การศึกษาแผ่นผลิตภัณฑ์จากเส้นใยหญ้าคาอัดผสมน้ำยางธรรมชาติ

The Study of Compressed fibers Plates from a mixture of Pennisetum pedicellatum with Natural rubber latex

สมพงษ์ พิริยายนต์[1*] ประยูร สุรินทร์[1] และ กิตติศักดิ์ บัวศรี[1]

Sompong Piriyayon[1*], Prayoon Surin[1] and Kitttisak Buasri[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกล แผ่นเส้นใยอัดที่ทำจากเส้นใยหญ้าคาความยาวไม่เกิน 5 มิลลิเมตร เป็นวัตถุดิบและใช้น้ำยางธรรมชาติ ทำหน้าที่เป็นสารยึดติดในการผลิต กระทำโดยวิธีการอัดร้อน โดยแผ่นที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบแบบชั้นเดียวมีขนาดกว้าง 400 มิลลิเมตร ยาว 400 มิลลิเมตร และหนา 10 มิลลิเมตร อุณหภูมิในการอัดร้อนที่ 160 องศาเซลเซียส ด้วยความดันในการอัด 150 Kg/cm^2 เป็นเวลา 7 นาที มีความหนาแน่นแผ่น 600 Kg/m^3 ที่ปริมาณน้ำยางธรรมชาติ 9% และ 12% โดยน้ำหนัก เพื่อเปรียบเทียบการใช้สารยึดติดน้ำยางธรรมชาติ ศึกษาสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกลผลการทดสอบพบว่า แผ่นผลิตภัณฑ์จากเส้นใยหญ้าคา ที่ปริมาณน้ำยางธรรมชาติ 9% และ12% ตามลำดับนั้น ความแข็งแรงเชิงกลขึ้นอยู่กับปริมาณสารยึดติด คือเมื่อปริมาณน้ำยางเพิ่มขึ้นค่าสมบัติเชิงกลจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ผลการทดสอบ ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ ชี้ให้เห็นว่า แผ่นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยใช้ปริมาณน้ำยางธรรมชาติ 9% และ12% ที่ความหนาแน่นแผ่น 600 Kg/m^3 สามารถใช้เป็นแผ่นฝ้าความหนาแน่นปานกลาง ที่มีสมบัติตามมาตรฐาน JIS A 5908–1994

คำสำคัญ : ยางธรรมชาติ หญ้าคา การอัดร้อน สมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ

Abstract

This research aims to study the mechanical properties. The compressed fibers sheets made from Pennisetumpedicellatum grass fiberssize less than 5 millimeter and natural rubber latex. Act as adhesives in the production. Produce by the hot compression process. The product is a flat single layer 400 mm x400 mm and 10 mm of thickness, temperature in the hot press at 160 ° C with the pressure in the compression 150 Kg / cm2 for 7 minutes with the density 600 Kg / m3, the volume fraction of natural rubber latex are 9 and 12% by weight, compared to the use of natural rubber latex adhesives. Testing for Physical and Mechanical Properties .The results shown that product of the grass fibers, natural latex 9% and 12% respectively, the mechanical strength of adhesives is dependent on the volume fraction of increasing the natural rubber latex, the mechanical properties will be increased. In addition, the testing of Moisture absorption and swelling in thickness. Found thatthe manufactured using natural latex 9% and 12% the density of the product 600 Kg / m3 can be used as a medium density panels. The properties are standard JIS A 5908 -1994.

Keywords : Natural Rubber, Pennisetumpedicellatum, hot compression, Mechanical property, Physical property

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ นนทบุรี 11000

[1] Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Nonthaburi 11000

* Corresponding author. E-mail: somponggg@hotmail.com

บทนำ

"ยาง" นับเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์ทั่วโลก "ประเทศไทย" ในฐานะประเทศผู้ผลิตยางพารามากที่สุดอันดับ 1 ของโลก (คิดเป็นจำนวนกว่า 1 ใน 3 ของประเทศผู้ผลิตยางพาราทั้งหมด) จำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สำหรับผู้ประกอบการสวนยางพารานั้น ปัญหาวัชพืช ถือเป็นปัญหาใหญ่ที่ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ มากมาย เช่น แย่งสารอาหารจากต้นยาง ทำให้ยางเจริญเติบโตช้า จนทำให้ได้ปริมาณน้ำยางน้อย ในการกำจัดวัชพืชเหล่านี้จำเป็นต้องใช้สารเคมีจำนวนมาก ทำให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรสูงขึ้น และอาจเกิดผลเสียต่อสุขภาพของเกษตรกรในระยะยาว ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาการนำวัชพืชที่ขึ้นในสวนยางของเกษตรกรนั้นไปใช้ประโยชน์ โดยใช้เป็นสารตัวเติมสำหรับผลิตภัณฑ์ยาง แล้วนำกลับมาใช้ประโยชน์ในสวนยาง เนื่องจากวัชพืชเหล่านั้นหาได้ง่ายและเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสวนยางดังกล่าว ดังนั้นผลิตภัณฑ์ยางที่มีที่มีเส้นใยธรรมชาติเป็นองค์ประกอบจึงเป็นทางเลือกใหม่ซึ่งมีข้อดีทั้งด้านราคาและคุณภาพ การใช้วัสดุพืชที่มีเส้นใยวัชพืชธรรมชาติเป็นองค์ประกอบ จะช่วยส่งผลให้ราคาของผลิตภัณฑ์ยางมีราคาถูกลง เนื่องจากเส้นใยจากวัชพืชธรรมชาติมีอยู่มากมายในสวนยาง นอกจากนี้วัสดุก่อสร้างที่มีเส้นใยธรรมชาติเป็นองค์ประกอบนั้นส่งผลให้วัสดุแผ่นยางดังกล่าวมีน้ำหนักเบา และมีค่าการส่องผ่านของรังสีจากแสงอาทิตย์ต่ำ ปัจจุบันการใช้เทคโนโลยีในการผลิตวัสดุทดแทนจากธรรมชาติจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ และเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ผลผลิตทางการเกษตร มีแนวโน้มสูงขึ้นในแต่ละปี ส่งผลให้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มีจำนวนมากขึ้นเป็นเงาตามตัว[1] จึงเกิดแนวคิดที่จะนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มาผลิตเป็นแผ่นผลิตภัณฑ์สำหรับใช้ตามวัตถุประสงค์ที่หลากหลาย แล้วแต่สถานการณ์ เช่น เป็นวัสดุภายในอาคารเพื่อลดความร้อนภายในอาคาร นอกจากนั้นการใช้วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน เช่นความสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าเนื่องจากเครื่องปรับอากาศ จึงศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัชพืชที่ก่อปัญหาให้แก่เกษตรกร มาเปลี่ยนเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีค่าการนำความร้อนต่ำหรือเพิ่มความเป็นฉนวนให้กับวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอาคาร จะช่วยลดอุณหภูมิภายในอาคารได้เป็นอย่างดี เป็นการช่วยประหยัดพลังงานได้ทางหนึ่ง จากการศึกษาวิจัยพืชที่มีเส้นใยทางการเกษตร (fiber crops) เช่น หญ้าคา วัสดุประเภทนี้มีโครงสร้างที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน อยู่เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะเซลลูโลสมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 60-80 ของสารประกอบทั้งหมด ซึ่งเหมาะสมในการนำมาใช้ทำเส้นใยเสริมแรงหรือสารเติมในผลิตภัณฑ์

วิธีการศึกษา

วิธีการผสมและการพ่นน้ำยางธรรมชาติแบบมีอากาศผสม น้ำยางจะถูกทำให้เป็นละอองด้วยแรงอัดอากาศ (Compressed air) จากปั๊มลมผ่านชุดควบคุมความดันทั้งอากาศ และส่วนผสมน้ำยางจะถูกขับออกจากชุดควบคุมความดัน ผ่านไปยังหัวพ่นลม (Pneumatic nozzle) โดยน้ำยางธรรมชาติ เป็นสารยึดติดเส้นใยของหญ้าคาโดยเส้นใยหญ้าคาเตรียมจากการต้มด้วยโซดาไฟ ทำให้แห้ง แล้วปั่นด้วยเครื่องปั่นเพื่อลดขนาด เข้าตะแกรงร่อนขนาดตาข่ายมุ้งลวดที่ใช้ในบ้านเรือนที่ทำจากอลูมิเนียม ขนาดช่อง 2x2 มิลลิเมตร พร้อมสารเติมแต่งประเภท สารเร่งปฏิกิริยาให้ยางสุก วิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยกรรมวิธีการอัดร้อน (Hot compression) เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในกระบวนการผลิตเป็นการอัดแบบแท่นอัดร้อน (Platen presses) ในแนวราบ เส้นใยญ้าคา ที่ผ่านกระบวนการโรยลงในกรอบไม้ในการฟอร์มแผ่นแล้ว พร้อมแผ่นรองอัดด้านบนและด้านล่าง และเหล็กควบคุมขนาดความหนาของแผ่น แล้วนำเข้าเครื่องอัดร้อนโดยมีชุดเครื่องอัดไฮดรอลิคที่ใช้เป็นเครื่องอัดในการทำการขึ้นรูป เพื่ออัดให้ได้ขนาดความหนาของแผ่นตามที่

ต้องการ ขนาดความหนาที่ใช้ในการผลิต คือ 10 มิลลิเมตร เวลาการอัดประมาณ 7 นาที อุณหภูมิที่ใช้ 160 องศาเซลเซียส และความดัน 150 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรมีการปรับสภาวะความชื้นและอุณหภูมิ (Conditioning) ของแผ่นผลิตภัณฑ์หลังจากอัดร้อนแล้วนำแผ่นที่ได้ไปปรับสภาวะความชื้นที่อุณหภูมิห้องประมาณ 24 ชั่วโมง เนื่องจากแผ่นที่ออกจากเครื่องอัดร้อนจะมีอุณหภูมิที่ผิวสูงมากเพื่อให้ความชื้นในแผ่นเพิ่มขึ้นและให้อุณหภูมิของแผ่นลดลง และเพื่อให้ปริมาณความชื้นและอุณหภูมิกระจายสม่ำเสมอทั่วกันทั้งแผ่นก่อนที่จะนำแผ่นที่ได้จากการอัดขึ้นรูปไปตัดขอบทิ้ง การตัดขนาด(Sizing) แผ่นบุผนังที่ปรับสภาวะความชื้นและอุณหภูมิแล้วจะถูกนำไปตัดขอบทิ้ง ตัดริมออกทั้ง 4 ด้าน ด้านละ 2.5 เซนติเมตร ตามมาตรฐานกำหนด ด้วยเครื่องเลื่อย ใช้สำหรับตัดชิ้นทดสอบในการทดลองให้ได้ขนาด ตามชิ้นงานที่นำไปทดสอบสมบัติเชิงกลและทางกายภาพ

ผลการศึกษา

การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกายภาพ(Physical properties) ของแผ่นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัชพืชประเภทหญ้าคาดัง (Figure 1)

Figure 1 แสดงแผ่นผลิตภัณฑ์

แล้วนำมาผสมกับน้ำยางที่อัตราส่วนผสมต่างๆ เป็นการทดสอบค่าความหนาแน่น(Density) ปริมาณความชื้น (Moisture content) และการดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมง (Water absorption) โดยทำการทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 ตามลำดับ แสดงตามแผนภูมิดังต่อไปนี้

การทดสอบความหนาแน่น

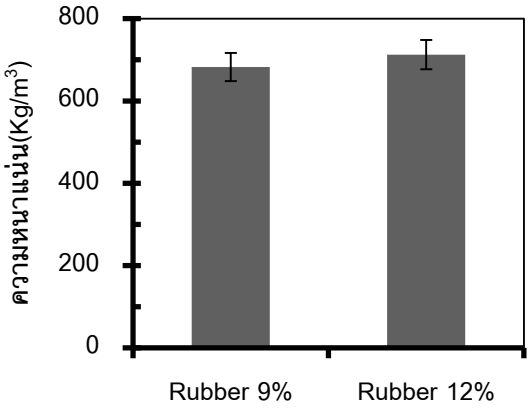

Figure 2 แสดงผลจากการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นผลิตภัณฑ์

การทดสอบค่าปริมาณความชื้น

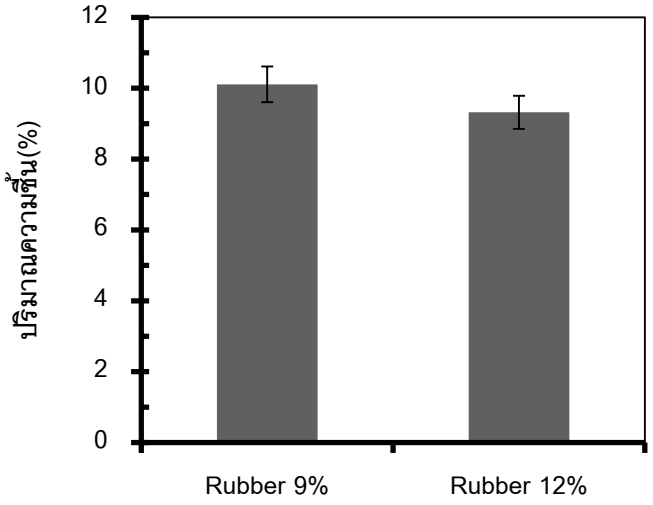

Figure 3 แสดงผลจากการทดสอบหาปริมาณความชื้นของแผ่นผลิตภัณฑ์

การทดสอบการดูดซึมน้ำที่24 ชั่วโมง

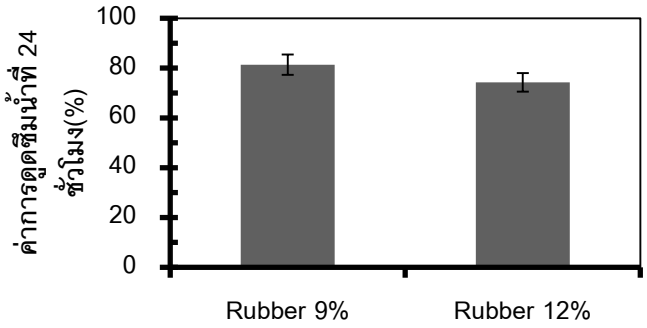

Figure 4 แสดงผลจากการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมงของแผ่นผลิตภัณฑ์

นอกจากการทดสอบเชิงกายภาพดังแสดงข้างต้นแล้ว การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกล(Mechanical properties) ประกอบด้วย ค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of rupture and elasticity) โดยทำการทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5905-1994 Japanese standard association fiber boards Japanese industrial standard Tokyo : HohbumhaCo.Ltd. ตามลำดับ แสดงตามแผนภูมิดังต่อไปนี้

การทดสอบค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าว

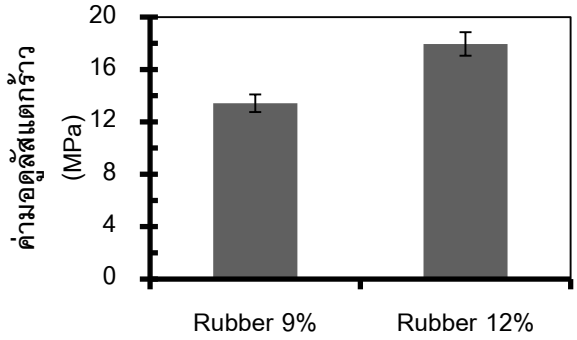

Figure 5 แสดงผลจากการทดสอบค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวของแผ่นผลิตภัณฑ์

การทดสอบค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่น

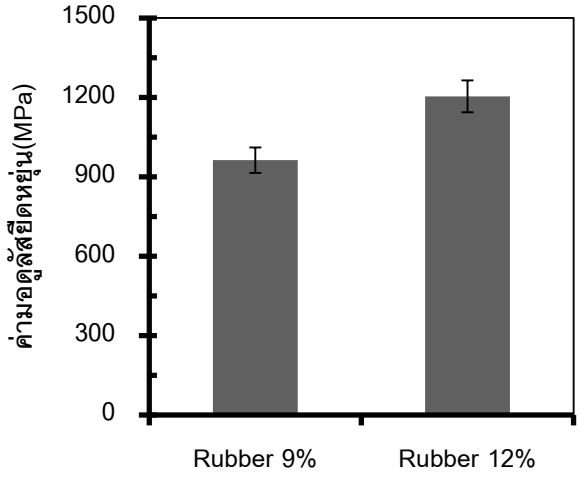

Figure 6 แสดงผลจากการทดสอบค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นผลิตภัณฑ์

อภิปรายผล

จาก (Figure 2-4) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และการดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมง กับอัตราส่วนผสมเส้นใยหญ้าคา ที่ปริมาณน้ำยางที่เป็นสารยึดติด 9% และ12% โดยน้ำหนักแห้ง จากการทดลองพบว่า ค่าปริมาณความชื้นและการดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมง ที่มีปริมาณสารยึดติด 12% จะมีค่าปริมาณความชื้นและการดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมง ของแผ่นที่น้อยกว่าที่ปริมาณสารยึดติด 9% และมีแนวโน้มลดลงตามค่าปริมาณสารยึดติดที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าปริมาณความชื้นและการดูดซึมน้ำลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากการประสานตัวของชิ้นเส้นใยที่สม่ำเสมอ และเกิดการเชื่อมโยงของสายโซ่โมเลกุลที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดการเกาะเกี่ยวกันของชิ้นเส้นใยและการเรียงตัวของเส้นใยที่ดี ส่วนของเส้นใยที่หยาบและละเอียดประสานกันอย่างลงตัว ทำให้เกิดรูพรุนน้อย ทั้งยังมีการกระจายตัวของเนื้อยางบริเวณผิวที่ทั่วถึงขณะการอัดแผ่น ซึ่งเป็นการช่วยได้อีกทางหนึ่งด้วย เนื่องจากการเพิ่มความหนาแน่นของแผ่นจะส่งผลให้การจับหรือสัมผัสกันระหว่างชิ้นเส้นใยที่มีสารยึดเกาะอยู่ใกล้ชิดแน่นขึ้นในระหว่างการอัดร้อน ทำให้เกิดการเชื่อมตัวกันได้ดีกว่า

จาก (Figure 5-6) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นกับอัตราส่วนผสมหญ้าคา ที่ปริมาณน้ำยางธรรมชาติ 9% และ 12% โดยน้ำหนักแห้ง จากการทดลอง พบว่า ปริมาณสารยึด

ติดของแผ่นที่ค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น จากกราฟซึ่งมีแนวโน้มไปด้วยกัน คือปริมาณสารยึดติดเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นก็มากตามไปด้วย แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มปริมาณสารยึดติดของแผ่นที่เปลี่ยนแปลงจะส่งผลให้ชิ้นเส้นใยที่ผสมสารยึดติดจะสัมผัสที่ใกล้ชิดกว่า และมีช่องว่าง (Voids) ระหว่างชิ้นเส้นใยน้อยกว่า ส่วนแผ่นที่มีปริมาณสารยึดติดสูงกว่า จะทำให้สารยึดติดที่อยู่เกิดการเชื่อมโยงของสายโซ่โมเลกุลระหว่างชิ้นเส้นใยอย่างมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ยังทำให้แผ่นเกิดความต้านทานสมบัติทางกล (Mechanical loads) ได้ดีด้วย ดังนั้น การทำให้ความหนาแน่นของแผ่นผลิตภัณฑ์สูงขึ้นสามารถปรับปรุงสมบัติความแข็งแรงของแผ่นได้ดียิ่งขึ้น รวมถึงลักษณะของชิ้นเส้นใยที่ยาว สั้น และสัดส่วนความเพรียวของเส้นใย จะให้ความแข็งแรงต้านทานแรงดัดของแผ่นที่สูง เนื่องจากชิ้นเส้นใยที่บางกว่าทำให้แผ่นมีช่องว่างน้อยลง จึงสามารถกระจายความเค้น(Stress) ที่เกิดจากการดัดได้สม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งแผ่นอีกทั้งการที่ชิ้นเส้นใยมีขนาดยาวๆ ยังส่งผลให้ค่าการกด (Compressive) สูงขึ้น ส่วนชิ้นเส้นใยที่หนาและสั้น จะส่งผลตรงกันข้ามกับชิ้นเส้นใยข้างต้นซึ่งไม่สามารถต้านทานมอดูลัสแตกร้าวได้สูงนัก เนื่องจากมีการซ้อนทับกัน (Overlapping) ของชิ้นเส้นใยน้อยลง

สรุป

1. ผลการทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ พบว่า ที่ปริมาณสารยึดติดสูงขึ้นปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ และการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ที่ 2 และ 24 ชั่วโมง จะลดลง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารยึดติดที่ใช้ ด้วย ปริมาณสารยึดติดที่ 12% โดยน้ำหนักแห้ง จะมีสมบัติดีกว่าที่ปริมาณสารยึดติดที่ 9%

2. ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่า ที่ปริมาณสารยึดติดสูงขึ้น ความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น ความแข็งแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าหรือแรงยึดเหนี่ยวภายใน ค่าความต้านทานแรงกระแทก ความแข็งแรงดึง สูงขึ้น ที่ปริมาณสารยึดติดที่ 12% โดยน้ำหนักแห้ง จะมีสมบัติดีกว่าที่ปริมาณสารยึดติดที่ 9%

3. จากงานวิจัยมีแนวโน้มความเป็นไปได้ในการนำวัสดุวัชพืชประเภทหญ้าคามาผสมกับน้ำยางธรรมชาติเมื่อผลิตเป็นแผ่นผลิตภัณฑ์ สามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในอาคาร หรือภายนอกอาคาร เพื่อลดปริมาณของวัสดุตกแต่ง พร้อมทั้งนำวัชพืชมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และสามารถเปรียบเทียบสมบัติตามมาตรฐานของพาร์ติเคิลบอร์ด JIS A 5908 –1994

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ โดยงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2558 เครื่องมือผลิตจากสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ แผนกเทคนิคพื้นฐาน วิทยาลัยสารพัดช่างกาญจนบุรี และสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

เอกสารอ้างอิง

[1] วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นพาร์ติเคิลและกรรมวิธีการผลิต. เอกสารวิชาการเลขที่ ร.514. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. น.202

[2] วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2543. แผ่นแผ่นพาร์ติเคิลจากเศษไม้คละชนิดเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม, น. 87-105รายงานผลงานวิจัยกลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ 2541-2542ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

[3] ยศธนา ธนศักดิ์, การผลิตแผ่นพาร์ติเคิลบอร์ดจากฟางข้าวและเศษยางรถยนต์, ปริญญานิพนธ์ระดับการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ปีการศึกษา 2549.

[4] ศิระ จันทร์สวาสดิ์, ศานิต ปันเขื่อนขัติย์ และ สุพัตร์ศรีพงษ์สุทธิ์, กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์จากไม้พาร์ติเคิล, การประชุมการป่าไม้ด้านวัสดุทดแทนไม้ หน้า 255-266, กรมป่าไม้ กรุงเทพ, 2545.

[5] Kuhad, R.C., 1993,“ Lignocellulose Biotechnology:Currentand future proaspects ”, Critical Reviews in Biotechnology, Vol. 13 , No. 2 , pp. 151-172.

[6] Khedari, J., Nankongnab, N., Hirunlabh, J., Teekasap, S.,2004,” New low-cost insulation Particleboards from mixture of Durian Peel and Coconut Coir”, Building and Environment 39; pp.59-65.

[7] Asasutjarit,C.,Hirunlabh, J.,Khedari, J.,Charoenvai, S.,Zeghmati,B.,Cheul Shin,U.,2005,” Development of coconut coir-based lightweight cement board ”, Construction and Building Materials Received 23 February 2005; pp.1-12.