

การผลิตและทดสอบสมบัติทางความร้อนและทางกลของวัสดุผสม
จากน้ำยางธรรมชาติและเส้นใยมะพร้าว

Production and Testing the Thermal and Mechanical Properties of
Composite Materials from Natural Rubber Latex Blended with Coconut Fibers.

สมพงษ์ พิริยายนต์¹ และ กิตติศักดิ์ บัวศรี²

Sompong Piriyaon¹ and Kittisak Bausri²

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ นonthaburi

² แผนกวิชาช่างพื้นฐาน วิทยาลัยสารพัดช่างกาญจนบุรี กาญจนบุรี

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

²Departments of Basic Mechanics Department, Kanchanaburi Polytechnic College, Kanchanaburi

*Corresponding author: somponggg@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์วัสดุผสมจากเส้นใยมะพร้าวผสมกับน้ำยางธรรมชาติเพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์ที่อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ดำเนินงานโดยการผสมเส้นใยมะพร้าวด้วยอัตราส่วน 0, 10, 20, 30 และ 40 PHR (Parts per Hundred Rubber) โดยใช้ น้ำยางธรรมชาติที่ผสมสารเคมีที่ช่วยในการคงรูปเป็นตัวประสาน ทำให้ส่วนผสมคงรูปสมบูรณ์โดยใช้เตาอบลมร้อน นำชิ้นงานไปทำการทดสอบ การทดสอบแรงดึง การทดสอบการดูดซึมน้ำ ทดสอบค่าการนำความร้อน และทดสอบการเสียวรูปอย่างถาวร ผลการทดสอบพบว่า ค่าต้านแรงดึงสูงสุดของวัสดุผสมมีค่าลด เป็นสัดส่วนผกผันกับปริมาณการเพิ่มขึ้นของเส้นใยมะพร้าว ไม่มีการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบในทุกๆ อัตราส่วนผสม ค่าการนำความร้อนของชิ้นทดสอบของผลิตภัณฑ์วัสดุผสม มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเส้นใยมะพร้าวที่เพิ่มขึ้น และการเสียวรูปอย่างถาวรของชิ้นงานทดสอบ มีค่ามากขึ้นตามปริมาณของเส้นใยมะพร้าวที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติ, เส้นใยมะพร้าว, สมบัติทางกล, วัสดุผสม

Abstract

This research was conducted to study composite materials of coconut fiber mixed with the natural rubber latex as the binder. To make products that conserves the environment. Operate by blending coconut fibers into products by 0, 10, 20, 30 and 40 PHR (Parts per Hundred Rubber) and using the natural rubber latex with chemical vulcanization. Make sure the mixture is perfectly formed using in a hot air oven. After that testing for tensile test, water absorption test, thermal conductivity test and compression set test. The results were shown the maximum tensile strength of the composite materials was lower. There was no water absorption of the specimen at every mixing ratio. The thermal conductivity of the specimen was decrease. The compression set of the specimen was increase related to the volume fraction of coconut fiber respectively.

Keywords: natural rubber, coconut fiber, mechanical property, composite materials

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่สามารถผลิตยางพาราได้เป็นจำนวนมาก โดยในอดีตจะมีการส่งเสริมให้มีการปลูกยางพารา เนื่องจากมีราคานายางที่สูง ต้นยางทำให้สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติดีขึ้น แม้เมื่อหมดอายุการกรีดยางแล้ว ลำต้นและกิ่งยังมีมูลค่าสูงในการแปรรูปเป็นเครื่องใช้และเฟอร์นิเจอร์ รวมทั้งมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำยางพาราและยางพาราแห้งอย่างต่อเนื่อง แต่สำหรับปัญหาของผู้ประกอบการสวนยางพารานั้น ราคาของยางพาราที่ใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นนั้น มีราคาตกต่ำลง ถือเป็นปัญหาใหญ่ที่ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ขึ้นมาอย่างมากมาย จากต้นทุนปุ๋ย ต้นทุนสารอาหารบำรุงน้ำยาง ต้นทุนสารกำจัดแมลง ต้นทุนการจัดการ และการใช้จ่ายของครอบครัวของเกษตรกรในชีวิตประจำวันที่สูงขึ้นมาก ไม่สัมพันธ์กับรายรับจากการขายน้ำยางพารา หรือยางพาราแผ่น จนทำให้เกิดหนี้สินสะสมในครัวเรือนเกิดขึ้น

ในส่วนของ “มะพร้าว” ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการวิจัยนี้นั้น ประเทศไทยมีการผลิตมะพร้าวเป็นจำนวนมาก โดยจะใช้ประโยชน์เชิงมูลค่าจากน้ำและเนื้อของมะพร้าวเป็นหลัก โดยมะพร้าวอ่อนจะใช้น้ำและเนื้อ ส่วนมะพร้าวแก่จะมีการใช้เนื้อเป็นหลักเพื่อแปรรูปเป็นน้ำกะทิ เพื่อเป็นส่วนประกอบของอาหารหวานและอาหารคาว [7] เพื่อจำหน่ายและบริโภค มีส่วนที่เหลือใช้ คือ มีเปลือกมะพร้าวอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีมูลค่าทางการตลาดต่ำ จึงมีการนำเปลือกมะพร้าวมาเผาเป็นเชื้อเพลิง มีการนำมาย่อยหยาบเพื่อใช้ผสมกับดินเพื่อใช้ในการเพาะปลูก และพัฒนาเป็นส่วนประกอบของดินอนอวมถึงแปรรูปเป็นกระถางต้นไม้เส้นใยมะพร้าว เพื่อทำการเพาะปลูก โดยเปลือกมะพร้าวจะมีความเป็นเส้นใยหลังจากการนำความชื้นออกทั้งหมด ซึ่งเป็นลักษณะของเส้นใยมะพร้าวที่ความเหมาะสมในการที่จะทำเป็นสารเติมและสารเสริมแรงในผลิตภัณฑ์ยาง โดยวัสดุทางการเกษตรประเภทที่มีโครงสร้างที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน อยู่เป็นจำนวนมาก [1-3] จึงมีความเป็นไปได้ที่จะมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ทำเส้นใยเสริมแรงหรือสารเติมในผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงเชิงกลหรือเพื่อลดต้นทุนให้แก่ผลิตภัณฑ์ยางพาราได้

ดังนั้นผลิตภัณฑ์ยางที่มีเส้นใยธรรมชาติเป็นองค์ประกอบนั้น จึงเป็นทางเลือกใหม่ซึ่งมีข้อดีทั้งด้านราคา และคุณภาพ การใช้วัสดุพืชที่มีเส้นใยธรรมชาติเป็นองค์ประกอบ จะช่วยส่งผลให้ราคาของผลิตภัณฑ์ยางมีราคาต้นทุนต่ำลงจนสามารถที่จะแข่งขันทางการตลาดได้ เนื่องจากเส้นใยจากเปลือกมะพร้าวมีอยู่มากมายเหลือใช้จากอุตสาหกรรมผลิตน้ำกะทิของประเทศไทย โดยในปัจจุบันการใช้เทคโนโลยีในการผลิตวัสดุทดแทนจากธรรมชาติที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ และเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งมีผลผลิตทางการเกษตรจำนวนมาก โดยเฉพาะยางพารานั้นมีแนวโน้มสูงขึ้นในแต่ละปี และเนื่องด้วยต่างประเทศมีการผลิตน้ำยาง และทำการส่งออกสู่ตลาดโลกมากขึ้นด้วยในแต่ละปี ส่งผลให้ราคาของยางพาราโดยรวมมีแนวโน้มลดลง จึงเกิดแนวความคิดที่จะนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีในประเทศไทย ซึ่งได้แก่เส้นใยมะพร้าวที่เหลือจากกระบวนการผลิตน้ำกะทิ ที่ใช้ในการทำแปรรูปเป็นอาหารที่ใช้บริโภค นำมาทำการผสมร่วมกับยางพาราแล้วนำมาผลิตเป็นวัสดุใหม่เพื่อเพิ่มมูลค่า ซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่นั้นจะมีสมบัติดูดซับแรงกระแทกได้ดี เป็นฉนวนความร้อนที่ดี มีความยืดหยุ่นสูง ส่งผลให้สอดคล้องกับการลดปัญหาโลกร้อนและความต้องการผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติในสภาพการณ์ปัจจุบัน งานวิจัยนี้จึงศึกษาความเป็นไปได้ในการนำพืชที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรมโดยที่มีมูลค่าน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นใยมะพร้าวที่มีมูลค่าทางการตลาดน้อย ก่อปัญหาการจัดเก็บ มาเปลี่ยนเป็นวัตถุดิบในการผลิตวัสดุใหม่ โดยการผสมกับยางพาราธรรมชาติประเภทน้ำยางที่มีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ เป็นฉนวนความร้อนที่ดี ซึ่งงานวิจัยนี้จะเป็นการช่วยลดปัญหาการจัดเก็บเปลือกมะพร้าวเหลือทิ้งได้ดีอีกทางหนึ่ง รวมถึงการเพิ่มมูลค่าให้มากขึ้นด้วย นอกเหนือจากการเผาเป็นเชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ

วิธีการศึกษา

ในกระบวนการของการดำเนินการวิจัยทั้งหมดในปี ค.ศ.2018 จะแบ่งขั้นตอนหลักเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. การเตรียมเส้นใยมะพร้าวและสารเคมีที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

ใช้เส้นใยมะพร้าวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยไม่เกิน 5 มิลลิเมตร (จากการร่อนผ่านตะแกรงลวดขนาดเส้นทะแยงมุมแต่ละรูของตะแกรงลวดมีขนาดไม่เกิน 5 มิลลิเมตร) ยาวไม่เกิน 10 มิลลิเมตร โดยการผ่านเครื่องบดตัด แล้วทำการคัดเลือกขนาด หลังจากนั้นนำไปผสมกับน้ำยาฟาราความเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ที่ผ่านการผสมกับสารกำมะถันที่ทำให้ยางสุกคงรูป ที่ปริมาณ 2 PHR พร้อมสารเติมแต่งประเภท สารเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ ซิงค์ออกไซด์ ปริมาณ 5 PHR ที่ส่งผลให้การสุกตัวของยางสมบูรณ์ขึ้น ใช้วิธีการคนผสมในภาชนะ โดยทำการคนผสมหลังจากการชั่งน้ำหนักด้วยอัตราส่วน 0 10 20 30 และ 40 PHR

2. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

วิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ จัดทำโดยกรรมวิธีการอัดในแม่พิมพ์ แล้วทำการอบด้วยลมร้อนภายในเตา (Hot air in oven) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในกระบวนการผลิตเพื่อให้ชิ้นงานผลิตภัณฑ์มีการคงรูป โดยทำการควบคุมขนาดความหนาของชิ้นทดสอบ และเติมส่วนผสมให้เต็มแม่พิมพ์ที่ทำจากเหล็กกล้า แล้วนำเข้าเตาอบลมร้อน ใช้เวลาในการอบ 120 นาที โดยอุณหภูมิที่ใช้ เท่ากับ 170 องศาเซลเซียส

3. การเตรียมชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบทางกายภาพและสมบัติทางกล

สำหรับการทดสอบสมบัติเชิงกลและทางกายภาพ เริ่มจากการผลิตชิ้นทดสอบแรงดึง โดยใช้แม่พิมพ์ทำการผลิตชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D412 แล้วทำการทดสอบชิ้นงานด้วยเครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซล รุ่น CY-6040A8 ส่วนของการทดสอบค่าการบีบอัดให้เสียรูปอย่างถาวร จัดเตรียมแม่พิมพ์และการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM 395 และในส่วนของ การทดสอบการนำความร้อน (Thermal Conductivity) โดยใช้เครื่องทดสอบรุ่น HT-09 Kinetic เป็นการทดสอบโดยการถ่ายเทอุณหภูมิไปยังชิ้นทดสอบที่ทำจากวัสดุผสม โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อน เริ่มจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่ตัวกลาง คือ ชิ้นทดสอบจะไม่มี การเคลื่อนที่ ทำการตั้งค่าตัวแปรที่ใช้ควบคุม คือ Heating 40 °C, Cooling 10 °C โดยความหนาของชิ้นงานของชิ้นทดสอบ เท่ากับ 15 มิลลิเมตร ในส่วนของ การทดสอบการดูดซึมน้ำ โดยทำการชั่งน้ำหนักของชิ้นทดสอบ เปรียบเทียบระหว่างก่อนการแช่น้ำและหลังจากผ่านการแช่น้ำแล้ว 24 ชั่วโมง ในส่วนของวัตถุดิบที่ใช้และรูปร่างตัวอย่างของแม่พิมพ์ชิ้นงานทดสอบ แสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 แสดงลักษณะของเปลือกมะพร้าว (ก) และเส้นใยของมะพร้าว (ข)



(ก)



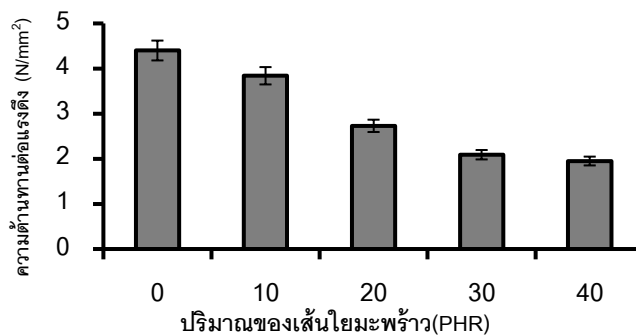
(ข)

รูปที่ 2 แสดงลักษณะการผสมน้ำยาอย่างธรรมชาติกับเส้นใยมะพร้าว (ก) และ แม่พิมพ์ชิ้นงานทดสอบแรงดึงตาม ASTM D412

ผลการศึกษาและการวิจารณ์

การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษสมบัติทางกายภาพ (Physical properties) และสมบัติเชิงกล (Mechanical Property) ของแผ่นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเส้นใยมะพร้าวที่ผ่านกระบวนการบด โดยทำการผสมในน้ำยาอย่างธรรมชาติ มีการใช้เส้นใยมะพร้าวที่อัตราส่วนที่ 0 10 20 30 และ 40 PHR แล้วทำการทดสอบหาค่าการทดสอบแรงดึง การทดสอบการดูดซึมน้ำ ทดสอบค่าการนำความร้อน และการทดสอบการเสื่อยรูปอย่างถาวร ได้ผลการทดสอบดังต่อไปนี้

1. การทดสอบหาการต้านทานต่อแรงดึง



รูปที่ 3 แสดงผลการทดสอบค่าความต้านทานต่อแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM D412

จาก รูปที่ 3 ผลการทดสอบพบว่า ค่าการต้านทานต่อแรงดึงของผลิตภัณฑ์มีค่าแปรผกผันกับปริมาณของเส้นใยมะพร้าวที่เติมลงไป คือค่าต้านทานต่อแรงดึงมีค่าลดลงเมื่อปริมาณของเส้นใยมะพร้าวมีอัตราที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ โดยชิ้นงานทดสอบที่มีส่วนของเส้นใยมะพร้าวในปริมาณน้อย จะมีปริมาณความต้านทานต่อแรงดึงที่มาก เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานทดสอบที่มีปริมาณของเส้นใยมะพร้าวที่เพิ่มมากขึ้น โดยความต้านทานต่อแรงดึงมีแนวโน้มลดลง ตามปริมาณของเส้นใยมะพร้าวในผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการทำปฏิกิริยาการยึดเหนี่ยวทางพันธะเคมีระหว่างน้ำยากับเส้นใยมะพร้าวไม่มีขึ้นน้อยมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของสมพงษ์ พิริยานต์และคณะ [4-6] จากการสังเกตชิ้นทดสอบหลังจากการดึงจนขาด จะมีแต่การยึดเหนี่ยวของน้ำยาเอง โดยเส้นใยมะพร้าวทำหน้าที่เป็นเพียง

สารเติม(Filler) เพื่อเพิ่มปริมาตรของผลิตภัณฑ์รวมเท่านั้น จึงส่งผลให้สมบัติการต้านทานต่อแรงดึงของผลิตภัณฑ์ลดน้อยลงเมื่อสารเติม(Filler) มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น

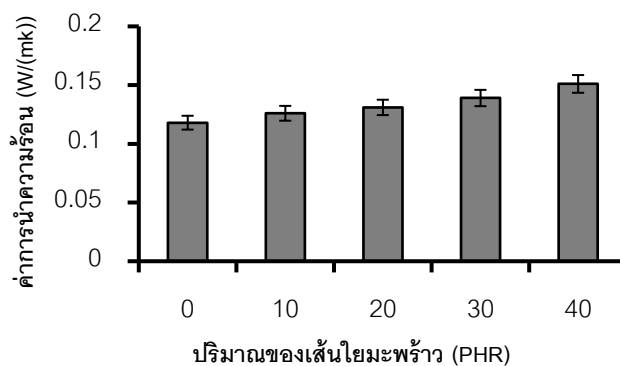
2.การทดสอบการดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 1 แสดงผลของการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบที่แช่น้ำไว้ 24 ชั่วโมง

ปริมาณเส้นใยมะพร้าว (PHR)	น้ำหนักของชิ้นทดสอบ ก่อนการแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักของชิ้นทดสอบ หลังการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง (กรัม)	ส่วนต่อน้ำหนัก (กรัม)
0	52.4	52.4	±0
10	46.3	46.3	±0
20	43.7	43.7	±0
30	41.5	41.5	±0
40	39.8	39.8	±0

จาก ตารางที่ 1 พบว่า ปริมาณความสามารถในการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบ หลังจากผ่านการแช่ทิ้งไว้ในน้ำด้วยระยะเวลาของการทดสอบ 24 ชั่วโมง ชิ้นทดสอบในทุกอัตราส่วนผสมจะไม่มี การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากชิ้นทดสอบมีส่วนของเนื้อยางปกคลุมเส้นใยมะพร้าวทั้งหมด ซึ่งสมบัติของเนื้อยางธรรมชาติไม่ยอมให้โมเลกุลน้ำซึมผ่าน ส่งผลให้อนุภาคของน้ำไม่สามารถผ่านเนื้อยางเข้าไปสัมผัสกับเส้นใยของมะพร้าวได้ ดังนั้นชิ้นงานทดสอบโดยรวมจึงไม่มีการดูดซึมน้ำ

3.การทดสอบค่าการนำความร้อน

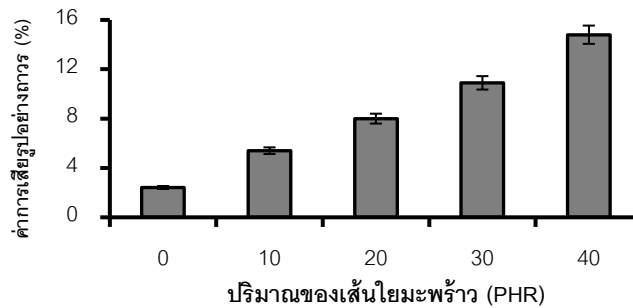


รูปที่ 4 แสดงผลของการทดสอบค่าการนำความร้อนของชิ้นทดสอบ

จาก รูปที่ 4 พบว่าค่าการนำความร้อนของชิ้นทดสอบจะมีค่าสูง เมื่อชิ้นทดสอบมีอัตราส่วนผสมของเส้นใยมะพร้าวที่เพิ่มปริมาณมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโดยธรรมชาติของเส้นใยที่มีค่าการนำความร้อน

มากกว่าอย่างธรรมชาติ จะส่งผลให้เมื่อมีเส้นใยมะพร้าวอยู่ในผลิตภัณฑ์มากขึ้น ค่าการนำความร้อนโดยรวมจึงมากขึ้น

4. การทดสอบสมบัติการเสีรूपอย่างถาวร



รูปที่ 5 แสดงผลการทดสอบค่าการเสีรूपอย่างถาวรของชิ้นทดสอบ

จาก รูปที่ 5 พบว่าค่าการการเสีรूपอย่างถาวรจากการบีบอัดของชิ้นทดสอบจะมีค่าสูงขึ้น เมื่อชิ้นทดสอบมีอัตราส่วนผสมของเส้นใยมะพร้าวที่เพิ่มปริมาณมากขึ้น เนื่องจากการทำปฏิกิริยาการยึดเหนี่ยวทางพันธะเคมีระหว่างน้ำยางกับเส้นใยมีน้อย จะมีแต่การยึดเหนี่ยวของน้ำยางเอง โดยเส้นใยของมะพร้าวทำหน้าที่เพียงเป็นสารเติม (Filler) เพื่อเพิ่มปริมาณในผลิตภัณฑ์เท่านั้น

สรุป

จากผลการทดลอง สมบัติทางกายภาพและการทดสอบสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์จากการผสมน้ำยางธรรมชาติและเส้นใยมะพร้าว พบว่าค่าต้านแรงดึงสูงสุดของวัสดุผสมมีค่าลด เป็นสัดส่วนผกผันกับปริมาณการเพิ่มขึ้นของเส้นใยมะพร้าว ไม่มีการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบในทุกๆ อัตราส่วนผสม ค่าการนำความร้อนของชิ้นทดสอบของผลิตภัณฑ์วัสดุผสม มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเส้นใยมะพร้าวที่เพิ่มขึ้น และการเสีรूपอย่างถาวรของชิ้นงานทดสอบ มีค่ามากขึ้นตามปริมาณของเส้นใยมะพร้าวที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเติมเส้นใยมะพร้าวที่ 40 PHR จะทำให้ต้นทุนรวมของผลิตภัณฑ์ยางต่ำที่สุด มีสมบัติที่สามารถนำมาใช้เพื่อผลิตและประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ ที่หลังจากควบคุมปริมาณของส่วนผสมและอุณหภูมิแล้วสามารถคงรูปได้ตามรูปร่างของแม่พิมพ์ที่กำหนด ทั้งนี้สามารถนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและการแปรรูปมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และยังสามารถเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพาราเพื่อเพิ่มมูลค่าได้

คำขอขอบคุณ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณการสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์การผลิตชิ้นทดสอบ จากสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ นนทบุรี และแผนกวิชาเทคนิคพื้นฐานวิทยาลัยการอาชีพกาญจนบุรี รวมถึงเครื่องมือทดสอบจากสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพมหานคร

เอกสารอ้างอิง

- มาลินี ชัยศุกกิจสินธุ์, วรางคณา วงศ์สิโรจน์กุล, อภิสรา เรืองกุล และอรณลิน ศิริวรรณ. 2550. แผ่นดูดซึมเสียดจากวัสดุประกอบเส้นใยมะพร้าวผสมโพลีเมทิลไดรีน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 15(2). 54-60.
- มาลินี ชัยศุกกิจสินธุ์ และประวิทย์ อรุณโชควัฒนา. 2550. ผลของขนาดเส้นใยมะพร้าวที่มีต่อสมบัติของแผ่นใยไม้อัดทำจากเส้นใยมะพร้าว ผสมโพลีเมทิลไดรีนเหลือทิ้ง. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง. 16(1). 47-59
- มาลินี ชัยศุกกิจสินธุ์ และประวิทย์ อรุณโชควัฒนา. 2551. สมบัติเชิงกล สมบัติกายภาพ และการดูดซึมเสียดของแผ่นใยไม้อัด ผสมเปรียบเทียบระหว่างเส้นใยอ้อยและเส้นใยมะพร้าว. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง. 17(1). 74-85
- สมพงษ์ พิริยานต์, ชีระวัฒน์ แม้นด่าง, จักรกฤษณ์ ยิ้มแจ้ง และ กิตติศักดิ์ บัวศรี. 2560. การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของซินทอสบจากการประยุกต์ใช้เส้นใยผักตบชวาเป็นส่วนผสมในกาวยธรรมชาติพอลิแลคติกแอซิด. ใน: รายงานการประชุมวิชาการวิทยาลัยนครราชสีมา ครั้งที่ 4 ประจำปี 2560. วิทยาลัยนครราชสีมา, นครราชสีมา. หน้า 742-750.
- สมพงษ์ พิริยานต์, กิตติศักดิ์ บัวศรี และประยูร สุรินทร์. 2561. การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของซินทอสบจากการประยุกต์ใช้เส้นใยทะเลลายปาล์มเป็นส่วนผสมในกาวยธรรมชาติพอลิแลคติกแอซิด. ใน: รายงานการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 3 ประจำปี 2561. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, พระนครศรีอยุธยา. หน้า 824-831.
- สมพงษ์ พิริยานต์, กิตติศักดิ์ บัวศรี และประยูร สุรินทร์. 2561. การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของวัสดุผงหลังคากจากการผสมน้ำยางธรรมชาติและเส้นใยทะเลลายปาล์มน้ำมัน. ใน: รายงานการประชุมวิชาการราชมงคลด้านการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 3 ประจำปี 2561. 30-31 พฤษภาคม โรงแรมดีวาน่า พลาซ่า กระบี่ อำเภอนาง, กระบี่. หน้า 509-514.
- Uses of Coconut. 2562. Top Benefits and uses of coconut coir. WordPress and ThemeGrill. <https://www.usesofcoconut.com/benefits-and-uses-of-coconut-coir> (20 เมษายน 2562)