจจุบันได้มีการใช้ไม้ที่มีความทนทานตามธรรมชาติต่ำกันอย่างกว้างขวาง ไม้เหล่านี้อาจชนิดมีปริมาณของแป้งในเนื้อไม้สูง หากไม่รู้จักรักษาให้ดีแล้วจะพบแมลงรบกวนทำความเสียหายอยู่เสมอ นอกจากปลวกที่ทำความเสียหายอยู่เป็นประจำแล้ว ยังพบว่ามอดก็เป็นตัวการที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งในการทำลายไม้ที่ใช้ในการก่อสร้างและเครื่องเรือนต่างๆ ได้แก่ มอดในวงศ์ (Family) Lyctidae เป็นมอด

ขนาดเล็ก ลักษณะลำตัวยาวค่อนข้างแบน สีน้ำตาลแดง-ดำ มีขนาดตั้งแต่ 2.0-6.0 ม.ม. หนวดตรงส่วนปลาย 2 ข้อ มีลักษณะคล้ายกระบอง ปีกคู่หน้าเป็นมันเรียบหรือปกคลุมด้วยขนชนิดที่พบ ทำลายไม้ส่วนใหญ่ ได้แก่ *Minthea rugicollis* (Walker) ไม้ที่ถูกทำลายเป็นไม้ที่มีปริมาณแป้งสูง ในต่างประเทศมีรายงานว่าทำลายไม้ได้ถึง 24 Family 50 Genera และ 93 species ไม้ที่ถูกทำลายส่วนใหญ่เป็นไม้ในสกุล *Azzeria*, *Artocarpus*, *Avicenia*, *Bombax*, *Helicia*, *Koompassia*, *Parashorea*, *Shorea* ในประเทศไทยพบว่าทำลายไม้ได้หลายชนิด ได้แก่ ไม้ยางพารา ไม้ไผ่ หวายและส่วนกระพี้ของไม้ชนิดต่างๆ และมอดในวงศ์ Bostrichidae เป็นแมลงปีกแข็งสีน้ำตาลดำมีหลายชนิดขนาดต่างๆ กัน ลำตัวยาว 3.0-24.0 ม.ม. ลักษณะของลำตัวเป็นรูปทรงกระบอก ส่วนหัวมองไม่เห็นจากด้านบนเพราะแผ่นสันหลัง ออกปล้องแรก (pronotum) โค้งบังอยู่ ซึ่งมีลักษณะขรุขระและมีหนามเล็กๆ ส่วนปลายของหนวด 3 ข้อ เป็นรูปกระบองหรือเป็นแฉก ชอบเข้าทำลายไม้ที่มีปริมาณแป้งสูงเช่นเดียวกับวงศ์ Lyctidae แต่ Bostrichidae ชอบทำลายไม้ที่มีความชื้นสูงประมาณ 30% ในขณะที่ Lyctidae ชอบทำลายไม้ที่มีความชื้น 12-15% แต่ก็สามารถทำลายไม้ที่มีความชื้น 2-30% ดังนั้นจึงมักพบแมลงทั้งสองชนิดทำลายเนื้อไม้ร่วมกันเสมอโดยจะพบพวก Bostrichidae ก่อน ชนิดที่พบในประเทศไทยที่สำคัญก็มี *Dinoderus minutus* (Fabricius) *Sinoylon anale* Lesne และ *Heterobostrychus qualis* Waterhouse (ไพรรณ, ไม่มีรายงาน)

สารธรรมชาติจากพืชหลายชนิดพบว่า สามารถนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดมอดชนิดต่างๆ ได้ Xie และคณะ (1995) รายงานว่าสาร toosendanin ซึ่งเป็นสารที่สกัดได้จากเปลือกของ *Melia toosendan* Seid et Zucc สามารถไล่ตัวเต็มวัยของมอดแป้ง ตัวงวงข้าวสารและ *Cryptolestes ferrugineus* Stephens ได้ส่วนสาร azadirachtin และสารสกัดจากสะเดาสามารถไล่ตัวเต็มวัยมอดแป้งได้

Chander และคณะ (1999) ได้สกัดว่านน้ำ (sweet flag, *Acorus calamus* Linnaeus) (kut root, *Saussurea lappa* Clark.), ขมิ้นชัน (turmeric, *Curcuma longa* Linnaeus) หอมแขก (curryleaf, *Murraya* sp.) และสะเดา (neem, *Azadirachta indica* A.Juss) พบว่า ว่านน้ำและขมิ้นชัน มีประสิทธิภาพสูงในการไล่มอดแป้ง ที่ความเข้มข้น 2.5 และ 3.12 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

Tripathi และคณะ (2002) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้นชัน (*Curcuma Longa* Linnaeus) แสดงผลต่อแมลง 3 ชนิด ได้แก่ มอดหัวป้อมสูง มอดแป้ง และตัวงวงข้าวสาร เมื่อได้รับสารทางการสัมผัส พบว่ามีพิษกับมอดหัวป้อมสูงมีค่า LD₅₀ เท่ากับ 36.71 มอดแป้งเท่ากับ 51.49 และ ตัวงวงข้าวสารเท่ากับ 95.50 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม และการรม พบว่ามีพิษต่อตัวงวงข้าวสารสูงสุด มีค่า LC₅₀ เท่ากับ 11.36 มอดหัวป้อมเท่ากับ 13.65 และ มอดแป้งเท่ากับ 19.62 มิลลิกรัมต่อลิตรของอากาศ และลดอัตราการวางไข่ของตัวงวงข้าวสารและมอดแป้งได้ถึง 72-80%

สังวาลและสุภาณี (2546) ได้ศึกษาน้ำมันหอมระเหยจากพืชวงศ์ Zingiberaceae 6 ชนิด ได้แก่ ขิง ข่า เกรว กระชาย ไพล และขมิ้น้อย โดยทดสอบกับมอดแป้งและตัวงวงข้าวสาร พบว่าขิงและข่ามีฤทธิ์สัมผัสตายสูงต่อตัวงวงข้าวสารโดยมีค่า LC₅₀ ที่ 48 ชั่วโมงเท่ากับ 10,543 และ 13,693 ppm ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบว่าสารธรรมชาติจากพืชหลายชนิดสามารถนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงแมลงศัตรูพืชแมลงศัตรูป่าไม้และแมลงที่เป็นพาหะนำโรคอีกด้วย Nor Azah et al. (2003) ได้ศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม citronella (*Cymbopogon nardus*) มีคุณสมบัติในการกำจัดลูกน้ำยุง ไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยได้ และมีประสิทธิภาพสามารถเป็นสารไล่ยุงลาย *Aedes aegypti* ได้

รติยาและคณะ (2546) ได้ศึกษาหาปริมาณสาร azadirachtin จากสารสกัดเมล็ดสะเดาอินเดีย (*Azadirachta indica* A.Juss) สะเดาช้าง (*Azadirachta excels* (Jack) Jacobs) และสะเดาไทย (*Azadirachta indica* var *siamensis* Valetton) ซึ่งปลูกจากแหล่งปลูกที่ต่างกันพบว่าสะเดาอินเดียมีปริมาณสาร azadirachtin มากกว่าสะเดาช้างและสะเดาไทย เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเมล็ดสะเดาทั้งสามชนิดต่อการตายของหนอนใยผักในเวลา 72 ชั่วโมงพบว่ามีความ LC₅₀ เท่ากับ 9,550 8,430 และ 14,510 ppm และมีผลยับยั้งการกินของหนอนใยผักเท่ากับ 55.69% 79.63% และ 44.45% ตามลำดับ

จานุลักษณ์และคณะ (2549) ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดสะเดาป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูคะน้า 6 กรรมวิธี คือ ฤทธิ์น้ำ สารสกัดสะเดาความเข้มข้นร้อยละ 1 สารสกัดสะเดาความเข้มข้นร้อยละ 2 อิมัลซิไฟเออร์ คาราแตร์ร้อยละ 2.5 (แลมปด้าไซฮาไลทรีน) และฉีดพ่นน้ำ (กรรมวิธีควบคุม) ทำการทดสอบ 3 ฤดู คือฤดู ระหว่าง มิถุนายนถึง สิงหาคม 2543 ฤดูหนาว ตุลาคมถึง ธันวาคม 2543 และฤดูร้อน มกราคม ถึง มีนาคม 2544 ณ 3 สถานี ลำปาง สุรินทร์ อยุธยา พบว่าในฤดูและสถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกลักษณะที่ศึกษา แต่ทุกกรรมวิธีที่ทดสอบไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะพืชสวนทุกลักษณะและมีอิทธิพลต่อแมลงศัตรูคะน้า พบว่า กรรมวิธีที่ทดสอบมีผลทำให้จำนวนเพลี้ยอ่อนกะหล่ำ หนอนเจาะยอดกะหล่ำ และหนอนกระทู้ผักมีความแตกต่างทางสถิติ การตรวจนับแมลงในครั้งสุดท้ายพบว่า การใช้กรรมวิธีฤทธิ์น้ำและสารสกัดสะเดาความเข้มข้นร้อยละ 1 มีจำนวนเพลี้ยอ่อนกะหล่ำน้อยที่สุด จำนวนหนอนเจาะยอดกะหล่ำน้อยที่สุด เมื่อใช้กรรมวิธีฤทธิ์น้ำ สารสกัดสะเดาความเข้มข้นร้อยละ 2 และอิมัลซิไฟเออร์ จำนวนหนอนกระทู้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อใช้สารสกัดทุกกรรมวิธีและสารเคมี ส่วนปริมาณหนอนใยผักไม่แตกต่างทางสถิติทุกกรรมวิธี

พวงชมพู (2549) ศึกษาการใช้ส้มควันไม้ควบคุมไข่ตัวอ่อนและดักแด้แมลงวันบ้านพบว่า ส้มควันไม้ที่อัตราความเข้มข้น 1:20 เป็นความเข้มข้นที่ต่ำสุดที่สามารถควบคุมไข่แมลงวันได้ 100%

นันทฎาภรณ์ (2552) ได้ทดสอบการใช้สารสกัดหยาบจากสมุนไพรเพื่อฆ่าแมลงศัตรูพืชจากหางไหลแดง บอระเพ็ดใบยาสูบ สาบเสือและยูคาลิปตัสที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน แอซีโตน และเมทานอลแล้วนำมาทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพเบื้องต้นโดยวิธี Microwell cytotoxicity using *Artemia* saline วิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญของพืชที่ออกฤทธิ์ฆ่าแมลงได้ดีที่สุดด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง (HPLC) ผลการวิจัยพบว่าตัวทำละลายที่ให้ร้อยละผลผลิตได้

สูงสุดของสารสกัดจากหางไหลแดง บอระเพ็ด ใบยาสูบ สาบเสือและยูคาลิปตัส คือเมทานอลซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.82 5.68 15.07 18.14 และ 15.44 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การตายของไรสีน้ำตาลในสารสกัดหยาบที่เข้มข้น 10 100 และ 1,000 ppm ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดหยาบด้วยเมทานอลของหางไหลแดง บอระเพ็ด ใบยาสูบและยูคาลิปตัส ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm ให้เปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 100% 94% 100% และ 100% ตามลำดับ ส่วนสารสกัดหยาบสาบเสือที่สกัดด้วยเฮกเซน ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm ให้เปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 100% เปอร์เซ็นต์การตายของไรสีน้ำตาลในสารสกัดหยาบสูตรต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 10 100 และ 1,000 ppm ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่า สูตร 1 (หางไหลแดงกับบอระเพ็ด) สูตร 2 (หางไหลแดงกับใบยาสูบ) สูตร 3 (หางไหลแดงกับสาบเสือ) และ สูตร 4 (หางไหลแดงกับยูคาลิปตัส) ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm ให้เปอร์เซ็นต์การตายของไรสีน้ำตาลที่เวลา 6 ชั่วโมง เท่ากับ 100% ทุกสูตร ค่า LC_{50} ของสารสกัดหยาบจากหางไหลแดง เมทานอล) บอระเพ็ด (เมทานอล) ใบยาสูบ (เมทานอล) สาบเสือ (เฮกเซน) และยูคาลิปตัส (ไดคลอโรมีเทน) ที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 4.64 6.66 4.89 5.43 และ 6.01 ppm ตามลำดับ ส่วนค่า LC_{50} ของสูตร 1 สูตร 2 สูตร 3 และสูตร 4 ที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 5.66 4.88 5.66 และ 5.66 ppm ตามลำดับ ปริมาณไรที่โนนในหางไหลและนิโคตินในใบยาสูบมีค่าเท่ากับ 0.098 mg/l และ 108.18 mg/l ตามลำดับ

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสารสกัดจากพืชธรรมชาติชนิดต่างๆ มีศักยภาพในการเป็นสารไล่แมลง สารกำจัดและสารป้องกันกำจัดแมลงชนิดต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง และบางชนิดมีแนวโน้มที่จะนำมาใช้ในการป้องกันมอดทำลายไม้ได้ แต่จะต้องศึกษาปริมาณความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ที่ใช้ในการป้องกันกำจัดมอดทำลายไม้ให้เหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาศักยภาพของสารสกัดธรรมชาติหรือสารธรรมชาติจากผลิตภัณฑ์ของป่าในการป้องกันมอดทำลายไม้ได้ และศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตสารสกัดธรรมชาติหรือสารธรรมชาติจากผลิตภัณฑ์ของป่าเพื่อใช้ในการป้องกันมอดทำลายไม้ได้เชิงพาณิชย์

วิธีการศึกษา

1. วัตถุดิบและการเตรียมตัวอย่าง

- ไผ่รวกดำ (*Thyrsostachys oliveri* Gamble.) จากอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน เตรียมไม้ไผ่ทดลองโดยตัดเป็นท่อนๆ ขนาด 10 ซม.
- ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble.) จากอำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี เตรียมไม้ไผ่ทดลองโดยตัดเป็นชิ้นขนาด 3 x 10 ซม.
- ไผ่กิมซุง (*Bambusa beecheyana* Munro) จากอำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี เตรียมไม้ไผ่ทดลองโดยตัดเป็นชิ้นขนาด 3 x 10 ซม.

- ใผ่มันหมู (*Dendrocalamus copelandii* Gamble ex Brandis) จากอำเภอบางสะพานบุรี จังหวัดกาญจนบุรี เตรียมไม้ใผ่ทดลองโดยตัดเป็นชิ้นขนาด 3 x 10 ซม.

2. การเตรียมสารสกัดจากพืชสำหรับการอาบน้ำยาไม้ไผ่

- ใบเลี่ยน (*Melia azedarach*) ใบสาบเสือ (*Chromolaena odorata*) ใบมะกล่ำ (*Abrus precatorius* Linn.) ใบชำมะเลียง (*Lepisanthes fruticosa*) ใบสาบหมา (*Ageratina adenophora*) ใบสะเดา (*Azadirachta indica*) นำตัวอย่างพืชแต่ละชนิดผึ่งลมให้แห้งและสับเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปต้มกับน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 80°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง กรองแล้วนำส่วนที่เป็นสารละลายไประเหยแห้งด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) จะได้เป็นสารสกัดหยาบนำไปใช้ในการทดลอง

- รากหนอนตายหยาก (*Stemona collinsae*) รากหางไหลแดง (*Derris elliptica*) เกือบอะระเพ็ด (*Tinospora cordifolia*) เมล็ดมันแกว (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) นำตัวอย่างพืชแต่ละชนิดผึ่งลมให้แห้งและบดให้ละเอียด แชในเฮกเซนกวนด้วยเครื่องกวน (Stirrer) ที่อุณหภูมิห้อง 3 ครั้งๆ ละ 3 ชั่วโมง กรองแยกส่วนที่เป็นสารละลายออก และนำส่วนที่ไม่เป็นสารละลาย (กากของตัวอย่างพืช) ไปสกัดต่อด้วยเมทานอล โดยนำตัวอย่างพืชดังกล่าวไปแชในเมทานอล กวนด้วยเครื่องกวน (Stirrer) ที่อุณหภูมิห้อง 3 ครั้งๆ ละ 3 ชั่วโมง กรองแยกส่วนที่เป็นสารละลายนำไประเหยแห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary vacuum evaporator) จะได้เป็นสารสกัดหยาบที่สกัดได้จากเมทานอลไปใช้ในการทดลอง

3. วิธีการทดลอง

3.1 อาบน้ำยาไม้ไผ่โดยใช้สารสกัดจากพืชด้วยวิธีการแชและการอัดน้ำยาโดยใช้แรงดัน

ใผ่รวกดำและใผ่รวก

- แชไม้ไผ่ที่เตรียมไว้ในสารสกัดพืชความเข้มข้น 5% จากพืช 3 ชนิด ได้แก่ เลี่ยน สาบเสือ และหนอนตายหยากชนิดละ 5 ชิ้น เป็นระยะเวลา 3 วัน

- อัดไม้ไผ่ที่เตรียมไว้ด้วยสารสกัดพืชความเข้มข้น 5% จากพืช 3 ชนิด ได้แก่ เลี่ยน สาบเสือ และหนอนตายหยาก ชนิดละ 5 ชิ้นในโถแก้วโดยทำสุญญากาศที่ 25 mmHg เป็นเวลา 30 นาที อัดน้ำยาเข้าไปในเนื้อไม้ ด้วยแรงดัน 150 psi เป็นเวลา 30 นาที หลังการอัดน้ำยาทำสุญญากาศที่ 25 mmHg เป็นเวลา 30 นาทีอีกครั้ง

ใผ่กิมชุงและใผ่มันหมู

- แชไม้ไผ่ที่เตรียมไว้ในสารสกัดพืชความเข้มข้น 5% จากพืช 4 ชนิด ได้แก่ มะกล่ำชำมะเลียง สาบหมา และสะเดา ชนิดละ 5 ชิ้น เป็นระยะเวลา 3 วัน

- อัตราไม้น้ำที่เตรียมไว้ด้วยสารสกัดพืชความเข้มข้น 5% จากพืช 4 ชนิด ได้แก่ มะกล่ำ ขำมะเลียง สาบหมา และสะเดาชนิดละ 5 ชิ้นในโถแก้วโดยทำสุญญากาศที่ 25 mmHg เป็นเวลา 30 นาที อัตราน้ำเข้าไปในเนื้อไม้ ด้วยแรงดัน 150 psi เป็นเวลา 30 นาที หลังการอัตราน้ำทำสุญญากาศที่ 25 mmHg เป็นเวลา 30 นาทีอีกครั้ง

ไม้น้ำมัน

- อัตราไม้น้ำที่เตรียมไว้ในสารสกัดพืชความเข้มข้น 5% จากพืช 3 ชนิด ได้แก่ หางไหลแดง บอระเพ็ด และเมล็ดมันแกว ชนิดละ 10 ชิ้น เป็นระยะเวลา 3 วัน

- อัตราไม้น้ำที่เตรียมไว้ด้วยสารสกัดพืชความเข้มข้น 5% จากพืช 3 ชนิด ได้แก่ หางไหลแดง บอระเพ็ด และเมล็ดมันแกวชนิดละ 10 ชิ้นในโถแก้วโดยทำสุญญากาศที่ 25 mmHg เป็นเวลา 30 นาที อัตราน้ำเข้าไปในเนื้อไม้ ด้วยแรงดัน 150 psi เป็นเวลา 30 นาที หลังการอัตราน้ำทำสุญญากาศที่ 25 mmHg เป็นเวลา 30 นาทีอีกครั้ง

3.2 นำไม้น้ำที่อบน้ำยาแล้วผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

3.3 ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชที่ใช้ในการป้องกันรักษาไม้น้ำต่อการเข้าทำลายของมอดในห้องปฏิบัติการใส่ไม้ทดลองในตู้เลี้ยงมอดโดยการสุ่มเป็นเวลา 12 เดือน

3.4 ตรวจผลการทดลองและสรุปผล

การประเมินประสิทธิภาพของสารสกัดธรรมชาติ

ประสิทธิภาพของสารสกัดธรรมชาติดีมาก	ไม่พบความเสียหาย
ประสิทธิภาพของสารสกัดธรรมชาติดี	เสียหายเล็กน้อย (ไม่เกิน 10 %)
ประสิทธิภาพของสารสกัดธรรมชาติปานกลาง	เสียหายปานกลาง (11 – 25 %)
ประสิทธิภาพของสารสกัดธรรมชาติไม่ดี	เสียหายมาก (25 – 50 %)
ประสิทธิภาพของสารสกัดธรรมชาติใช้ไม่ได้	เสียหายใช้ไม่ได้ (มากกว่า 50 %)

แนวทางในการพิจารณา

สารสกัดจากพืชสามารถป้องกันการเข้าทำลายของมอดได้ในเกณฑ์ดีมาก คือ ไม่พบความเสียหายของไม้ทดลองที่เกิดจากการทำลายของมอดจึงถือว่าผ่านการทดสอบ

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. ไผ่รวกดำ ไผ่รวก

ไผ่รวกดำและไผ่รวกที่อบน้ำโดยใช้สารสกัดจากพืช 3 ชนิด ได้แก่ เลี่ยน สาบเสือ และหนอนตายหายากความเข้มข้น 5% ตรวจผลการทดสอบการเข้าทำลายของมอดทำลายไม้น้ำในห้องปฏิบัติการ ระยะ 12 เดือน พบว่าไม่มีการเข้าทำลายของมอด (figure 1-4)

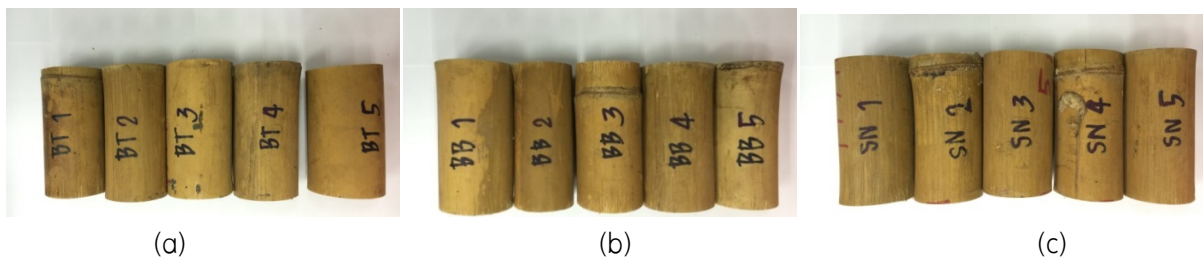


Figure 1 *Thyrsostachys oliveri* Gamble was Treated by soaking in plant extracts solution of (a) *Melia azedarach*, (b) *Chromolaena odorata*, (c) *Stemona collinsae*. There was no damage after 12 months exposed powder-post beetle in laboratory.

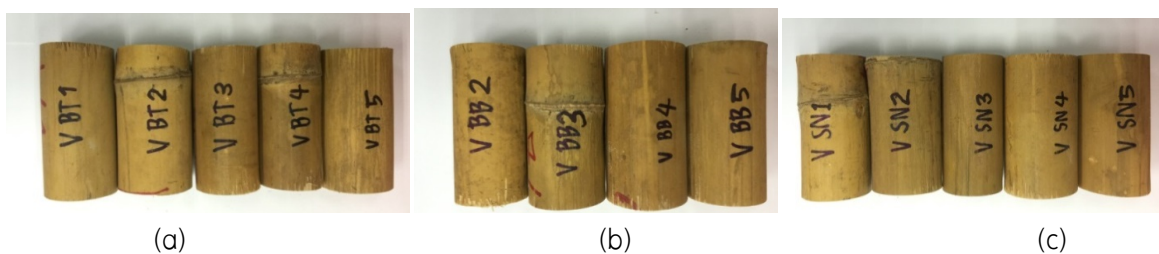


Figure 2 *Thyrsostachys oliveri* Gamble was treated by Pressure Treatment, using plant extracts solution of (a) *Melia azedarach*, (b) *Chromolaena odorata*, (c) *Stemona collinsae*. There was no damage after 12 months exposed to powder-post beetle in laboratory.



Figure 3 *Thyrsostachys siamensis* Gamble was Treated by soaking in plant extracts solution of (a) *Melia azedarach*, (b) *Chromolaena odorata*, (c) *Stemona collinsae*. There was no damage after 12 months exposed to powder-post beetle in laboratory.

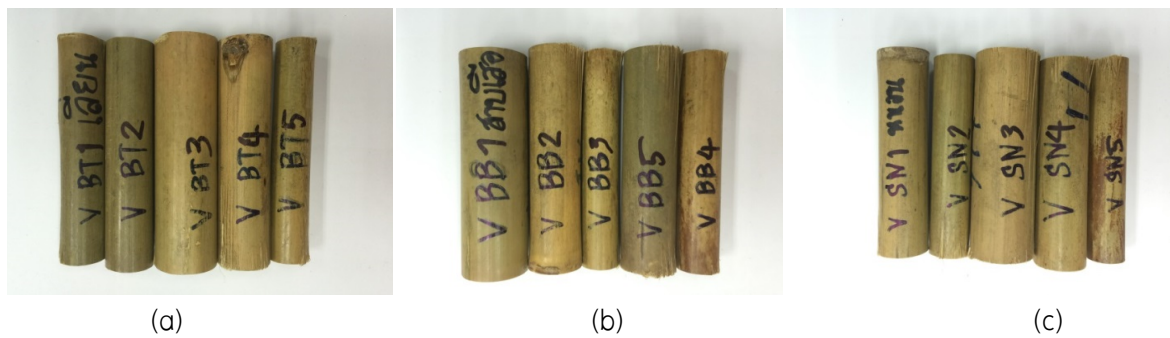


Figure 4 *Thyrsostachys siamensis* Gamble was treated by Pressure Treatment, using plant extracts solution of (a) *Melia azedarach*, (b) *Chromolaena odorata*, (c) *Stemona collinsae*. There was no damage after 12 months exposed to powder-post beetle in laboratory.

2. ไผ่กิมซุง ไผ่มันหมู

ไผ่กิมซุงและไผ่มันหมู ที่อาบน้ำยาโดยใช้สารสกัดจากพืช 4 ชนิด ได้แก่ มะกล่ำ ชำมะเลียง สدابหมา และสะเดา ความเข้มข้น 5% ตรวจผลการทดสอบการเข้าทำลายของมอดทำลายไม้ไผ่ในห้องปฏิบัติการ ระยะ 12 เดือน พบว่าไม่มีการเข้าทำลายของมอด (figure 5-8)



Figure 5 *Bambusa beecheyana* Munro was treated by soaking in plant extracts solution of (a) *Abrus precatorius* Linn., (b) *Lepisanthes fruticosa*, (c) *Ageratina adenophora*, (d) *Azadirachta indica*. There was no damage after 12 months exposed to powder-post beetle in laboratory.



Figure 6 *Bambusa beecheyana* Munro was treated by Pressure Treatment, using plant extracts solution of (a) *Abrus precatorius* Linn., (b) *Lepisanthes fruiticosa*, (c) *Ageratina adenophora* (d) *Azadirachta indica*. There was no damage after 12 months exposed to powder-post beetle in laboratory.



Figure 7 *Dendrocalamus copelandii* (Gamble ex Brandis) was treated by soaking in plant extracts solution of (a) *Abrus precatorius* Linn., (b) *Lepisanthes fruiticosa*, (c) *Ageratina adenophora* (d) *Azadirachta indica*. There was no damage after 12 months exposed to powder-post beetle in laboratory.



Figure 8 *Dendrocalamus copelandii* (Gamble ex Brandis) was treated by Pressure Treatment, using plant extracts solution of (a) *Abrus precatorius* Linn., (b) *Lepisanthes fruiticosa*, (c) *Ageratina adenophora*, (d) *Azadirachta indica*. There was no damage after 12 months exposed to powder-post beetle in laboratory.

3. ไม้มันหมู

ไม้มันหมู ที่อาบน้ำยาโดยใช้สารสกัดจากพืช 3 ชนิด ได้แก่ หางไหลแดง บอระเพ็ด และ เมล็ดมันแกวความเข้มข้น 5% ตรวจผลการทดสอบการเข้าทำลายของมอดทำลายไม้ในห้องปฏิบัติการ ระยะ 12 เดือน พบว่าไม่มีการเข้าทำลายของมอด (figure 9–10)

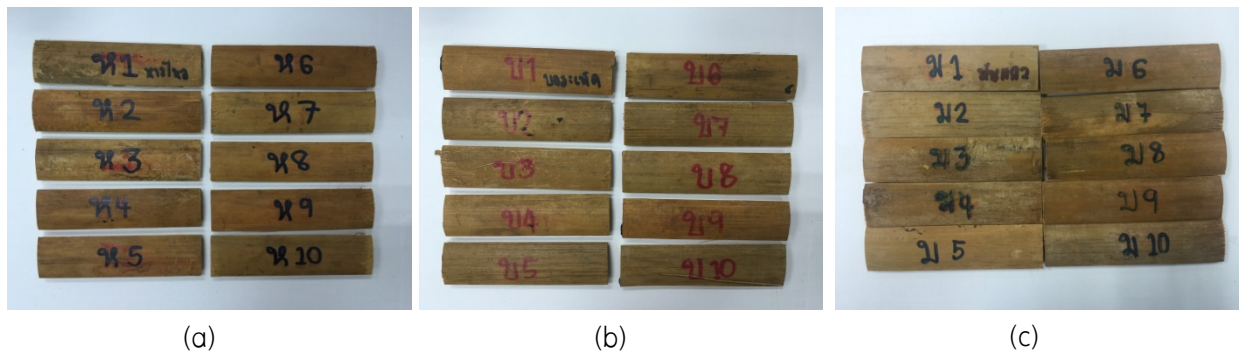


Figure 9 *Dendrocalamus copelandii* (Gamble ex Brandis) was treated by soaking in plant extracts solution of (a) *Derris elliptica*, (b) *Tinospora cordifolia*, (c) *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban. There was no damage after 12 months exposed to powder-post beetle in laboratory.

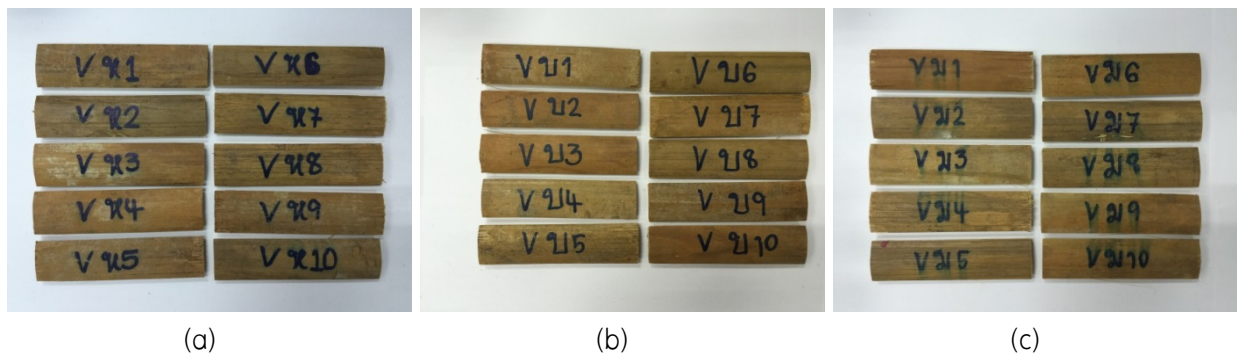


Figure 10 *Dendrocalamus copelandii* (Gamble ex Brandis) was treated by Pressure Treatment, using plant extracts solution of (a) *Derris elliptica*, (b) *Tinospora cordifolia*, (c) *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban. There was no damage after 12 months exposed to powder-post beetle in laboratory.



Figure 11 *Thyrsostachys oliveri* Gamble was treated by water. (Control)



Figure 12 Powder-post beetle rearing bamboo sticks for infestation testing (a) Before testing
(b) After 12 months testing

จากการทดลองสังเกตพบว่า ไม้ไผ่รวกดำที่อาบน้ำยาด้วยน้ำเปล่า(ชุด Control) มีการเข้าทำลายของมอดเล็กน้อย (Figure 1) และพบว่าไม้ไผ่ที่ใช้เลี้ยงมอดก่อนทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชมีการเข้าทำลายของมอดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มทำการทดลอง (Figure 12) แต่ไม้ทดลองที่อาบน้ำยาด้วยสารสกัดจากพืชไม่พบการเข้าทำลายของมอดเลย อาจมีผลมาจากการวางไม้ทดลอง แบบสุ่มสมบูรณ์ในตู้เลี้ยงมอด ทำให้กลิ่นของสารสกัดจากพืชไปรบกวนการกินอาหารและวงจรชีวิตของมอด ทำให้มอดไม่สามารถเข้าไปวางไข่และเจริญเติบโตในเนื้อไม้ เมื่อปริมาณมอดในไม้ไผ่ที่ใช้เลี้ยงมอดลดลงทำให้อัตราการวางไข่และการเจริญไปเป็นตัวเต็มวัยรุ่นใหม่ลดลง ทำให้ปริมาณมอดในตู้ทดสอบลดจำนวนลง จึงไม่พบการเข้าทำลายของมอดในไม้ทดสอบ อาจเป็นไปได้ว่าสารสกัดเหล่านี้มีฤทธิ์ในการเป็นสารขับไล่แมลงและควรปรับปรุงวิธีการทดสอบการเข้าทำลายของแมลงเนื่องจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการมีข้อจำกัดเรื่องความแข็งแรงและปริมาณของมอด

สรุปผล

1. ไผ่รวกดำและไผ่รวก ที่อาบน้ำยาโดยใช้สารสกัดจากพืช 3 ชนิด ได้แก่ เลี่ยน สาบเสือ และ หนอนตายหายากความเข้มข้น 5% พบว่าสารสกัดจากพืช 3 ชนิดมีศักยภาพในการนำไปใช้ป้องกันมอดทำลายไม้ได้ในระดับดีมากและไผ่รวกมีความทนทานต่อมอดทำลายไม้มากกว่าไผ่รวกดำเล็กน้อย
2. ไผ่กิมชุงและไผ่มันหมู ที่อาบน้ำยาโดยใช้สารสกัดจากพืช 4 ชนิด ได้แก่ มะกล่ำ ชำมะเลียง สาบหมาและสะเดา ความเข้มข้น 5% พบว่าสารสกัดจากพืช 4 ชนิดมีศักยภาพในการนำไปใช้ป้องกันมอดทำลายไม้ได้ในระดับดีมาก
3. ไผ่มันหมู ที่อาบน้ำยาโดยใช้สารสกัดจากพืช 3 ชนิด ได้แก่ หางไหลแดง บอระเพ็ด และ เมล็ดมันแกวความเข้มข้น 5% พบว่าสารสกัดจากพืช 3 ชนิดมีศักยภาพในการนำไปใช้ป้องกันมอดทำลายไม้ได้ในระดับดีมาก
4. สารสกัดจากพืช ทุกชนิดที่ใช้ในการวิจัยนี้มีประสิทธิภาพในการป้องกันมอดได้ในระดับดีมาก

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ ดร.เจลิยว เพชรทอง ประธานสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษมบุรี ในการให้ความอนุเคราะห์สารสกัดหนอนตายหายาก หางไหลแดง บอระเพ็ด และเมล็ดมันแกวสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- จามูลักษณ์ ขนบดี และคณะ. 2549. ประสิทธิภาพของสารสกัดสะเดาในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูคาน้ำ. ใน รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 19: เล่มที่ 2 กลุ่มเกษตรศาสตร์. ปทุมธานี, หน้า 146-152
- นันทยาภรณ์ ยอดสิงห์. 2552. การผลิตสารสกัดหยาบจากสมุนไพรเพื่อฆ่าแมลงศัตรูพืช. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

พวงชมพู ลุนจักร. 2549. ผลการใช้น้ำส้มควันไม้ต่อการควบคุมไข่ตัวอ่อนและดักแด้ของแมลงวันบ้าน
ปัญหาพิเศษ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาทรัพยากรเกษตรชีวภาพ

ไพวรรณ เล็กอุทัย. มปป. มอดชนิดต่างๆ ที่ทำลายไม้. เอกสารเผยแพร่, 7 หน้า.

รติยา คูเขตพิทักษ์วงศ์ สังวาล สมบูรณ์ สุภาณี พิมพ์สมาน และ วชิร คุณกิตติ. 2546. การเปรียบเทียบ
ปริมาณสาร azadirachtin และฤทธิ์การยับยั้งการกินของสารสกัดจากเมล็ดสะเดาสามชนิด
ต่อหนอนใยผัก. KKURes J. 8(2): 11-17.

สังวาล สมบูรณ์ และสุภาณี พิมพ์สมาน. 2546. ศักยภาพของการใช้น้ำมันระเหยง่ายจากพืชตระกูล
Zingiberaceae ในการควบคุมมอดแป้ง (*Tribolium castaneum* Herbst) และด้วงวง
ข้าวสาร (*Sitophilus oryzae* L.), Agriculture Sci. J. 34: 4-6 (Suppl.) : 183-186.

Chander, H., A.Nagender, D.K.Ahuja, and S.K.Berry.1999. Laboratory evaluation of plant extracts
as repellents to the rust red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst), on jute fabric.
International Pest Control. 41(1): 18-20.

Nor Azah, M.A.,M.Z. Zaridah, A. Abu Said, Z.P. Mohd Faridz. 2003. Larvicidal properties of
Citronella (*Cymbopogon nardus*) essential oils from two different localities. Tropical
Biomedicine. 20(2): 169-174

Tripathi, A.K.,V. Prajapati, K.K. Aggarwal, and S.Kumar. 2002. Toxicity, feeding deterrence, and
effect of activity of 1, 8-cineole from *Artemisia annua* on progeny production of
Tribolium castaneum (Coleoptera :Tenebrionidae). Journal Economic Entomology.
94(4): 979-983.

Xie,Y.S., P.G. Fields, and M.B. Isman. 1995. Repellency and toxicity of azadirachtin and neem
concentrates to three stored-product beetles. Journal of Economic Entomology.
88(4): 1024-1031.

แผ่นไม้อัดสารแร่จากไผ่

Wood mineral-bonded Panels from Bamboo

วัลยุท เฟื่องวิวัฒน์¹

(VALLAYUTH FUEANGVIVAT)

ปิยะวดี บัวจงกล²

(PIYAWADE BAUCHONGKOL)

วีรญา ธรรมจันทร์³

(WEERAYA THAMMAKHAN)

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยแผ่นไม้อัดสารแร่จากไผ่ 4 ชนิด คือ ไผ่รวกดำ (*Thyrsostachys oliveri* Gamble) ไผ่มันหมู (*Dendrocalamus copelandii* Gamble ex Brandis) ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble) และไผ่กิมซุง (*Bambusa beecheyana* Munro) ที่ปรับปรุงสภาพขึ้นเกล็ดไม้ 2 วิธีการ คือ 1) แช่น้ำอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 24 ชั่วโมง 2) ต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ 4 ระดับ คือ 1) แคลเซียมคลอไรด์ 5% 2) แคลเซียมคลอไรด์ 5% ร่วมกับสารส้ม 2% 3) โซเดียมเมตาซิลิเกต 5% ร่วมกับสารส้ม 2% และ 4) ไม่ใส่สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ (Control) โดยแผ่นที่ผลิตได้นำไปทดสอบคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 878-2537 จากนั้น นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะของแผ่นไม้อัดสารแร่จากไผ่สรุปได้ว่า ไผ่รวกดำ มีความเหมาะสมในการผลิตเป็นแผ่นไม้อัดสารแร่โดยทำการปรับปรุงสภาพขึ้นเกล็ดไม้ด้วยการแช่น้ำอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% หรือแคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์

คำหลัก: แผ่นไม้อัดสารแร่ ไผ่รวกดำ ไผ่มันหมู ไผ่รวก ไผ่กิมซุง

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

² นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

³ ผู้ช่วยนักวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

ABSTRACT

Research study for wood mineral-bonded board from Pai ruak dum (*Thyrsostachys oliveri* Gamble), Pai mun moo (*Dendrocalamus copelandii* Gamble ex Brandis), Pai ruak (*Thyrsostachys siamensis* Gamble), and Pai kim sung (*Bambusa beecheyana* Munro) that treated flake with various 2 treatment conditions; 1) soaking in water at room temperature 24 hrs. and 2) boiling in hot water 100°C 1 hr. Lab size boards were manufactured by 4 accelerators type that 1) calcium chloride (CaCl₂) 5% 2) calcium chloride (CaCl₂) 5% and potassium aluminium sulfate (alum; K₂SO₄.Al₂(SO₄)₃) 2% 3) sodium meta silicate (Na₂SiO₃) 5% and alum 2% 4) non accelerators. All experimental boards were tested and analyzed the results for properties according to TISI 878-2537 (1994).

Suitable matrix for manufacturing wood mineral-bonded board is both treatment condition of bamboo flake of Pai ruak dum with CaCl₂ 5% or CaCl₂ 5% and Alum 2% for accelerator.

Keywords: wood mineral-bonded panels, *Thyrsostachys oliveri* Gamble, *Dendrocalamus copelandii* Gamble ex Brandis, *Thyrsostachys siamensis* Gamble, *Bambusa beecheyana* Munro

คำนำ

ไผ่เป็นพืชที่มีความผูกพันต่อการดำรงชีวิตประจำวันของคนไทยมาตั้งแต่โบราณกาล คนไทยในชนบทใช้ไผ่สร้างบ้านเรือนอยู่อาศัยและใช้ในการทำหัตถกรรมเครื่องจักสานเพื่อใช้สอย ถ้าไผ่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน ตั้งแต่หน่อ ราก ลำต้นและใบ คุณสมบัติที่ดีของไผ่ คือ มีความทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ลำต้นสามารถจักตอกเป็นเส้นๆ ดัดโค้งขึ้นรูป สานเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ประเภทต่างๆ ไผ่สามารถรับแรงดึงและแรงกดได้ดีโดยไม่แตกหรือหักง่าย คุณสมบัติเช่นนี้ทำให้ผลิตภัณฑ์ทรงรูปอยู่ได้นาน จึงเป็นวัตถุดิบสำคัญในการทำเครื่องจักสาน

ปี พ.ศ. 2532 รัฐบาลประกาศปิดป่า ทำให้การบริโภคไม้ภายในประเทศจำเป็นต้องนำเข้าไม้และวัตถุดิบทดแทนไม้จากต่างประเทศปีละมากกว่า 30,000 ล้านบาท และแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี รัฐบาลจึงมีนโยบายรองรับความต้องการใช้ไม้ในอนาคตด้วยการส่งเสริมการปลูกไม้เศรษฐกิจ ทั้งหมด 38 ชนิด โดยไผ่เป็นหนึ่งในไม้เศรษฐกิจที่รัฐบาลส่งเสริม ซึ่งคุณสมบัติเด่นของไผ่คือ โตเร็ว รอบการตัดฟันสั้น และการดูแลรักษาง่าย ไผ่ที่มีอายุประมาณ 2-3 ปี สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นในอนาคตไผ่น่าจะเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมไม้ของประเทศ

การวิจัยในครั้งนี้มีแนวความคิดที่จะทดลองทำแผ่นไม้อัดสารแร่จากไฟ โดยศึกษาถึงชนิดไฟสถานะของชั้นเกล็ดไม้ไฟ และสารเคมีที่เหมาะสมในการผลิตโดยพิจารณาจากสมบัติของแผ่นไม้อัดสารแร่จากไฟแต่ละชนิดเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีการศึกษา

การศึกษาวิจัยนี้ศึกษาการทำแผ่นไม้อัดสารแร่ (Wood mineral-bonded panels) กำหนดปัจจัยในการทดลอง 3 ปัจจัย คือ ชนิดไฟ วิธีการปรับสภาพชั้นเกล็ดไม้ไฟ และชนิดของสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ โดยวางแผนการทดลองแบบ 4x2x4 แฟคตอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (4x2x4 factorial experiment in completely randomized design) การทดลองมี 32 ทรีทเมนต์คอมบินชัน แต่ละระดับมีจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนว่า ผลการทดสอบนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ ถ้าปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ก็จะนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 878-2537

วัตถุดิบที่ใช้

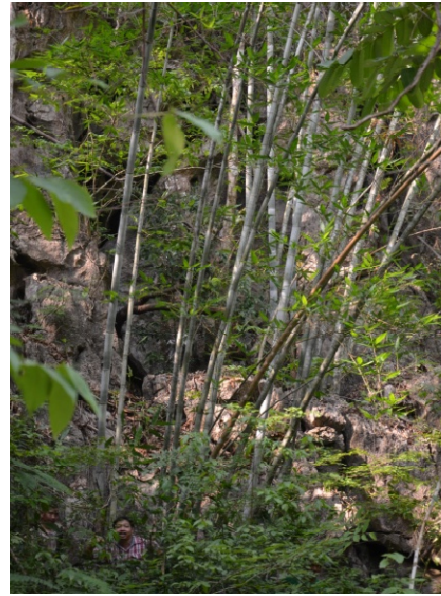
ไฟที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 4 ชนิด (ภาพที่ 1) ดังนี้

1. ไฟรวกดำ (*Thyrsostachys oliveri* Gamble) ท้องที่อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน
2. ไฟมันหมู (*Dendrocalamus copelandii* Gamble ex Brandis) ท้องที่อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี
3. ไฟรวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble) ท้องที่อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี
4. ไฟกิมซุง (*Bambusa beecheyana* Munro) ท้องที่อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี

การเตรียมวัตถุดิบ

นำไม้ไฟมาสับเป็นชิ้นไม้ไฟสับ (Bamboo chip) แล้วเข้าเครื่อง hammer mill เพื่อตีเป็นชิ้นเกล็ดไม้ นำชิ้นเกล็ดไม้ไปคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาด (Screener) ให้ได้ชิ้นเกล็ดไม้ขนาด 12-60 mesh จากนั้น นำชิ้นเกล็ดไม้ไปปรับสภาพเพื่อลดปริมาณของแป้งและน้ำตาลก่อนจะนำไปทำแผ่นไม้อัดสารเร่งตามสภาวะ ดังนี้

1. ปรับสภาพโดยแช่น้ำอุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. ปรับสภาพโดยต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง



- | | | | |
|----|----|----|--|
| 1a | 1b | 1a | Pai ruak dum (<i>Thyrsostachys oliveri</i> Gamble) |
| | | 1b | Pai mun moo (<i>Dendrocalamus copelandii</i> Gamble ex Brandis) |
| 1c | 1d | 1c | Pai ruak (<i>Thyrsostachys siamensis</i> Gamble) |
| | | 1d | Pai kim sung (<i>Bambusa beecheyana</i> Munro) |

Figure 1. Bamboo as raw material

การทำแผ่น

ชั้นเกล็ดไม้ที่ผ่านการปรับสภาพแล้วนำมาทำแผ่นไม้อัดสารเรซินโดยมีสภาวะในการวิจัย ดังนี้

ความหนาแน่นของแผ่น 1,300 กก./ลบ.ม.

ความหนาของแผ่น 10 มม.

ขนาดของแผ่น 35x35 ซม.

อัตราส่วนของชั้นเกล็ดไม้ไผ่ต่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1 30:70

สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ (Accelerator) ที่ใช้มี 4 ระดับ คือ

1. แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride; CaCl_2) 5%

2. แคลเซียมคลอไรด์ 5% ร่วมกับสารส้ม (Potassium aluminium sulfate; alum;

$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) 2%

3. โซเดียมเมตตาซิลิเกต (Sodium metasilicate; Na_2SiO_3) 5% ร่วมกับสารส้ม 2%

4. ไม่ใส่สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ (Control)

แผ่นไม้อัดสารเรซินที่ได้นำมาตัดเป็นชิ้นทดสอบสำหรับทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 878-2537

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

แผ่นไม้อัดสารเรซินที่ทำการศึกษาริ้วยจากไม้ 4 ชนิด คือ ไม้รวกดำ ไม้มันหมู ไม้รวก และ ไม้กิมซุง ที่ปรับสภาพชั้นเกล็ดไม้ 2 วิธีการคือ 1) แช่น้ำอุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง 2) ต้มในน้ำเดือด ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ 4 ระดับ คือ 1) แคลเซียมคลอไรด์ 5% 2) แคลเซียมคลอไรด์ 5% ร่วมกับสารส้ม 2% 3) โซเดียมเมตตาซิลิเกต 5% ร่วมกับสารส้ม 2% และ 4) ไม่ใส่สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ ในทุกสภาวะของการทำแผ่นพบว่า มีเพียงสภาวะเดียวที่แผ่นไม้อัดสารเรซินไม่แข็งตัว คือ แผ่นไม้อัดสารเรซินที่ทำจากชั้นเกล็ดไม้ไผ่กิมซุงที่ปรับสภาพในน้ำอุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และไม่ใส่สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์

เมื่อทำการเปรียบเทียบสมบัติของแผ่นไม้อัดสารเรซินจากไม้ไผ่ที่ทำการศึกษากับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 878-2537 แสดงให้เห็นว่า

1. ความหนา ความหนาแน่นและปริมาณความชื้น

แผ่นไม้อัดสารเรซินที่ทำจากไม้ไผ่มีค่าความหนาเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10.23–10.79 มม. ความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,128.93–1,355.08 กก./ลบ.ม. และปริมาณความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.77% – 9.92% (Table 1)

2. การดูดซึมน้ำ

การดูดซึมน้ำของแผ่นไม้อัดสารแรมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.72% – 26.26% โดยแผ่นไม้อัดสารแรมที่ทำจากชิ้นเกล็ดไม้ไผ่รวกดำที่ปรับสภาพโดยแช่น้ำอุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยต่ำสุด คือ 8.72% ส่วนแผ่นที่ใช้ไฟกิมซุงที่ปรับสภาพชิ้นเกล็ดไม้โดยแช่น้ำอุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเป็นวัตถุดิบ และไม่ใส่สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์แผ่นไม้แข็งตัวจึงไม่สามารถวัดค่าได้ (Table 1 และ Figure 2)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยเดี่ยวของชนิดไฟมีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนปัจจัยเดี่ยวของการปรับสภาพชิ้นเกล็ดไม้ไผ่ก่อนทำแผ่น และชนิดของสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ ปัจจัยร่วมสองปัจจัย และปัจจัยร่วมของทั้งสามปัจจัยมีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

นำค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า

2.1 แผ่นไม้อัดสารแรมจากไผ่รวกดำมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยต่ำสุดและแตกต่างจากไฟอีก 3 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แผ่นที่ใช้ชิ้นเกล็ดไม้ที่ปรับสภาพโดยแช่น้ำอุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยต่ำกว่าแผ่นที่ใช้ชิ้นเกล็ดไม้ที่ปรับสภาพโดยต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2.2 แผ่นที่ใส่แคลเซียมคลอไรด์ 5% และแคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจากแผ่นที่ใส่โซเดียมเมตาซิลิเกต 5% ผสมกับสารส้ม 2% หรือแผ่นที่ไม่ใส่สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2.3 เมื่อใช้ชิ้นเกล็ดไม้ที่ปรับสภาพโดยแช่น้ำอุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แผ่นไม้อัดสารแรมจากไผ่มันหมู ไผ่รวกดำ และไผ่รวกมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยแตกต่างจากแผ่นไม้อัดสารแรมจากไฟกิมซุงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่เมื่อใช้ชิ้นเกล็ดไม้ที่ปรับสภาพโดยต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นจากไฟทั้ง 4 ชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2.4 แผ่นไม้อัดสารแรมที่ทำจากไม้ไฟทั้ง 4 ชนิด ที่ใช้ชิ้นเกล็ดไม้ที่ปรับสภาพโดยแช่น้ำอุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และใส่แคลเซียมคลอไรด์ 5% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างจากแผ่นที่ใช้ชิ้นเกล็ดไม้ที่ปรับสภาพโดยต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และใส่แคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

Table 1. Physical and mechanical properties of wood mineral-bonded boards from bamboo

Bamboo type	Treatment	Accelerator type	Thickness (mm.)	Moisture content (%)	Density (Kg/m. ³)	Water absorption (%)	Thickness swelling (%)	Modulus of rupture (MPa)	Modulus of elasticity (MPa)	Internal bonding (MPa)
TISI 878-2537 (1994)			10 ± 1.0	9 -15	1100-1300	-	≤ 2	≥ 9	≥ 3,000	≥ 0.5
Pai Ruak dum	24 hrs. soaking	CaCl ₂ 5%	10.49	9.25	1,353.75	8.72 L	1.16 EFGHI	12.19 A	5,191 AB	1.22 A
		CaCl ₂ 5% + K ₂ SO ₄ .Al ₂ (SO ₄) ₃ 2%	10.29	9.44	1,346.29	9.75 KL	0.92 FGHI	11.85 A	5,070 B	0.93 B
		Na ₂ SiO ₃ 5% and K ₂ SO ₄ .Al ₂ (SO ₄) ₃ 2%	10.79	6.57	1,233.72	21.18 BC	1.29 EFGHI	6.21 HIJ	2,249 JK	0.46 HIJK
		Control	10.63	7.18	1,223.03	16.85 DEFG	0.80 H	7.98 CDE	2,678 HIJ	0.48 GHIJ
		CaCl ₂ 5%	10.56	8.62	1,286.77	12.29 IJKL	0.82 HI	10.22 B	4,548 BC	0.79 BCD
	1 hr. boiling	CaCl ₂ 5% + K ₂ SO ₄ .Al ₂ (SO ₄) ₃ 2%	10.35	9.89	1,342.19	9.77 KL	1.08 EFGHI	11.95 A	5,829 A	1.25 A
		Na ₂ SiO ₃ 5% and K ₂ SO ₄ .Al ₂ (SO ₄) ₃ 2%	10.57	6.50	1,236.09	18.77 CDEF	0.91 GHI	6.54 FGH	2,585 IJ	0.56 DEFGH
		Control	10.60	5.77	1,145.29	26.26 A	2.91 D	3.46 MN	1,251 LM	0.04 MN

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

Table 1. (Continues)

Bamboo type	Treatment	Accelerator type	Thickness (mm.)	Moisture content (%)	Density (Kg/m. ³)	Water absorption (%)	Thickness swelling (%)	Modulus of rupture (MPa)	Modulus of elasticity (MPa)	Internal bonding (MPa)
TISI 878-2537 (1994)			10 ± 1.0	9 -15	1100-1300	-	≤ 2	≥ 9	≥ 3,000	≥ 0.5
Pai Mun moo	24 hrs. soaking	CaCl ₂ 5%	10.47	8.22	1,333.99	10.46 KL	0.85 HI	9.16 BC	3,372 FGHI	0.75 BCDE
		CaCl ₂ 5% + K ₂ SO ₄ ·Al ₂ (SO ₄) ₃ 2%	10.63	9.26	1,341.24	12.28 IJKL	1.18 EFGHI	8.53 CDE	3,466 EFGH	0.79 BCD
		Na ₂ SiO ₃ 5% and K ₂ SO ₄ ·Al ₂ (SO ₄) ₃ 2%	10.41	6.96	1,261.29	21.73 BC	1.39 EFGHI	5.02 IJKL	2,138 JK	0.18 LMN
		Control	10.43	8.20	1,297.05	16.10 EFGH	0.71 I	6.37 GHI	3,121 FGHI	0.47 HIJK
		CaCl ₂ 5%	10.30	8.34	1,347.76	11.61 IJKL	1.27 EFGHI	8.09 CDE	4,198 CDE	0.72 BCDEF
	1 hr. boiling	CaCl ₂ 5% + K ₂ SO ₄ ·Al ₂ (SO ₄) ₃ 2%	10.45	8.77	1,334.08	12.04 IJKL	1.49 EFGH	8.41 CDE	3,698 DEFG	0.71 CDEF
		Na ₂ SiO ₃ 5% and K ₂ SO ₄ ·Al ₂ (SO ₄) ₃ 2%	10.64	6.48	1,196.82	23.36 AB	1.60 EFG	3.91 LMN	2,121 JK	0.26 JKL
		Control	10.33	7.85	1,271.32	15.17 FGHI	0.85 HI	5.64 HIJK	3,312 FGHI	0.56 DEFGH

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

Table 1. (Continues)

Bamboo type	Treatment	Accelerator type	Thickness (mm.)	Moisture content (%)	Density (Kg/m. ³)	Water absorption (%)	Thickness swelling (%)	Modulus of rupture (MPa)	Modulus of elasticity (MPa)	Internal bonding (MPa)
TISI 878–2537 (1994)			10 ± 1.0	9 –15	1100–1300	–	≤ 2	≥ 9	≥ 3,000	≥ 0.5
Pai Ruak	24 hrs. soaking	CaCl ₂ 5%	10.23	8.10	1,321.15	10.90 JKL	1.50 EFGH	8.70 CDE	3,741 DEFG	0.55 EFGH
		CaCl ₂ 5% + K ₂ SO ₄ ·Al ₂ (SO ₄) ₃ 2%	10.30	8.99	1,343.06	9.37 KL	1.25 EFGHI	9.12 BC	4,275 CD	0.72 BCDEF
		Na ₂ SiO ₃ 5% and K ₂ SO ₄ ·Al ₂ (SO ₄) ₃ 2%	10.58	6.98	1,229.56	14.41 GHIJ	1.12 EFGHI	4.67 KLM	2,045 JKL	0.28 JKL
		Control	10.63	6.91	1,225.85	21.00 BC	1.21 EFGHI	4.11 LMN	1,549 KLM	0.28 JKL
		CaCl ₂ 5%	10.77	8.19	1,276.48	14.53 GHI	1.65 EF	7.63 EFG	3,069 GHI	0.64 CDEFGH
	1 hr. boiling	CaCl ₂ 5% + K ₂ SO ₄ ·Al ₂ (SO ₄) ₃ 2%	10.61	9.12	1,295.12	12.39 HIJKL	1.47 EFGH	9.03 BCD	4,308 CD	0.82 BC
		Na ₂ SiO ₃ 5% and K ₂ SO ₄ ·Al ₂ (SO ₄) ₃ 2%	10.67	6.87	1,229.13	18.88 CDEF	1.69 E	3.98 LMN	1,492 KLM	0.29 JKL
		Control	10.45	7.54	1,317.78	19.34 CDE	0.92 FGHI	5.20 IJKL	2,690 HIJ	0.52 FGHI

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

Table 1. (Continues)

Bamboo type	Treatment	Accelerator type	Thickness (mm.)	Moisture content (%)	Density (Kg/m. ³)	Water absorption (%)	Thickness swelling (%)	Modulus of rupture (MPa)	Modulus of elasticity (MPa)	Internal bonding (MPa)
TISI 878-2537			10 ± 1.0	9 -15	1100-1300	-	≤ 2	≥ 9	≥ 3,000	≥ 0.5
Pai Kim sung	24 hrs. soaking	CaCl ₂ 5%	10.31	8.76	1,355.08	10.79 JKL	3.57 CD	8.45 CDE	3,624 DEFG	0.69 CDEFG
		CaCl ₂ 5% + K ₂ SO ₄ ·Al ₂ (SO ₄) ₃ 2%	10.62	9.20	1,278.82	12.97 HIJK	4.03 C	7.76 DEF	3,897 CDEF	0.60 CDEFGH
		Na ₂ SiO ₃ 5% and K ₂ SO ₄ ·Al ₂ (SO ₄) ₃ 2%	10.54	7.33	1,220.27	20.84 BC	4.40 B	4.47 KLMN	2,166 JK	0.25 KLM
		Control	10.55	-	-	-	-	-	-	-
	1 hr. Boiling	CaCl ₂ 5%	10.36	8.81	1,354.29	11.27 JKL	5.64 AB	8.37 CDE	3,458 EFGH	0.62 CDEFGH
		CaCl ₂ 5% + K ₂ SO ₄ ·Al ₂ (SO ₄) ₃ 2%	10.59	9.92	1,330.20	11.41 IJKL	3.34 D	8.97 BCD	4,128 CDE	0.76 BCDE
		Na ₂ SiO ₃ 5% and K ₂ SO ₄ ·Al ₂ (SO ₄) ₃ 2%	10.59	7.65	1,240.10	20.41 BCD	3.50 CD	4.18 LMN	2,088 JK	0.31 IJKL
		Control	10.61	6.99	1,128.93	23.27 AB	1.64 EFG	3.27 N	995 M	0.09 LMN

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

- Can't measurement.

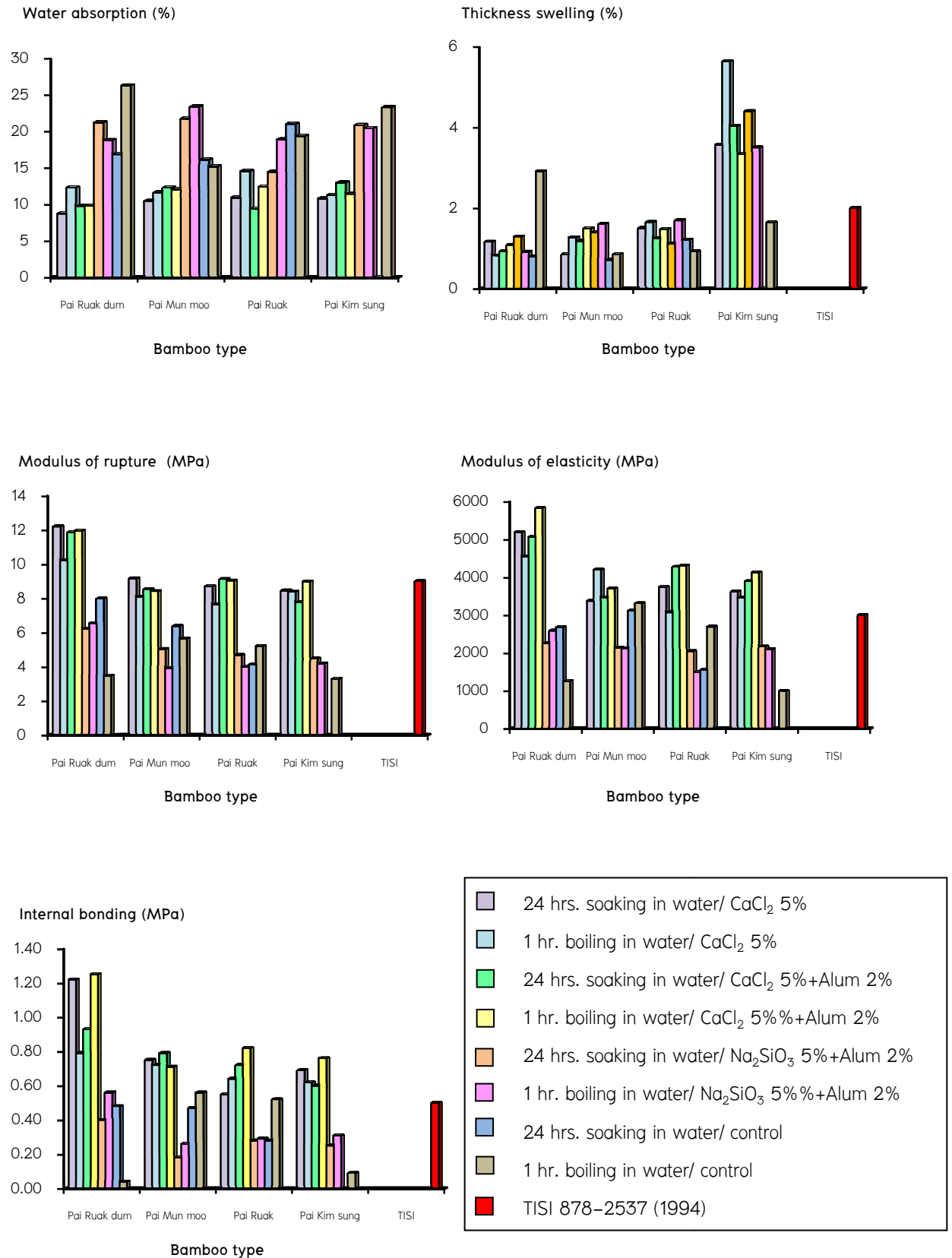


Figure 2. Physical and mechanical properties of wood mineral-bonded boards from bamboos

2.5 เมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของแผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไม้ไผ่ทั้ง 4 ชนิด ที่ปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

3. การพองตัวตามความหนา

ค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นไม้อัดสารแร่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.71%–5.64% พบว่า แผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไผ่มันหมู และไผ่รวกที่ปรับสภาพทั้ง 2 กรรมวิธี ทุกชนิดของสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 878-2537 กำหนด คือ ไม่เกิน 2% แผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไผ่รวกดำมีเพียงสถานะเดียวที่ค่าการพองตัวตามความหนาไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน คือ สถานะที่ใช้ขึ้นเกล็ดไม้ปรับสภาพโดยต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และไม่ใช่สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ ส่วนแผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไผ่กิมซุงมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นสถานะที่ใช้ขึ้นเกล็ดไม้ปรับสภาพโดยต้มในน้ำเดือด ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และไม่ใช่สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ (Table 1 และ Figure 2)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยว และปัจจัยร่วมของทั้งสามปัจจัยมีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ส่วนปัจจัยร่วมของสองปัจจัยคือ ปัจจัยร่วมของชนิดไผ่กับชนิดของสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ และปัจจัยร่วมของวิธีการปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ไผ่กับชนิดของสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ส่วนปัจจัยร่วมของชนิดไผ่กับวิธีการปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ไผ่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

นำค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า

3.1 แผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไผ่มันหมู ไผ่กิมซุง และไผ่รวกมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยไม่แตกต่างกันแต่แตกต่างจากแผ่นที่ทำจากไม้ไผ่รวกดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อใช้กรรมวิธีในการปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้แตกต่างกันค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยของแผ่นที่ทำจากไผ่รวกดำมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่แผ่นที่ทำจากไผ่มันหมู ไผ่กิมซุง และไผ่รวกมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3.2 แผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไผ่รวกดำ ไผ่มันหมู และไผ่รวกที่ใส่สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ต่างชนิดกันมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3.3 แผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไผ่รวกดำ ไผ่มันหมู และไผ่รวกแต่ละชนิดที่ปรับสภาพโดยแช่น้ำอุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่ไม่ใส่ และใส่สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ทุกชนิดมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3.4 แผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไผ่มันหมู และไผ่รวก ที่ใช้ขึ้นเกล็ดไม้ที่ปรับสภาพกรรมวิธีต่างกัน เมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารลัม 2% หรือโซเดียมเมตาซิลิเกต 5% ผสมกับสารลัม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4. ค่าความต้านแรงดัด

ค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยของแผ่นไม้อัดสารแร่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.27–12.19 MPa พบว่าแผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไผ่รวกดำที่ปรับสภาพโดยแช่น้ำอุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 12.19 MPa

นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารลัม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์แผ่นที่ทำจากไผ่รวกดำ และไผ่รวกที่ปรับสภาพทั้ง 2 กรรมวิธี และเมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของของปูนซีเมนต์แผ่นที่ทำจากไผ่รวกดำที่ปรับสภาพโดยต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และแผ่นที่ทำจากไผ่มันหมูที่ปรับสภาพโดยแช่น้ำอุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 24 ชั่วโมงมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 878–2537 กำหนดเช่นกัน คือ ไม่น้อยกว่า 9 MPa (Table 1 และ Figure 2)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยเดี่ยวของชนิดไม้ ปัจจัยเดี่ยวของชนิดของสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ ปัจจัยร่วมของชนิดไม้กับกรรมวิธีการปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ ปัจจัยร่วมของชนิดไม้กับชนิดของสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ และปัจจัยร่วมของทั้งสามปัจจัยมีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยเดี่ยวของกรรมวิธีการปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ และปัจจัยร่วมของกรรมวิธีการปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้กับชนิดของสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

นำค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า

4.1 แผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไผ่รวกดำที่ใช้ขึ้นเกล็ดไม้ที่ปรับสภาพทั้ง 2 วิธี ใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารลัม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ และแผ่นไม้อัดสารแร่ที่ใช้ขึ้นเกล็ดไม้ที่ปรับสภาพโดยแช่น้ำอุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.2 แผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไผ่มันหมู ไผ่รวก และไผ่กิมชุงที่ใช้ขึ้นเกล็ดไม้ที่ปรับสภาพโดยแช่น้ำอุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ และที่ใช้ขึ้นเกล็ดไม้ที่ปรับสภาพโดยต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.3 แผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไผ่แต่ละชนิดที่ปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ทั้ง 2 กรรมวิธี เมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

5. ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น

ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยของแผ่นไม้อัดสารแร่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 995– 5,829 MPa พบว่าแผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไม้ไผ่ทั้ง 4 ชนิด ที่ปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ทั้ง 2 กรรมวิธี ใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% หรือแคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ และแผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไม้ไผ่มันหมูที่ปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ทั้ง 2 กรรมวิธี ไม่ใส่สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 878–2537 กำหนด คือ ไม่น้อยกว่า 3,000 MPa โดยแผ่นไม้อัดสารแร่จากไผ่รวกดำที่ปรับสภาพโดยต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 5,829 MPa (Table 1 และ Figure 2)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยเดียวของชนิดไม้ สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ และปัจจัยร่วมของชนิดไม้กับชนิดของสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ และปัจจัยร่วมของทั้งสามปัจจัยคือ ชนิดไม้ กรรมวิธีการปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ และชนิดของสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)

นำค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า

5.1 แผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไผ่รวกดำที่ปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ทั้ง 2 กรรมวิธี เมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ถ้าใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% หรือโซเดียมเมตาซิลิเกต 5% ร่วมกับสารส้ม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์จะมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

5.2 แผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไผ่รวกที่ปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ทั้ง 2 กรรมวิธี เมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% หรือแคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% หรือโซเดียมเมตาซิลิเกต 5%

5.3 ร่วมกับสารลัม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์จะมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

5.4 แผ่นไม้อัดสารเร่งที่ทำจากไผ่มันหมู ที่ปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ทั้ง 2 กรรมวิธี เมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารลัม 2% หรือโซเดียมเมตาซิลิเกต 5% ร่วมกับสารลัม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ หรือไม้ใส่สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์จะมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ถ้าใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์จะมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

5.5 แผ่นไม้อัดสารเร่งที่ทำจากไผ่กิมซุงที่ปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ทั้ง 2 กรรมวิธี เมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% หรือแคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารลัม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์จะมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเป็นค่าที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 878-2537

5.6 แผ่นไม้อัดสารเร่งที่ทำจากไผ่รวก และไผ่กิมซุง ที่ปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ทั้ง 2 กรรมวิธี และใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารลัม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

5.7 แผ่นไม้อัดสารเร่งที่ทำจากไผ่ทั้ง 4 ชนิด ที่ปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ทั้ง 2 กรรมวิธี และใช้โซเดียมเมตาซิลิเกต 5% ร่วมกับสารลัม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 878-2537

6. ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

แผ่นไม้อัดสารเร่งจากไผ่มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.00 – 1.25 MPa พบว่า แผ่นไม้อัดสารเร่งที่ทำจากไผ่ทั้ง 4 ชนิด ที่ปรับสภาพโดยแช่น้ำอุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% หรือแคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารลัม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 878-2537 กำหนด คือ ไม่น้อยกว่า 0.5 MPa

เมื่อใช้ขึ้นเกล็ดไม้ที่ปรับสภาพโดยต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า นอกจากแผ่นไม้อัดสารเร่งที่ทำจากไผ่ทั้ง 4 ชนิด ที่ใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% หรือแคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารลัม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ที่มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานแล้ว ยังมีแผ่นที่ทำจากไผ่รวกดำและใช้โซเดียมเมตาซิลิเกต 5% ผสมกับสารลัม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ และแผ่นที่ทำจากไผ่มันหมูและไผ่รวกที่ไม่ใส่สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 878-2537 กำหนดเช่นกัน (Table 1 และ Figure 2)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า มีเพียงปัจจัยเดียวของกรรมวิธีการปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ที่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) นอกนั้นมีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)

นำค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า

6.1 แผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไผ่รวกดำที่ปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ทั้ง 2 กรรมวิธี เมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% และแคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยแผ่นที่ทำจากไผ่รวกดำที่ปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้โดยการต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 1.25 MPa

6.2 แผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไผ่รวกดำที่ปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้โดยการต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อใช้สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ที่แตกต่างกันมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

6.3 แผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไผ่รวกดำที่ปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้โดยแช่ในน้ำอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับการใช้สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ชนิดอื่น

6.4 แผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไผ่รวกที่ปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ทั้ง 2 กรรมวิธี เมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% หรือแคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% หรือโซเดียมเมตาซิลิเกต 5% ร่วมกับสารส้ม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

6.5 แผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไม้ไผ่หนาม และไผ่กิมชุงที่ปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ทั้ง 2 กรรมวิธี เมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% หรือแคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

6.6 แผ่นไม้อัดสารแร่ที่ทำจากไม้หนาม และไผ่กิมชุงที่ปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ทั้ง 2 กรรมวิธี เมื่อใช้โซเดียมเมตาซิลิเกต 5% ร่วมกับสารส้ม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ หรือไม่ใส่สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สรุปผล

คุณลักษณะของแผ่นไม้อัดสารแร่ที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก 878-2537 จากไม้ไฟ 4 ชนิด คือ ไม้รวกดำ ไม้มันหมู ไม้รวก และ ไม้กิมซุง ที่ปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้โดยแช่น้ำอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ใช้สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ 4 ระดับ คือ 1) แคลเซียมคลอไรด์ 5% 2) แคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% 3) โซเดียมเมตาซิลิเกต 5% ผสมกับสารส้ม 2% และ 4) ไม้ใส่สารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ มีผลสรุปได้ดังนี้

1. ไม้รวกดำ

ปัจจัยที่เหมาะสมในการนำไม้ไม้รวกดำมาทำแผ่นไม้อัดสารแร่ คือ ใช้ขึ้นเกล็ดไม้ที่ปรับสภาพโดยแช่น้ำอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% หรือแคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์

2. ไม้มันหมู

ปัจจัยที่เหมาะสมในการนำไม้ไม้มันหมูมาทำแผ่นไม้อัดสารแร่ คือ ใช้ขึ้นเกล็ดไม้ที่ปรับสภาพโดยแช่น้ำอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์

3. ไม้รวก

ปัจจัยที่เหมาะสมในการนำไม้ไม้รวกมาทำแผ่นไม้อัดสารแร่ คือ ใช้ขึ้นเกล็ดไม้ที่ปรับสภาพโดยแช่น้ำอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์

4. ไม้กิมซุง

ไม่มีปัจจัยที่เหมาะสมในการนำไม้ไม้กิมซุงมาทำแผ่นไม้อัดสารแร่ที่มีคุณลักษณะผ่านตามาตรฐาน มอก. 878-2537 แต่หากต้องการทำแผ่นไม้อัดสารแร่จากไม้กิมซุงควรนำขึ้นเกล็ดไม้ไปปรับสภาพโดยต้มขึ้นเกล็ดไม้ในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ ซึ่งแผ่นมีคุณลักษณะที่ดีกว่าปัจจัยอื่น แต่ต้องปรับปรุงค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นให้ต่ำลงโดยเปลี่ยนกรรมวิธีในการปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ ชนิดและปริมาณของสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ หรืออัตราส่วนผสมระหว่างขึ้นเกล็ดไม้กับปูนซีเมนต์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะของแผ่นไม้อัดสารแร่จากไม้ไผ่สรุปได้ว่า ไม้ไผ่รวกดำมีความเหมาะสมในการผลิตเป็นแผ่นไม้อัดสารแร่โดยทำการปรับสภาพขึ้นเกล็ดไม้ด้วยการแช่น้ำอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และใช้แคลเซียมคลอไรด์ 5% หรือแคลเซียมคลอไรด์ 5% ผสมกับสารส้ม 2% เป็นสารเร่งการแข็งตัวของปูนซีเมนต์

เอกสารอ้างอิง

- ธวัช จิรายุส และ สมชัย เบญจขย. 2535. การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการทำแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากทางใบปาล์มน้ำมัน, น. 163-172. ใน การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2535. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ ฯ.
- ธวัช จิรายุส, สมชัย เบญจขย และ อุทาร์ตน์ ภูโพบูลย์. 2536. แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์จากไม้เสม็ด. น. 212-222. ใน การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2536. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ ฯ.
- ปรีชา เกียรติกระจาย, ชัยรัตน์ ตียานุกุลมงคล, อีระชัย จันทระเสนา และ อำนวย คอวนิช. 2525. แผ่นขึ้นไม้ผสมซีเมนต์อัดจากไม้ยูคาลิปตัสและไม้สัก, น. 162-170. ใน การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2525 สาขาวนผลิตภัณฑ์. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ ฯ.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2537.มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง. มอก.878-2537. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ ฯ. 23 น.
- สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้. 2557. วิจัยการใช้ประโยชน์ไม้สะเดาเพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ. อักษรสยามการพิมพ์ กรุงเทพฯ. 146 น.
- สมชัย เบญจขย. 2535. ผลกระทบของลักษณะขึ้นไม้ การปรับสภาพไม้และอัตราส่วนไม้ต่อซีเมนต์ต่อสมบัติของแผ่นไม้อัดซีเมนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Coutts, R.S.P. and V. Ridikas, 1982. Refined wood fibre-cement Products. Appita 35(5): 395-400.
- ISO. 1972. Fiber building boards – Hard and medium boards – Determination of water absorption and of swelling in thickness after immersion in water , ISO 769: 1972.Switzerland. 4 p.
- ISO. 1987. Cement-bonded particleboards – Boards of Portland or equivalent cement reinforced with fibrous wood particles. ISO 8335: 1987. Switzerland. 9 p.

- Lee A.W.C. and Z. Hong. 1986. Compressive strength of cylindrical samples as an indicator of wood–cement compatibility. *Forest Product J.* 36(11/12): 87–90.
- Fueangvivat, V. and P. Bauchongkol. 2004. The effects of bamboo pretreatment on the properties of bamboo cement boards. *In* Final technical report. Sustainable management and Utilization from Bamboo. Project: PD 56/99 Rev.1(I): 69–79.
- Zhengtian, L. and A.A. Moslemi. 1985. Influence of chemical additives on the hydration characteristics of western larch wood–cement–water mixtures. *Forest Products J.* 35(7/8): 37–43.

เอ็ม ดี เอฟ ไม้ไผ่ที่เป็นมิตรกับผู้บริโภค

Bamboo MDF for Good Life Consumer

ปิยะวดี บัวจงกล¹ (PIYAWADE BAUCHONGKOL)
วัลยุท เฟื่องวิวัฒน์² (VALLAYUTH FUEANGVIVAT)
วีรญา ธรรมจันทร์³ (WEERAYA THAMMAKHAN)

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาทำแผ่นเอ็ม ดี เอฟ จากไม้ไผ่ 4 ชนิด คือ ไผ่รวกดำ (*Thyrsostachys oliveri* Gamble) ไผ่มันหมู (*Dendrocalamus copelandii* Gamble ex Brandis) ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble) และไผ่กิมชุง (*Bambusa beecheyana* Munro) ที่ใช้การตามชนิดและปริมาณที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1) การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% 2) การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% 3) การ pMDI 7% และ 4) การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาวย pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อม โดยแผ่นที่ผลิตได้นำไปทดสอบคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547 และมาตรฐาน JIS A 5905-1994 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ

จากสมบัติทางกายภาพและกลสมบัติของแผ่นเอ็ม ดี เอฟ จากไม้ไผ่ทั้ง 4 ชนิด พบว่า แผ่นที่ใช้กาวย pMDI ในปริมาณ 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งซึ่งเป็นกาวยที่ไม่มีสารระเหยประเภทฟอร์มัลดีไฮด์ มีคุณสมบัติผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด อีกทั้งยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับผู้บริโภค

คำหลัก: แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ไผ่รวกดำ ไผ่มันหมู ไผ่รวก ไผ่กิมชุง

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

² นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

³ ผู้ช่วยนักวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

ABSTRACT

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

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

Keywords: medium density fiberboard (MDF), *Thyrsostachys oliveri* Gamble,

Dendrocalamus copelandii Gamble ex Brandis, *Thyrsostachys siamensis* Gamble,

Bambusa beecheyana Munro,

คำนำ

ไผ่เป็นไม้ชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตในระยะเวลานาน และสามารถปลูกได้อย่างต่อเนื่อง และยั่งยืน อีกทั้งยังเป็นพืชที่มีประโยชน์อย่างหลากหลาย ใบ ใช้ทำปุ๋ย หน่อใช้ทำอาหาร และลำไผ่ซึ่งใช้ในการก่อสร้าง เป็นต้น จากการใช้ไม้โตเร็วเพื่อเป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรมแผ่นไม้ประกอบและเยื่อกระดาษในแต่ละปีเป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นทุกปี ดังนั้น เพื่อเป็นการรองรับความต้องการใช้ไม้ในปัจจุบันจึงได้มีการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวางเพื่อที่จะหาไม้หรือวัสดุที่เป็นเส้นใยมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเพิ่มมากขึ้น เพื่อเป็นการเพิ่มทางเลือกใหม่แก่โรงงานอุตสาหกรรม

จากในอดีตมีการวิจัยและพัฒนาไม้ไผ่มาผลิตแผ่นไม้ประกอบ หลากหลายประเภท เช่น แผ่นขึ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง และแผ่นไม้ประกบ ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้สามารถนำไปพัฒนาในระบบอุตสาหกรรมเพื่อผลิตเป็นวัสดุแผ่นไม้ประกอบที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทดแทนไม้จริงได้เป็นอย่างดี ทั้งในงานก่อสร้างอาคารบ้านเรือน และงานเฟอร์นิเจอร์ ตามคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ นั้น ๆ แต่เนื่องจากในอดีตเราไม่มีการคำนึงถึงสภาพแวดล้อม และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับผู้บริโภค อันเนื่องมาจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ซึ่งก็คือ สารเชื่อม หรือกาว นั่นเอง การวิจัยในครั้งนี้มีแนวคิดที่จะผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง หรือที่เรียกกันว่า แผ่น เอ็ม ดี เอฟ ที่เป็นมิตรกับ

ผู้บริโภคโดยใช้การที่มีสารระเหยประเภทฟอร์มาลดีไฮด์อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ หรือที่เรียกกันในการการค้าว่า “กาบ E₀” ซึ่งจะแตกต่างจากการวิจัยในอดีตที่ผ่านมาที่ใช้กาบที่มีสารฟอร์มาลดีไฮด์เป็นส่วนผสมอยู่ในปริมาณที่สูง หรือที่เรียกว่า “กาบ E₂” ที่ใช้ผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางในท้องตลาด การวิจัยในครั้งนี้มีแนวความคิดที่จะศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจากไผ่แต่ละชนิดเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม

วิธีการวิจัย

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

1. วัตถุดิบที่ใช้

ไผ่ที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 4 ชนิด (Figure 1) ดังนี้

1.1 ไผ่รวกดำ (*Thyrsostachys oliveri* Gamble) จากท้องที่อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน

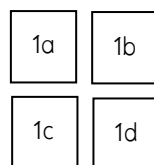
1.2 ไผ่มันหมู (*Dendrocalamus copelandii* Gamble ex Brandis) จากท้องที่อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

1.3 ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble) จากท้องที่อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี

1.4 ไผ่กิมซุง (*Bambusa beecheyana* Munro) จากท้องที่อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี

2. การเตรียมวัตถุดิบ

นำไม้ไผ่มาสับเป็นชิ้นไม้ไผ่สับ (bamboo chip) แล้วนำมาแยกเยื่อโดยใช้กรรมวิธีการแยกเยื่อแบบแอลฟูลนซ์ เยื่อหยาบที่ได้จะไปผ่านเครื่องบดละเอียดให้มีค่าความเป็นอิสระเท่ากับ 20 ± 1 DS จากนั้นนำเส้นใยไปอบให้เหลือความชื้นประมาณ 3-5% เพื่อใช้ทำแผ่นต่อไป



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

Figure 1. Bamboo as raw material

3. การทำแผ่น

เส้นใยไฟจากข้อ 2. นำมาทำแผ่นเอ็ม ดี เอฟ โดยมีสภาวะในการวิจัย ดังนี้

ความหนาแน่นของแผ่น 750 กก./ลบ.ม.

ความหนาของแผ่น 10 มม.

ความชื้นของเยื่อก่อนผสมการร้อยละ 3-5

การวิจัยในครั้งนี้ทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง หรือที่เรียกกันว่า แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่เป็นมิตรกับผู้บริโภคโดยใช้การที่มีสารระเหยประเภทฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ หรือที่เรียกกันในทางการค้าว่า “การ E₀” เพื่อเปรียบเทียบสมบัติของแผ่นกับการใช้การที่มีสารฟอร์มัลดีไฮด์เป็นส่วนผสมอยู่ในปริมาณที่สูง หรือที่เรียกว่า “การ E₂” ที่ใช้ผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางในท้องตลาด ดังนี้

3.1 การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (urea formaldehyde; UF) ใช้การประเภท E₂ ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ที่ร้อยละ 0.2% โดยใช้ในปริมาณ 10% และ 12% ของน้ำหนักของเยื่อแห้ง

3.2 การโพลีเมอริค ไดฟีนิลมีเทน ไดไอโซไซยาเนต (polymeric diphenyl methane diisocyanate; pMDI) เป็นการที่ไม่มีฟอร์มัลดีไฮด์เป็นส่วนผสมและไม่มีการปลดปล่อยสารระเหยจากผลิตภัณฑ์จัดเป็นการประเภท non formaldehyde emission จึงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภคโดยใช้ในปริมาณ 7% ของน้ำหนักของเยื่อแห้ง

3.3 การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ในปริมาณ 5% ของน้ำหนักเยื่อแห้งผสมกับการ pMDI ในปริมาณ 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเพื่อลดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ลง

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

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

เมื่อทำการเปรียบเทียบสมบัติของ แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำการศึกษาวิจัยจากไม้ไฟ 4 ชนิด คือ ไม้รวกดำ ไม้มันหมู ไม้รวก และไม้กิมซุง ที่ใช้การตามชนิดและปริมาณที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1) การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% 2) การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% 3) การ pMDI 7% และ 4) การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับการ pMDI 2% กับมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547 และมาตรฐาน JIS A 5905-1994 แสดงให้เห็นว่า

1. ความหนา และปริมาณความชื้น

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

2. การดูดซึมน้ำ

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

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยเดี่ยว และปัจจัยร่วมของชนิดไม้และกาที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

นำค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า

2.1 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ใช้การ pMDI 7% การยู่เรียพอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับการ pMDI 2% การยู่เรียพอร์มัลดีไฮด์ 12% และการยู่เรียพอร์มัลดีไฮด์ 10% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยเรียงจากน้อยไปหามากตามลำดับ และเป็นค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2.2 เมื่อใช้การยู่เรียพอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับการ pMDI 2% เป็นสารเชื่อมค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่รวกดำ ไผ่มันหมู และไผ่รวกมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2.3 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ จากไผ่มันหมู ไผ่รวก และไผ่กิมซุงที่ใช้การ pMDI 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่รวกดำ

3. การพองตัวตามความหนา

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

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยเดี่ยว และ ปัจจัยร่วมของชนิดไม้และกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$)

นำค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า

Table 1. Physical properties of MDF from bamboo

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

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

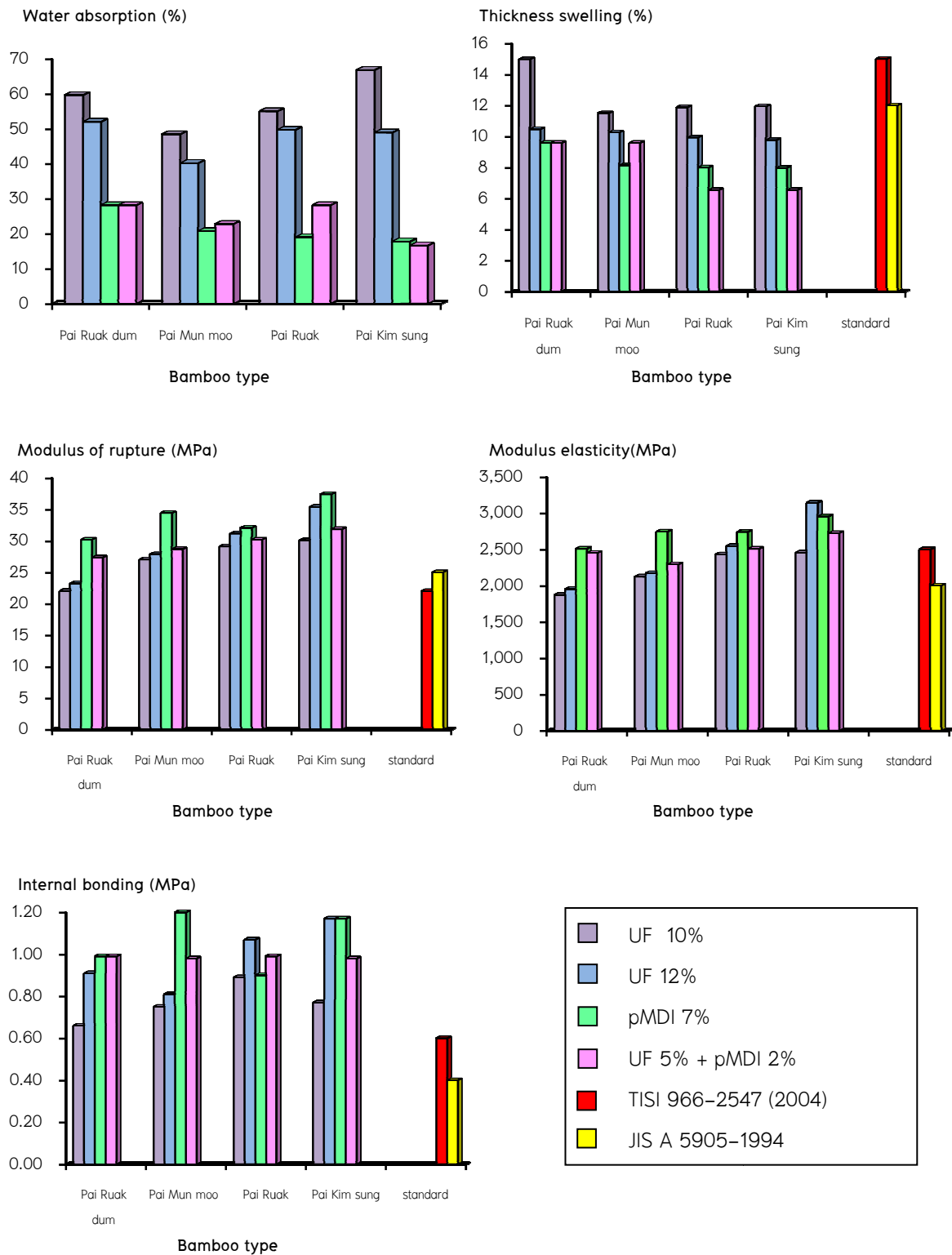


Figure 2. Physical and mechanical properties of MDF from bamboos

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

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

3.3 เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาว pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยของแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่มันหมู และไผ่กิมซุงมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่รวกดำ และไผ่รวก

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

4. ค่าความต้านแรงดัด

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

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า มีเพียงปัจจัยเดียวของชนิดไผ่และการใช้มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

นำค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า

4.1 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่มันหมู และไผ่รวกมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจากแผ่นที่ทำจากไผ่รวกดำ และไผ่กิมซุงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่กิมซุงมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือแผ่นที่ทำจากไผ่รวก ไผ่มันหมู และไผ่รวกดำ ตามลำดับ

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

4.3 แตกต่างจากแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% และกาวยูเรีย pMDI 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.4 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ใช้กาวยูเรีย pMDI 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยสูงสุดรองลงมาคือ แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาวยูเรีย pMDI 2% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อม ตามลำดับ

Table 2. Mechanical properties of MDF from bamboo

Bamboo type	Glue type	Modulus of rupture (MPa)		Modulus of elasticity (MPa)		Internal bonding (MPa)	
TISI 966-2547 (2004)		≥ 22.00		$\geq 2,500$		≥ 0.60	
JIS A 5905-1994		≥ 25.00		$\geq 2,000$		≥ 0.40	
Pai Ruak dum (<i>Thyrsostachys oliveri</i>)	UF 10%	22.03	H	1,870	I	0.66	D
	UF 12%	23.24	GH	1,951	HI	0.91	BCD
	pMDI 7%	30.19	DEF	2,508	CDE	0.99	ABC
	UF 5%+ pMDI 2%	27.36	FG	2,451	DEF	0.99	ABC
Pai Mun moo (<i>Dendrocalamus copelandii</i>)	UF 10%	27.03	FG	2,125	GHI	0.75	CD
	UF 12%	27.87	EF	2,171	FGH	0.81	CD
	pMDI 7%	34.42	ABC	2,745	BC	1.20	A
	UF 5%+ pMDI 2%	28.67	DEF	2,293	EFG	0.98	ABC
Pai Ruak (<i>Thyrsostachys siamensis</i>)	UF 10%	29.10	DEF	2,431	EF	0.89	BCD
	UF 12%	31.16	CDEF	2,547	CDE	1.07	AB
	pMDI 7%	32.07	ABCD	2,740	BC	0.90	BCD
	UF 5%+ pMDI 2%	30.19	DEF	2,508	CDE	0.99	ABC
Pai Kim sung (<i>Bambusa beecheyana</i>)	UF 10%	30.08	DEF	2,456	CDEF	0.77	CD
	UF 12%	35.41	AB	3,142	A	1.17	A
	pMDI 7%	37.41	A	2,953	AB	1.17	A
	UF 5%+ pMDI 2%	31.85	BCDE	2,724	BCD	0.98	ABC

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

5. ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น

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

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยว และปัจจัยร่วมของชนิดไม้และการใช้มีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

นำค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า

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

5.2 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่กิมซุงที่ใช้การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% และการยูเรียของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยแผ่นที่ใช้การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยสูงสุด คือ 3,142 MPa

5.3 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้มันหามที่ใช้การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% 12% และการยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาวยูเรีย 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันแต่แตกต่างจากแผ่นที่ใช้การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 7% เป็นสารเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5.4 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่รวกดำที่ใช้การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาวยูเรีย 2% และการยูเรีย 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันแต่แตกต่างจากแผ่นที่ใช้การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% และ 12% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5.5 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่รวกที่ใช้การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 7% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับกาวยูเรีย 2% และการยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

6. ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.66 – 1.20 MPa พบว่า แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไม้ไผ่ทั้ง 4 ชนิด ทุกชนิดและปริมาณการใช้มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966–2547 และมาตรฐาน JIS A

5905–1994 กำหนด โดยแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่มันหมูที่ใช้การ pMDI 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.20 MPa (Table 2 และ Figure 2)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยเดียวของชนิดไผ่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ปัจจัยเดียวของการที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยร่วมของทั้งสองปัจจัยมีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

นำค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test พบว่า

6.1 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ใช้การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% การ pMDI 7% และการยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับการ pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันแต่แตกต่างจากแผ่นที่ใช้การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% ของน้ำหนักเยื่อแห้ง เป็นสารเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

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

6.3 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่มันหมูที่ใช้การ pMDI 7% และการยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับการ pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

6.4 แผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่ทำจากไผ่กิมซุงที่ใช้การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% การ pMDI 7% และการยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับการ pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สรุปผล

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

1. ไผ่รวกดำ

ชนิดและปริมาณการที่เหมาะสมในการนำไผ่รวกดำมาทำแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่มีคุณลักษณะผ่านตามาตรฐาน มอก. 966-2547 และ JIS A 5905-1994 คือ ใช้การ pMDI 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อม แต่หากใช้การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับการ pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีเพียงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่ไม่ผ่านตามาตรฐาน มอก. 966-2547 ส่วนแผ่นที่ใช้การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ในปริมาณ 10% และ 12% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมไม่เหมาะสมในการทำแผ่นเอ็ม ดี เอฟ จากไผ่รวกดำ

2. ไผ่มันหมู

ชนิดและปริมาณการที่เหมาะสมในการนำไผ่มันหมูมาทำแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่มีคุณลักษณะผ่านตามาตรฐาน มอก. 966-2547 และ JIS A 5905-1994 คือ ใช้การ pMDI 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อม แต่หากใช้การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% และการยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับการ pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีเพียงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่ไม่ผ่านตามาตรฐาน มอก. 966-2547 แต่ผ่านตามาตรฐาน JIS A 5905-1994

3. ไผ่รวกและไผ่กิมซุง

ชนิดและปริมาณการที่เหมาะสมในการนำไผ่รวก และไผ่กิมซุงมาทำแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่มีคุณลักษณะผ่านตามาตรฐาน มอก. 966-2547 และ JIS A 5905-1994 คือ ใช้การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% การ pMDI 7% และการยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ร่วมกับการ pMDI 2% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อม แต่หากใช้การยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% ของน้ำหนักเยื่อแห้งเป็นสารเชื่อมมีเพียงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่ไม่ผ่านตามาตรฐาน มอก. 966-2547 แต่ผ่านตามาตรฐาน JIS A 5905-1994

จากแนวคิดในการวิจัยที่จะผลิตแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่เป็นมิตรกับผู้บริโภคโดยใช้การที่มีสารระเหยประเภทฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ หรือที่เรียกกันในการค้าว่า “การ E₀” นั้น จะเห็นได้ว่าแผ่นเอ็ม ดี เอฟ จากไผ่ทั้ง 4 ชนิด ที่ใช้การ pMDI ในปริมาณ 7% ของน้ำหนักเยื่อแห้งมีคุณลักษณะทั้งทางด้านกายภาพ และกลสมบัติผ่านตามาตรฐาน มอก. 966-2547 และ JIS A 5905-1994 และการ pMDI เป็นการที่ไม่มีสารระเหยประเภทฟอร์มัลดีไฮด์ ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ในการนำไผ่ไผ่มาผลิตแผ่นไผ่อัดความหนาแน่นปานกลาง หรือแผ่นเอ็ม ดี เอฟ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- ปิยะวดี บัวจงกล และนิคม แหยมลัก. 2550. สมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไผ่
หกและไผ่หวานอย่างข้างต่างชั้นอายุ. วารสารวนศาสตร์ ปีที่ 26 ฉบับพิเศษ. 83-92 น.
- วิจิตร กฤษณบำรุง. 2529. เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง หลักการแยกเยื่อวัตถุดิบด้วยกรรมวิธี
แอสพลุนด์ เพื่อผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็ง และแผ่นเอ็มดีเอฟ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัด
ความหนาแน่นปานกลาง. เลขที่ มอก. 966-2547.
- สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้. 2557. วิจัยการใช้ประโยชน์ไม้สะเดาเพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ.
อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 146 น.
- อนันตชัย เชื้อนธรรม. 2539. หลักการวางแผนการทดลอง. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 395 น.
- ASTM. 1987. Standard methods of the properties of wood-based fiber and particle panel materials, pp.
226-272. In 1987 Annual Book of ASTM Standards. Volume 04.09 Wood. Easton,
Madison, USA.
- Japanese Industrial Standard. 1994. Japanese Industrial Standard : medium density fiberboards.
No. JIS A 5905-1994.
- Kollmann, F.F.P., E.W. Kuenzi and A.J. Stamm. 1975. Principles of wood Science and Technology. Vol.
II. Springer-Verlag, Berlin. 703 p.
- Maloney, T.M. 1993. Modern Particleboard and Dry-process Fiberboard manufacturing. Miller
Freeman Pub., California. 672 p.

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษเหลือจากไม้ไผ่

Feasibility Study of Biogas Production from Bamboo's Residue

ลักขมี สุทธิวิไลรัตน์¹ (LAKSAMEE SUTTHIWILAIRATANA)

ประภัสสร ภาคอรธ² (PRAPASSORN PAKART)

ขวัญรพี สิทธิรสอาด² (KHWANRAPEE SITTHEESAARD)

วัชรินทร์ แซ่ฟุ้ง³ (WATCHARIN SAEFUNG)

บทคัดย่อ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษเหลือจากไม้ไผ่ โดยใช้ส่วนใบของไม้ไผ่เลือกเฉพาะส่วนที่บ่มป้อนเข้าเครื่องผลิตก๊าซชีวภาพวันละ 5 กิโลกรัม พบว่าสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้เฉลี่ยวันละ 26.43 ลิตร มีองค์ประกอบก๊าซคือ มีเทน 43.6% คาร์บอนไดออกไซด์ 53.2% และออกซิเจน 0.3% การทำถ่านอัดแท่งจากถ่านเศษกิ่งไม้ไผ่บด 2,000 กรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 50 100 150 และ 200 กรัม อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านบด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม โดยมีค่างานที่ได้เฉลี่ยเท่ากับ 1.47 อัตราการเผาไหม้เฉลี่ยเท่ากับ 6.12 กรัมต่อนาที ประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ยเท่ากับ 25.21% ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 5,837.41 แคลอรีต่อกรัม และถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านบด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 150 กรัม โดยมีค่างานที่ได้เฉลี่ยเท่ากับ 1.50 อัตราการเผาไหม้เฉลี่ยเท่ากับ 5.09 กรัมต่อนาที ประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ย เท่ากับ 24.71% และมีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 5,829.53 แคลอรีต่อกรัม

คำหลัก: ไม้ไผ่ เศษเหลือจากไม้ไผ่ พลังงาน ก๊าซชีวภาพ ถ่านอัดแท่ง

¹ นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ e-mail : laksameesut@hotmail.com

² นักวิชาการเผยแพร่ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

³ เจ้าพนักงานการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

ABSTRACT

The feasibility study of biogas production from bamboo's residue was done by using soft part of bamboo leaf feed in biogas production machine 5 kg/day. The result found that leaf of bamboo could provide biogas about 26.43 l/day. The biogas components are methane 43.7%, carbondioxide 53.2 % and oxygen 0.3 %. Charcoal briquettes from bamboo residue were made by combining 2,000 g of fine charcoal with tapioca starch at 50, 100, 150 and 200 g. The suitable combination were using of 2,000 g fine charcoal mixed with 100 g tapioca starch which provided a work done value of 1.47, a burning rate value of 6.12 g/min, a heat utilization efficiency of 25.21 % and a calorific value of 5,837.41 cal/g, and also the combination of 2,000 g fine charcoal mixed with 150 g tapioca starch which provided a work done value of 1.50, a burning rate value of 5.09 g/min, a heat utilization efficiency of 24.71 % and a calorific value of 5,829.53 cal/g.

Keywords: Bamboo, Bamboo residue, energy, biogas, charcoal briquette

คำนำ

ปัจจุบันโลกมีการพัฒนาขึ้นจากเดิมหลาย ๆ ด้าน ทั้งเทคโนโลยีการคมนาคม อุตสาหกรรม เครื่องใช้และอุปกรณ์ ซึ่งเป็นไปสำหรับความสะดวกในชีวิตประจำวันให้แก่มนุษย์ ทำให้สังคมในยุคปัจจุบันมีความต้องการที่จะใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น แต่ในทางกลับกันแหล่งของพลังงานที่ใช้กลับมีปริมาณจำกัด และลดปริมาณลงเรื่อย ๆ ไม่สามารถผลิตให้เพียงพอกับความต้องการในการใช้งานได้ ทางเลือกหนึ่งของการแก้ปัญหาเรื่องการใช้พลังงานของชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด คือการผลิตก๊าซชีวภาพมาใช้ทดแทน ก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถผลิตขึ้นใช้เองได้อย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ น่าจะก่อประโยชน์อย่างมหาศาลทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์พลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการอนุรักษ์พลังงาน เนื่องจากเศษวัสดุเหลือใช้หรือเศษวัสดุชีวมวลสามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพได้โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม และสามารถนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานทดแทนในรูปแบบต่าง ๆ ได้ ซึ่งหากสามารถนำวัสดุเหลือใช้ไปใช้ผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อทดแทนพลังงานได้มากขึ้นเท่าใด ก็จะเป็นการช่วยลดการจัดซื้อและจัดหาแหล่งพลังงานสิ้นเปลืองได้มากขึ้น และเป็นแนวทางไปสู่การพัฒนารูปแบบการใช้พลังงานจากไม้และเศษวัสดุเหลือใช้แบบอื่น ๆ ที่มีมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจมากขึ้นอีกต่อไป

วิธีการศึกษา

อุปกรณ์

1. เครื่องผลิตปุ๋ยหมักและก๊าซชีวภาพ
2. เครื่องวัดปริมาตรก๊าซ
3. เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ
4. ถังเก็บก๊าซชีวภาพ
5. เศษใบไม้และเศษกิ่งไม้
6. เตาถ่านเตี้ย
7. เทอร์โมมิเตอร์
8. ตู้อบความชื้น
9. เครื่องชั่ง
10. โถดูดความชื้น
11. เครื่องอัดถ่านแท่ง
12. แป้งมันสำปะหลัง
13. เครื่องบดย่อย
14. เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงของกรมป่าไม้
15. หม้ออลูมิเนียมเบอร์ 24

วิธีการ

1. การทดลองผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษใบไม้

นำเศษใบไม้ (Figure 1) มาสับย่อยให้มีขนาดเล็กลง เลือกส่วนที่เป็นกิ่งหรือส่วนที่แข็งออก จากนั้นนำไปแช่น้ำไว้ให้อ่อนนิ่มเพื่อเตรียมป้อนเข้าเครื่องผลิตก๊าซชีวภาพ (Figure 2) นำใบไม้ป้อนเข้าเครื่องผลิตก๊าซชีวภาพวันละ 5 กิโลกรัม หมุนแกนทวนทุกวันเพื่อลำเลียงให้เศษใบไม้เข้าสู่ถังหมักและผลักดันเศษใบไม้ที่ถูกย่อยแล้วออกมา บันทึกปริมาณของก๊าซที่ได้ในแต่ละวันด้วยเครื่องวัดปริมาตรก๊าซเป็นเวลา 25 วัน เริ่มจากวันที่เติมวัตถุดิบลงไปและเครื่องสามารถผลิตก๊าซได้แบบคงที่ วิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซที่เกิดขึ้นโดยใช้เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ เก็บก๊าซที่เกิดขึ้นไว้ในถังเก็บก๊าซเพื่อเตรียมไว้ทดลองใช้งานโดยเชื่อมต่อกับเตาหุงต้มเพื่อประกอบอาหาร



Figure 1 Leaf of bamboo prepared for biogas production



Figure 2 Biogas production machine

2. การทำถ่านอัดแท่งจากเศษเหลือไม้ไผ่

เป็นการทดลองศึกษาเพิ่มเติมจากในแผนการดำเนินงานที่กำหนดไว้ เนื่องจากมีเศษเหลือไม้ไผ่เป็นวัตถุดิบอยู่แล้ว โดยนำเศษกิ่งไม้ไผ่ขนาดเล็ก (Figure 3) มาเผาให้เป็นถ่านด้วยเตาถ่านเดียว (Figure 4) นำถ่านที่ได้จากการเผามาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดย่อย จากนั้นนำไปทดลองอัดให้เป็นแท่งด้วยเครื่องอัดถ่านแท่ง โดยใช้ผงถ่าน 2,000 กรัม ผสมกับตัวประสานคือแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน (Table 1) จับเวลาและวัดความยาวของแท่งถ่านที่อัดได้จากส่วนผสมแต่ละอัตราส่วน นำแท่งถ่านไปผึ่งให้แห้งเพื่อเตรียมนำไปทดสอบค่าพลังงานความร้อนและทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานต่อไป

Table 1 The combination between fine charcoal of bamboo residue twig and tapioca starch in different level

Fine charcoal of bamboo residue	Tapioca starch
(g)	(g)
2,000	50
2,000	100
2,000	150
2,000	200

จากนั้นนำถ่านอัดแท่งไปวิเคราะห์หาค่าพลังงานความร้อนโดยใช้ Adiabatic oxygen bomb calorimeter ตามวิธีการของ ASTM D 3172 and D 5865 และทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานโดยการต้มน้ำด้วยเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงของกรมป่าไม้ เติมน้ำในหม้อต้มน้ำอลูมิเนียมเบอร์ 24 น้ำหนักน้ำเท่ากับ 3,700 กรัม (ปริมาตร $\frac{3}{4}$ ของปริมาตรหม้อ) ปิดฝาหม้อ ต้มน้ำ โดยใช้ถ่านอัดแท่งจำนวน 400 กรัม เป็นเชื้อเพลิง สังเกตการแตกปะทุของถ่าน ปริมาณควันขณะติดไฟ บันทึกอุณหภูมิของน้ำตลอดเวลาจนกระทั่งน้ำเดือด บันทึกเวลาที่ใช้ไป จากนั้นเปิดฝาหม้อแล้วปล่อยให้ไอน้ำเดือดต่ออีก 30 นาที บันทึกน้ำหนักน้ำและถ่านที่เหลือ นำค่าที่ได้ไปคำนวณหางานที่ได้ อัตราการเผาไหม้ และประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านจากสูตร

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

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

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้งาน (\%)} = \frac{MC_p(T_2 - T_1) + (M - MI)L}{M_F H_1 + M_k H_2} \times 100$$

$$\text{เมื่อ } M = \text{น้ำหนักน้ำที่ใช้ทดลอง (กรัม)}$$

$$MI = \text{น้ำหนักน้ำที่เหลือหลังการเดือด (กรัม)}$$

- L = ความร้อนแฝงของน้ำเท่ากับ 540 แคลอรี/กรัม
 C_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 1 แคลอรี/กรัม
 T_1 = อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ (องศาเซลเซียส)
 T_2 = อุณหภูมิของน้ำเดือด (องศาเซลเซียส)
 M_f = น้ำหนักของเชื้อเพลิง (กรัม)
 M_k = น้ำหนักของเชื้อไฟ (กรัม)
 H_1 = ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม)
 H_2 = ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อไฟ (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม)



Figure 3 Characteristic of bamboo residue before making charcoal briquette



Figure 4 Charcoaling of Bamboo residue twig by single drum kiln

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. การทดลองผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษใบไม้

การทดลองนำเศษใบไม้มาทดลองผลิตก๊าซชีวภาพด้วยเครื่องผลิตก๊าซชีวภาพพบว่าสามารถผลิตก๊าซได้คงที่หลังจากเติมวัตถุดิบลงในเครื่องผลิตก๊าซวันละ 5 กิโลกรัมเป็นเวลา 8 วัน เมื่อเริ่มวัดปริมาตรของก๊าซที่เกิดขึ้นเป็นเวลาติดต่อกัน 25 วัน พบว่าสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้เฉลี่ยวันละ 26.43 ลูกบาศก์เมตร จากการวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซพบว่า มีองค์ประกอบก๊าซ คือ มีเทน 43.6% คาร์บอนไดออกไซด์ 53.2% และออกซิเจน 0.3% เมื่อทดสอบการใช้งานด้วยการประกอบอาหารสามารถใช้ประกอบอาหารได้ (Figure 5) แต่ต้องใช้เวลาหลายวันในการเก็บก๊าซเพื่อให้ได้ปริมาณที่เพียงพอต่อการหุงต้มแต่ละครั้ง



Figure 5 Food cooking by using biogas from biogas production machine

2. การทำถ่านอัดแท่งจากเศษเหลือไม้ไผ่

การทดลองทำถ่านอัดแท่งจากเศษกิ่งไม้ไผ่ โดยใช้ถ่านบด 2,000 กรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน 50 100 150 และ 200 กรัม อัดให้เป็นแท่งถ่านด้วยเครื่องอัดถ่านแท่ง พบว่าสามารถผลิตถ่านอัดแท่งได้ โดยได้ความยาวถ่านอัดแท่งเท่ากับ 310 294 288 และ 255 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 2) ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างถ่านบด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 50 กรัม ให้ความยาวแท่งถ่านมากที่สุดเท่ากับ 310 เซนติเมตร และมีอัตราการผลิตสูงสุดเท่ากับ 0.81 เซนติเมตรต่อวินาที ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างถ่านบด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม ให้ความยาวแท่งถ่านน้อยที่สุดเท่ากับ 255 เซนติเมตร และมีอัตราการผลิตต่ำสุดเท่ากับ 0.64 เซนติเมตรต่อวินาที

Table 2 Length of charcoal briquettes of bamboo residue which made by 2,000 g of fine charcoal mixed with tapioca starch in different combination

Tapioca starch (g)	Time (s)	Length (cm)	Production rate (cm/s)
50	381	310	0.81
100	392	294	0.75
150	398	288	0.72
200	401	255	0.64

เมื่อนำถ่านอัดแท่งที่ได้ (Figure 6) ไปทดสอบการใช้งานด้วยเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงของกรมป่าไม้ เพื่อหาค่างานที่ได้ อัตราการเผาไหม้ และประสิทธิภาพการใช้งาน พบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านบด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 150 กรัม มีค่างานที่ได้เฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 1.50 มีอัตราการเผาไหม้เฉลี่ยเท่ากับ 5.09 กรัมต่อนาที และมีประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ยเท่ากับ 24.71% (Table 3) ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านบด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 50 กรัม มีค่างานที่ได้เฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 1.30 มีค่าอัตราการเผาไหม้เฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 6.75 กรัมต่อนาที และมีค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำมันต่ำที่สุดเท่ากับ 23.35%



Figure 6 Charcoal briquette from bamboo residue

ถ่านอัดแท่งที่มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่าง ถ่านบด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 50 กรัม โดยมีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 5,845.21 แคลอรีต่อกรัม ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านบด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 100 150 และ 200 กรัม มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 5,837.41 5,829.33 และ 5,822.74 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ

Table 3 The work done, burning rate, heat utilization efficiency and calorific value of charcoal briquettes from bamboo residue which made by 2,000 g of fine charcoal mixed with tapioca starch in different combination

Tapioca starch (g)	50	100	150	200
Average work done	1.30	1.47	1.50	1.43
Average burning rate (g/min)	6.75	6.12	5.09	4.79
Average heat utilization efficiency (%)	23.35	25.21	24.71	24.15
Average calorific value (cal/g)	5,845.21	5,837.41	5,829.53	5,822.74

คุณภาพและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่าน สามารถเปรียบเทียบจากค่างานที่ได้ อัตราการเผาไหม้ ประสิทธิภาพการใช้งาน และพลังงานความร้อนเฉลี่ย ถ่านที่มีคุณภาพดีกว่าจะมีค่างานที่ได้ ประสิทธิภาพการใช้งาน และพลังงานความร้อนสูงกว่า แต่มีค่าอัตราการเผาไหม้ต่ำ ถ่านที่มีอัตราการเผาไหม้สูงเมื่อนำไปใช้งานจะทำให้น้ำเดือดเร็ว แต่ถ่านจะเผาไหม้หมดไปเร็ว และจะสิ้นเปลืองถ่านมากกว่าถ่านที่มีอัตราการเผาไหม้ต่ำ หรือถ่านที่มีอัตราการเผาไหม้ต่ำกว่าถือว่ามີลักษณะดีกว่าถ่านที่มีอัตราการเผาไหม้สูง เนื่องจากถ่านที่มีอัตราการเผาไหม้สูงจะสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่า เชื้อเพลิงจะหมดเร็วกว่า ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพการใช้งานต่ำกว่าด้วยนั่นเอง

จากการทดลองเห็นได้ว่า ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยของถ่านอัดแท่งลดลงตามปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านบด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 50 100 150 และ 200 กรัม มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยลดลงตามปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น โดยเท่ากับ 5,845.21 5,837.41 5,829.53 และ 5,822.74 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองทำถ่านอัดแท่งจากถ่านเศษตอรากไม้ยูคาลิปตัสที่ใช้ถ่านบด 3,000 กรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 100 200 300 และ 400 กรัม โดยถ่านอัดแท่งมีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 3,118.12 3,100.04 3,047.80 และ 3,026.82 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ (ลักขมี และ จิระพงษ์,

2548) การทดลองทำถ่านอัดแท่งจากเศษไม้สะเดาของลักษณะ (2557) พบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านบด 4,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 100 200 300 และ 400 กรัม มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 5,816.12 5,748.85 5,678.55 และ 5,577.66 แคลอรีต่อกรัม และค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านเศษไม้สะเดาบด 4,000 กรัม กับกากแป้งมันสำปะหลังที่ระดับความเข้มข้น 5 8 10 และ 15% มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 5,710.71 5,638.59 5,520.41 และ 5,514.72 แคลอรีต่อกรัม นอกจากนี้การทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วยที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับกากแป้งมันสำปะหลังที่ระดับความเข้มข้น 5 8 และ 10% ถ่านอัดแท่งมีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 6,104.26 5,765.62 และ 5,718.25 แคลอรีต่อกรัม (ลักษณะ, 2554)

จากการทดลองนี้ ถ้าจะพิจารณาว่าส่วนผสมใดมีความเหมาะสมในการทำถ่านอัดแท่งจากเศษเหลือไม้ไผ่มากที่สุด สามารถพิจารณาได้ 2 ส่วนผสมด้วยกันคือ ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมของถ่านบด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม ซึ่งมีค่างานที่ได้เฉลี่ย 1.47 อัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 6.12 กรัมต่ออนาที ประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ย 25.21% และพลังงานความร้อนเฉลี่ย 5,837.41 แคลอรีต่อกรัม และถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมของถ่านบด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 150 กรัม ซึ่งมีค่างานที่ได้เฉลี่ย 1.50 อัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 5.09 กรัมต่ออนาที ประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ย 24.71% และพลังงานความร้อนเฉลี่ย 5,829.53 แคลอรีต่อกรัม ทั้ง 2 ส่วนผสมมีค่างานที่ได้ อัตราการเผาไหม้ และประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ยใกล้เคียงกัน แต่ส่วนผสมที่มีผงถ่านบด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยสูงกว่าส่วนผสมที่มีถ่านบด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 150 กรัม ดังนั้น หากต้องเลือกส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดน่าจะเลือกส่วนผสมที่มีถ่านบด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม เนื่องจากมีค่าต่าง ๆ ใกล้เคียงกัน แต่ให้ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยสูงกว่าและสิ้นเปลืองแป้งมันสำปะหลังน้อยกว่านั่นเอง และสามารถสรุปเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานและค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยของถ่านอัดแท่งจากเศษเหลือ ต่าง ๆ ได้ตามที่ได้แสดงใน Table 4

สรุปผล

1. การผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษใบไม้ไผ่ สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้เฉลี่ยวันละ 26.43 ลิตร มีองค์ประกอบก๊าซคือ มีเทน 43.6% คาร์บอนไดออกไซด์ 53.2% และออกซิเจน 0.3%
2. การทำถ่านอัดแท่งจากถ่านเศษเหลือไม้ไผ่โดยใช้ผงถ่านบด 2,000 กรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 50 100 150 และ 200 กรัม สามารถผลิตถ่านอัดแท่งได้ทุกอัตราส่วน อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านบด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม ซึ่งมีค่างานที่ได้เฉลี่ยเท่ากับ 1.47 อัตราการเผาไหม้เฉลี่ยเท่ากับ 6.12 กรัมต่ออนาที ประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ยเท่ากับ 25.21% ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 5,837.41 แคลอรีต่อกรัม

และถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านบด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 150 กรัม ซึ่งมีค่างานที่ได้เฉลี่ยเท่ากับ 1.50 อัตราการเผาไหม้เฉลี่ยเท่ากับ 5.09 กรัมต่อนาที ประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ย เท่ากับ 24.71 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 5,829.53 แคลอรีต่อกรัม

Table 4 The comparison of heat utilization efficiency and calorific value between charcoal briquettes of defined charcoal 2,000 g mixed with tapioca 100 g from different residue

Type of residue	Eat utilization efficiency	Calorific value
	(%)	(cal/g)
Twig of <i>Azadirachta siamensis</i>	26.63	5,748.85
Bark of <i>Azadirachta siamensis</i>	24.71	4,936.70
Twig of <i>Eucalyptus urophylla</i>	28.21	6,388.65
Slap of <i>Eucalyptus urophylla</i>	29.70	6,685.29
Residue of <i>Hevea sp</i>	27.54	6,870.00
<i>Dendrocalamus brandisii</i>	25.28	6,215.29
<i>Dendrocalamus latiflorus</i>	24.06	6,183.43
<i>Bambusa sp.</i>	25.29	5,893.19
<i>Dendrocalamus sericeus</i>	21.18	5,754.86

เอกสารอ้างอิง

- ลักขมี สุทธิวิไลรัตน์. 2554. การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุชีวมวล. เอกสารทางวิชาการ. งานพัฒนาพลังงานจากไม้, กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้. สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 11 หน้า.
- ลักขมี สุทธิวิไลรัตน์, ประภัสสร ภาคอรธร, ขวัญรพี สิทธิศรีสะอาด และ วชิรินทร์ แซ่ฟุ้ง. 2557. พลังงานจากไม้สะเดา. เอกสารทางวิชาการ. งานพัฒนาพลังงานจากไม้, กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้. สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 14 หน้า.
- ลักขมี สุทธิวิไลรัตน์. และ จิระพงษ์ คูหากาญจน์. 2548. พลังงานจากตอรากไม้ยูคาลิปตัส. เอกสารทางวิชาการ. กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้. 22 หน้า.

การวิจัยและพัฒนา

การใช้ประโยชน์ไม้ไผ่เพื่อการพาณิชย์



สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

61 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900