

การศึกษาเชิงเปรียบเทียบผลกระทบของปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อสมบัติของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและจีลีโอไม้อย่างพารา

A Comparative Study on the Effect of Oil Palm Fiber Contents and Types on Properties of Rubberwood Sawdust-Polypropylene Composites

วรรณพร ชีววุฒิปงศ์^{1,2*} ชาตรี หอมเขียว^{1,2} และ สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์^{1,2}

Wattanaphon Cheewawuttipong^{1,2*}, Chatree Homkhiew^{1,2} and Surasit Rawangwong^{1,2}

Received: 15 May 2020, Revised: 2 August 2020, Accepted: 16 September 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อสมบัติทางกลทางกายภาพ และทางความร้อนของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและจีลีโอไม้อย่างพารา ในการผลิตวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ดำเนินการโดยใช้เครื่องอัดรีดแบบเกลียวคู่เพื่อผสมส่วนผสมต่างๆ และขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง ผลจากการทดสอบพบว่า วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่เสริมแรงด้วยเส้นใยทะเลลายปาล์มน้ำมัน หรือเส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน หรือเส้นใยทางปาล์มน้ำมัน มีสมบัติทางกลและทางกายภาพดีกว่าวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยจีลีโอไม้อย่างพารา ในขณะที่เดียวกันการเติมจีลีโอไม้อย่างพาราหรือเส้นใยปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในพอลิโพรพิลีน ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงลดลงอย่างชัดเจน แต่ทำให้ค่ามอดูลัสเพิ่มขึ้น และพบด้วยว่า วัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยเส้นใยทะเลลายปาล์มน้ำมันมีความแข็งแรง การดูดซึมน้ำ และการเสถียรทางความร้อนมากกว่าวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยเส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน หรือด้วยเส้นใยทางปาล์มน้ำมัน นอกจากนี้วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่เสริมแรงด้วยจีลีโอไม้อย่างพาราและเส้นใยทางปาล์มน้ำมันปริมาณ 5-10 wt% มีสมบัติเด่นกว่าวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและจีลีโอไม้อย่างพารา ในค่ามอดูลัสการดึง 42.64% การดูดซึมน้ำ 18.06% และการพองตัว 61.64%

คำสำคัญ: วัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้, เส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน, ทะลายปาล์มน้ำมัน, ทางใบปาล์มน้ำมัน

¹ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลบ่อทราย อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Boyang, Muang, Songkhla 90000, Thailand.

² หน่วยวิจัยเทคโนโลยีการแปรรูปวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลบ่อทราย อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

² Materials Processing Technology Research Unit, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Boyang, Muang, Songkhla 90000, Thailand.

* ผู้รับผิดชอบประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): watthanaphon.c@rmuts.ac.th

ABSTRACT

This research aimed to analyze the effect of oil palm fiber contents and types on mechanical, physical and thermal properties of composites from polypropylene and rubberwood sawdust. In manufacturing the composites, a twin-screw extruder was used to blend mixture components and to form composite samples. From results of the experiment, the polypropylene composites with oil palm fruit bunch fiber or oil palm mesocarp fiber or oil palm fond fiber exhibited lower mechanical and physical properties than the composites with rubberwood sawdust. Likewise, the addition of rubberwood sawdust or oil palm fibers into polypropylene matrix clearly decreased the strength but increased the modulus. The polypropylene composites reinforced with oil palm fruit bunch fiber gave higher strength, water absorption and thermal stability than that of the composites reinforced with oil palm mesocarp fiber or oil palm fond fiber. Furthermore, the polypropylene composites reinforced with rubberwood sawdust and oil palm fond fiber 5-10 wt% gave better tensile modulus 42.64%, water absorption 18.06% and thickness swelling 61.64% than rubberwood sawdust-polypropylene composites.

Key words: wood-plastic composites, oil palm mesocarp fiber, oil palm fruit bunch, oil palm fond

บทนำ

วัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ (Wood-Plastic Composites; WPCs) เป็นวัสดุที่มีแนวโน้มของการประยุกต์ใช้งานเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อทดแทนไม้สำหรับการก่อสร้างหรือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาจากไม้ เนื่องจากเป็นวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือวัสดุก่อสร้างสีเขียว (Green building materials) และสามารถใช้เป็นวัสดุตกแต่งภายนอกอาคารได้ดี เพราะดูดซับน้ำน้อย ความเสถียรทางด้านรูปร่างสูง ความทนทานและต้านทานเชื้อราสูง ต้นทุนการบำรุงรักษาต่ำ และที่สำคัญสามารถนำวัสดุเหลือใช้ เช่นเดียวกับวัสดุประเภทเทอร์โมพลาสติกทั่วไป (Clemons, 2002; Hatch, 2008; Slaughter, 2004) จากข้อมูลเหล่านี้สามารถกล่าวได้ว่า วัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้จะเข้ามามีบทบาทและมีการประยุกต์ใช้งานทดแทนไม้จากธรรมชาติในอนาคต (Homkhiew, 2014)

ในการผลิตวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้จะประกอบด้วยวัสดุหลัก 2 ชนิดคือ พลาสติกและขี้เลื่อยไม้ ซึ่งขี้เลื่อยไม้ที่มีศักยภาพด้านปริมาณของประเทศไทยคือ ขี้เลื่อยไม้ยางพารา เนื่องจากเมื่อต้นยางพาราให้ผลผลิตที่ไม่คุ้มค่าต่อการปลูกหรือมีอายุประมาณ 25 ปี ต้นยางพาราเหล่านี้จะถูกตัด (Rimdisut *et al.*, 2011) และจากการตัดจะเกิดของเสียในรูปของขี้เลื่อย ผงไม้ และเศษไม้ประมาณ 34% (Prasertsan and Vanapruk, 1998; Petchpradab *et al.*, 2009) ซึ่งถือว่าเป็นสัดส่วนที่สูงมาก (Homkhiew and Ratanawilai, 2014) นอกจากนี้เส้นใยจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันนับเป็นวัสดุธรรมชาติอีกประเภทหนึ่งที่มีศักยภาพเพียงพอสำหรับการนำมาใช้เป็นส่วนผสมในวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ เพราะจากข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรมีการรายงานว่า ในปี พ.ศ. 2561 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันประมาณ 5.87 ล้านไร่ และมีเนื้อที่ให้ผลผลิตประมาณ 5.35 ล้านไร่ ได้ผลผลิตปาล์มทะลายสด

15.53 ล้านตัน และมีผลผลิตเฉลี่ย 2.9 ตัน/ไร่ ซึ่งจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันทำให้เกิดเส้นใยธรรมชาติเป็นจำนวนมาก เช่น เส้นใยทะลายปาล์มน้ำมัน เส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน และเส้นใยทางใบปาล์มน้ำมัน เป็นต้น ดังนั้นจากข้อมูลเหล่านี้การนำเส้นใยธรรมชาติที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันมาเป็นวัสดุเสริมแรงให้แก่วัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้จึงมีความเป็นไปได้และมีความเหมาะสม เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือใช้ที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากในประเทศไทย และมีมากเพียงพอต่อการนำมาใช้เป็นส่วนผสมในวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้เชิงพาณิชย์

เมื่อทบทวนงานวิจัยในอดีตพบว่า มีการนำเส้นใยปาล์มน้ำมันผสมกับพลาสติกเพื่อพัฒนาเป็นวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้จำนวนมาก ยกตัวอย่าง Ratanawilai *et al.* (2014) วิเคราะห์ผลกระทบชนิดผงไม้วางผงไม้อย่างพารากับผงที่ได้จากเส้นใยลูกปาล์มน้ำมันต่อสมบัติของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนรีไซเคิล ซึ่งพบว่า วัสดุเชิงประกอบที่ผสมผงไม้อย่างพารามีสมบัติการดูด การดึง การอัด และความแข็งแรงสูงกว่าวัสดุเชิงประกอบที่ผสมผงเส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน ขณะเดียวกัน Essabir *et al.* (2016) ผลิตวัสดุเชิงประกอบพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงที่เสริมแรงด้วยเส้นใยปาล์มน้ำมันและเคลย์ (Clay) และพบว่า วัสดุเชิงประกอบพลาสติกที่เสริมแรงด้วยเส้นใยปาล์มน้ำมัน 12.5 wt% และเคลย์ 12.5 wt% มีสมบัติการดึงดีที่สุด ขณะที่ Olusunmade *et al.* (2016) พัฒนาวัสดุเชิงประกอบพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นและเส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน โดยแสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งแรงดึงลดลงอย่างช้าๆ ตามปริมาณเส้นใยที่เดิมเป็นส่วนผสม

แต่เมื่อคุณลักษณะการดึงกลับมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน นอกจากนี้ Adam and Asik (2019) นำเส้นใยทะลายปาล์มน้ำมันเสริมแรงในวัสดุเชิงประกอบพอลิเอสเตอร์ และเปิดเผยว่า การดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบฯ เพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใยทะลายปาล์มน้ำมันและระยะเวลาการแช่น้ำ ซึ่งจากข้อมูลเหล่านี้จะเห็นได้ว่า มีการนำเส้นใยปาล์มน้ำมันมาผสมกับพลาสติกหลายชนิดเป็นวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ แต่ยังไม่พบการนำเส้นใยทะลายปาล์มน้ำมัน เส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน หรือเส้นใยทางใบปาล์มน้ำมันผสมในวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและจีแอลซีไม้อย่างพาราที่งานวิจัยนี้สนใจจะศึกษา

อย่างไรก็ตามก่อนการนำเส้นใยปาล์มน้ำมันเหล่านี้ไปใช้เป็นส่วนผสมในวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและจีแอลซีไม้อย่างพารา มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาวิจัยเพื่อทราบผลกระทบของปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อสมบัติทางกล ทางกายภาพ และทางความร้อนของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและจีแอลซีไม้อย่างพารา เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติแต่ละชนิดมีความแข็งแรง โครงสร้างภายใน และองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนั้นผลจากงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่ออุตสาหกรรมผลิตไม้เทียมจากวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ และอุตสาหกรรมที่นำวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ไปประยุกต์ใช้งาน ดังเช่นอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เนื่องจากวัสดุชนิดนี้มีน้ำหนักเบากว่าพลาสติก ทำให้ลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและลดต้นทุนการผลิต (Ashori, 2008)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยปาล์มน้ำมัน

ชนิดเส้นใย	องค์ประกอบทางเคมี (%)				มอดูลัสการดึง (MPa)
	เซลลูโลส	เฮมิเซลลูโลส	ลิกนิน	เถ้า	
เส้นใยทะลายปาล์มน้ำมัน	44.2 ¹	33.5 ¹	20.4 ¹	3.5 ¹	1703 ⁵
เส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน	42.8 ²	33.1 ²	20.5 ²	3.6 ²	500 ⁶
เส้นใยทางใบปาล์มน้ำมัน	49.8 ³	33.7 ³	20.5 ³	2.4 ³	-
ไม้ยางพารา	39.0 ⁴	29.0 ⁴	28.0 ⁴	4.0 ⁴	2252 ⁷

¹Khalid *et al.*, 2008; ²Nordin *et al.*, 2013; ³Abdul Khalil *et al.* 2006; ⁴Petchpradab *et al.*, 2009; ⁵Yusoff *et al.*, 2009; ⁶Sreekala *et al.* 1997; ⁷Devi and Maji, 2002

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้สามารถแบ่งวิธีการดำเนินการวิจัยได้เป็น 3 ส่วนหลัก คือ วัสดุที่ใช้ในการวิจัย การขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง และการวิเคราะห์และการทดสอบสมบัติ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย พลาสติกพอลิโพรพิลีน เกรด 1100NK ผลิตโดยบริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) และวัสดุเสริมแรง

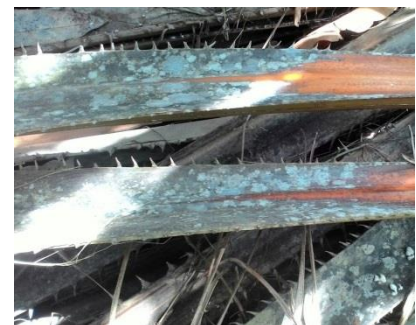
คือ 1) จี๊เลื่อยไม้ยางพารา ได้รับจากโรงงานแปรรูปเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราในจังหวัดสงขลา 2) เส้นใยทะลายปาล์มน้ำมัน ดังภาพที่ 1(ก) จัดหามาจากพื้นที่ใน อ.เชียรใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช 3) เส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน ดังภาพที่ 1(ข) จัดหามาจากพื้นที่ใน อ.เชียรใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช และ 4) ทางใบปาล์มน้ำมัน ดังภาพที่ 1(ค) จัดหามาจากพื้นที่ใน อ.หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 1 ลักษณะ (ก) เส้นใยทะลายปาล์มน้ำมัน (ข) เส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน และ (ค) ทางใบปาล์มน้ำมัน

2. การขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง

ก่อนการขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง ดำเนินการเตรียมจี๊เลื่อยไม้ยางพาราและเส้นใยจากปาล์มน้ำมัน โดยการนำจี๊เลื่อยไม้ยางพารามาคัดแยกขนาดโดยใช้เครื่องร่อน และร่อนให้จี๊เลื่อยผ่านตะแกรงขนาด 40

เมช ในขณะที่เดียวกันนำเส้นใยทะลายปาล์มน้ำมัน เส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน และเส้นใยทางปาล์มน้ำมันมาทำการลดขนาดให้มีความยาวไม่เกิน 1 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องบดแบบค้อน (Hammer mill) จากนั้นนำจี๊เลื่อยไม้ยางพาราและเส้นใยปาล์มน้ำมันทั้ง 3 ชนิด

ไปอบเพื่อลดความชื้นที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

ในการขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่างเริ่มจากการนำเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีนผสมกับขี้เลื่อยไม้ยางพาราและเส้นใยปาล์มน้ำมันเบื้องต้นตามสูตรที่กำหนดดังแสดงในตารางที่ 2 โดยการเขย่าให้เกิดการกระจายตัวประมาณ 5 นาที จากนั้นนำวัสดุที่ได้จากการผสมเบื้องต้นไปผสมและขึ้นรูปเป็นวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้โดยใช้เครื่องอัดรีดแบบ

เกลียวคู่ (รุ่น CTE-D25L40 บริษัท เจริญทัศน์ จำกัด สมุทรปราการ ประเทศไทย) ที่มีการควบคุมอุณหภูมิอยู่ในช่วง 165-195 องศาเซลเซียส และความเร็วหมุนของเกลียว คือ 60 รอบต่อนาที เมื่อวัสดุถูกอัดรีดผ่านเครื่องอัดรีดแบบเกลียวคู่จะได้ชิ้นงานตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นแท่งหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อนำไปเตรียมเป็นชิ้นงานทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบต่างๆ ต่อไป

ตารางที่ 2 สูตรส่วนผสมของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก; wt%)

Sample code	PP (wt%)	RWF (wt%)	OPBF (wt%)	OPMF (wt%)	OPFF (wt%)
P100	100				
P60R40	60	40			
P60B40	60		40		
P60M40	60			40	
P60F40	60				40
P60R35B5	60	35	5		
P60R30B10	60	30	10		
P60R25B15	60	25	15		
P60R20B20	60	20	20		
P60R35M5	60	35		5	
P60R30M10	60	30		10	
P60R25M15	60	25		15	
P60R20M20	60	20		20	
P60R35F5	60	35			5
P60R30F10	60	30			10
P60R25F15	60	25			15
P60R20F20	60	20			20

หมายเหตุ PP คือ พอลิโพรพิลีน RWF คือ ขี้เลื่อยไม้ยางพารา OPBF คือ เส้นใยทะลายปาล์มน้ำมัน OPMF คือ เส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน OPFF คือ เส้นใยทางปาล์มน้ำมัน และ wt% คือ เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

3. การวิเคราะห์และการทดสอบสมบัติ

1) การวิเคราะห์โครงสร้างพื้นฐานวิทยา

ในการวิเคราะห์โครงสร้างพื้นฐานวิทยาดำเนินการโดยการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์

อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy; SEM, รุ่น Quanta 400, FEI company, Oregon, USA) เพื่อวิเคราะห์รูพรุนภายในโครงสร้างและการยึดเกาะระหว่างวัสดุเสริมแรงกับเมทริกซ์

พลาสติกของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ อย่างไรก็ตาม ก่อนการส่องด้วย SEM ชิ้นงานทั้งหมดต้องเคลือบด้วยทองคำบริเวณผิวหน้าที่แตกหัก

2) การทดสอบสมบัติทางกล

การทดสอบการดัด (Flexural test) การทดสอบการดึง (Tensile test) และการทดสอบความแข็ง (Hardness test) เป็นการทดสอบที่ดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D790-92, ASTM D638-99 และ ASTM D2240-91 ตามลำดับ ในการทดสอบการดัดเป็นการดัดแบบ 3 จุด ซึ่งชิ้นงานทดสอบมีขนาด $4.8 \times 13 \times 100$ มิลลิเมตร³ บารองรับชิ้นงาน (Span distance) มีระยะห่าง 80 มิลลิเมตร และความเร็วที่ใช้ในการดัด คือ 2 มิลลิเมตรต่อนาที โดยใช้เครื่องทดสอบสมบัติทางกลอเนกประสงค์ (รุ่น NRI-TS500-50 บริษัท นรินทร์ อินสตรูमेंท์ จำกัด สมุทรปราการ ประเทศไทย) สำหรับการทดสอบการดึง ใช้ชิ้นงานทดสอบประเภทที่ 4 โดยชิ้นงานทดสอบมีขนาด $115 \times 19 \times 4$ มิลลิเมตร³ และความเร็วที่ใช้ดึง คือ 5 มิลลิเมตรต่อนาที โดยใช้เครื่องทดสอบสมบัติทางกลอเนกประสงค์เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ในการทดสอบความแข็ง ชิ้นงานทดสอบมีขนาด $30 \times 30 \times 6$ มิลลิเมตร³ และวัดความแข็งด้วย Durometer แบบ Shore D scale (รุ่น GS-702G บริษัท Teclock corporation จำกัด Nagano, Japan) ในการทดสอบสมบัติทางกลทั้ง 3 ประเภท ดำเนินการที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส และทดลองแบบสุ่ม 5 ตัวอย่าง ของแต่ละสูตรการทดลอง

3) การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

การทดสอบการดูดซับน้ำและการพองตัวเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำและเปอร์เซ็นต์การพองตัว ดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D570-88 โดยชิ้นงานทดสอบมีขนาด $10 \times 20 \times 6$ มิลลิเมตร³ อย่างไรก็ตามก่อนการทดสอบ นำชิ้นงานทดสอบไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

จากนั้นนำชิ้นงานทดสอบไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิทัลที่มีความละเอียด 0.001 กรัม และวัดขนาดความหนาด้วยเวอร์เนียร์ดิจิทัลที่มีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร หลังจากนั้นนำชิ้นงานทดสอบไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำชิ้นงานทดสอบชั่งน้ำหนักและวัดขนาดความหนาอีกครั้ง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำและเปอร์เซ็นต์การพองตัว

4) การทดสอบสมบัติทางความร้อน

การทดสอบสมบัติทางความร้อนเป็นการทดสอบการสูญเสียน้ำหนักเมื่อได้รับความร้อน (Thermogravimetric Analysis; TGA) ซึ่งในการทดสอบ TGA กระทำด้วยเครื่อง Perkin Elmer (TGA-7, USA) โดยใช้ปริมาณตัวอย่างประมาณ 5-8 มิลลิกรัม และให้ความร้อนที่อัตราคงที่ คือ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที จากอุณหภูมิ 40 ถึง 700 องศาเซลเซียส

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ในการออกแบบการทดลองมีตัวแปรอิสระคือ ปริมาณและชนิดเส้นใยธรรมชาติ ซึ่งสามารถออกแบบสูตรที่ใช้ในการทดลองได้ 17 สูตร และค่าผลตอบแทนที่ได้จากการทดสอบคือ โครงสร้างพื้นฐานวิทยา ความแข็งแรงดัด โมดูลัสการดัด ความแข็งแรงดึง โมดูลัสการดึง ความแข็ง เปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำ เปอร์เซ็นต์การพองตัว และการสูญเสียน้ำหนักเมื่อได้รับความร้อน

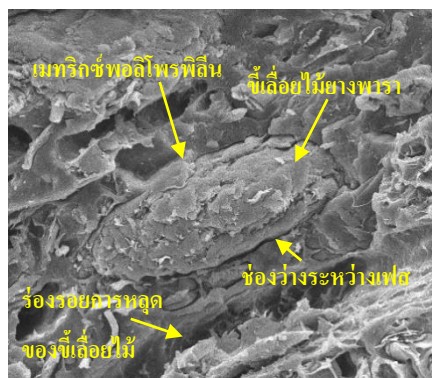
1. ผลกระทบของปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อโครงสร้างพื้นฐานวิทยา

โครงสร้างพื้นฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยธรรมชาติ แสดงดังภาพที่ 2 โดยแสดงให้เห็นว่า การเติมเส้นใยธรรมชาติคือ ขี้เลื่อยไม้ยางพารา (ภาพที่ 2(ก)) หรือ

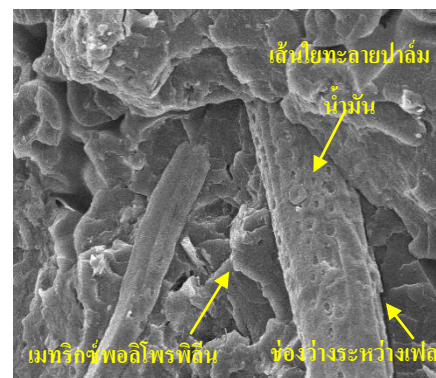
เส้นใยทะเลสาปาล์มน้ำมัน (ภาพที่ 2(ข)) หรือเส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน (ภาพที่ 2(ค)) หรือเส้นใยทางปาล์มน้ำมัน (ภาพที่ 2(ง)) ปริมาณ 40 wt% ส่งผลให้โครงสร้างภายในของวัสดุเชิงประกอบมีรูพรุนและช่องว่างเกิดขึ้นจำนวนมาก ซึ่งจะเห็นได้ว่าการยึดเกาะระหว่างเมทริกซ์พลาสติกและเส้นใยธรรมชาติค่อนข้างอ่อนแอ สังเกตได้จากร่องรอยการหลุดของเส้นใยจากเมทริกซ์พลาสติก ขณะเดียวกันจะเห็นได้ว่า มีช่องว่างเกิดขึ้นเป็นแนวยาวตามความยาวของซีลี้อยไม้และเส้นใยธรรมชาติ และการเกิดรูพรุนและช่องว่างภายในโครงสร้างของวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยเส้นใยปาล์มน้ำมันมีมากกว่าวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยซีลี้อยไม้ยางพารา

ภาพที่ 3 แสดงโครงสร้างพื้นฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและซีลี้อยไม้

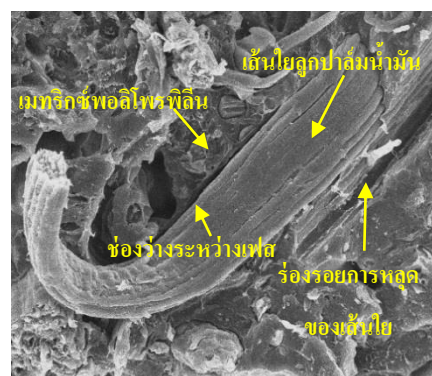
ยางพารากับเส้นใยปาล์มน้ำมัน ซึ่งพบว่า เมื่อเติมเส้นใยปาล์มน้ำมันปริมาณ 15 wt% เป็นส่วนผสมในวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและซีลี้อยไม้ยางพารา ส่งผลให้โครงสร้างพื้นฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบฯ มีรูพรุนเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างพื้นฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและซีลี้อยไม้ในภาพที่ 2(ก) เนื่องจากเมทริกซ์พลาสติกจะไหลตัวได้ยากขึ้น เพราะจะถูกขัดขวางการไหลทั้งจากอนุภาคของซีลี้อยไม้และเส้นใยยาวจากปาล์มน้ำมัน นอกจากนี้จะเห็นได้ว่า เส้นใยปาล์มน้ำมันจะกระจายห่างๆ อยู่ภายในโครงสร้างของวัสดุเชิงประกอบฯ ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นใยยาว ในขณะที่ซีลี้อยไม้มีลักษณะเป็นก้อนอนุภาคกระจายอยู่ทั่วทั้งโครงสร้างของวัสดุเชิงประกอบฯ



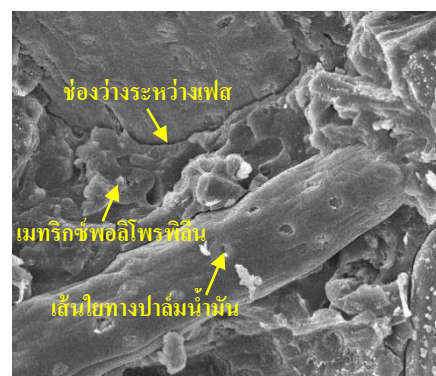
(ก)



(ข)



(ค)



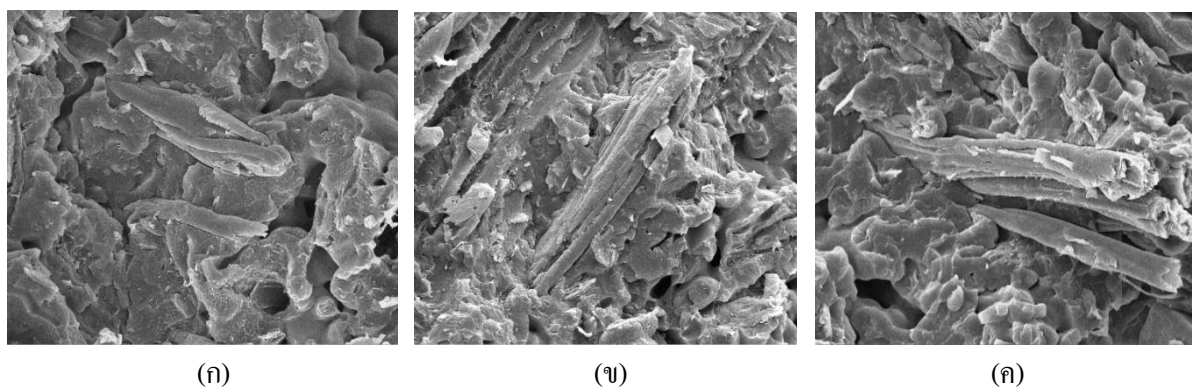
(ง)

ภาพที่ 2 โครงสร้างพื้นฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยธรรมชาติในสูตร (ก) P60R40 (ข) P60B40 (ค) P60M40 และ (ง) P60F40 ที่กำลังขยาย 500 เท่า

2. ผลกระทบของปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อสมบัติการตัด

ผลกระทบของปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อค่าความแข็งแรงดัดและค่ามอดูลัสการดัดของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและจี้เลื่อยไม้ยางพารา แสดงในภาพที่ 4(ก) และ 4(ข) ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่า การเติมจี้เลื่อยไม้ยางพาราหรือเส้นใยปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในพลาสติกพอลิโพรพิลีนส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดัดลดลงอย่างชัดเจน เนื่องจากการกระจายตัวและการยึดเกาะที่ไม่ดีของเส้นใยธรรมชาติในเมทริกซ์พลาสติก (Ratanawilai *et*

al., 2012) แต่สำหรับค่ามอดูลัสการดัดพบว่า การเติมจี้เลื่อยไม้ยางพาราหรือเส้นใยปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในพลาสติกพอลิโพรพิลีนกลับส่งผลให้ค่ามอดูลัสการดัดเพิ่มขึ้น เพราะในวัสดุเชิงประกอบมีเส้นใยธรรมชาติที่แข็งแกร่งสูงและเมทริกซ์พลาสติกที่แข็งแกร่งต่ำ ทำให้การเติมจี้เลื่อยไม้เป็นส่วนผสมมากขึ้นส่งผลให้วัสดุเชิงประกอบฯ มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น (Homkhiew *et al.*, 2018a) ขณะเดียวกัน Jamil *et al.* (2006) กล่าวว่า การเพิ่มขึ้นของค่ามอดูลัสมีสาเหตุมาจากการลดลงของความยืดหยุ่นของเมทริกซ์พลาสติก



ภาพที่ 3 โครงสร้างพื้นฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยธรรมชาติในสูตร (ก) P60R25B15 (ข) P60R25M15 และ (ค) P60R25F15 ที่กำลังขยาย 500 เท่า

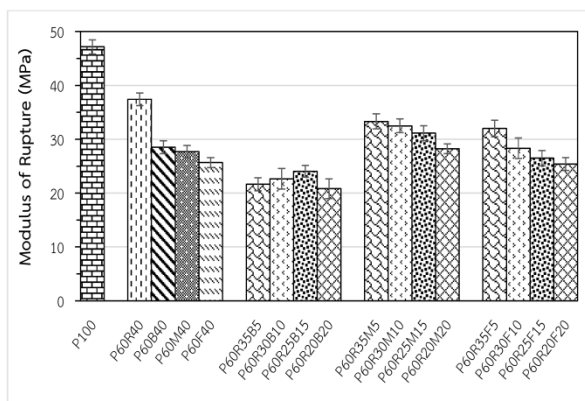
นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ผลกระทบของชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันพบว่า วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีน และเส้นใยทะเลสาปาล์มน้ำมัน (P60B40) มีค่าความแข็งแรงดัดมากกว่าวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยเส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน (P60M40) หรือที่เสริมแรงด้วยเส้นใยทางปาล์มน้ำมัน (P60F40) อย่างไรก็ตามกลับพบว่าวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยเส้นใยทางปาล์มน้ำมันมีค่ามอดูลัสการดัดสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเสริมแรงด้วยเส้นใยปาล์มน้ำมันชนิดอื่น เช่นเดียวกันพบว่า วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยปาล์มน้ำมัน ได้แก่ เส้นใยทะเลสาปาล์มน้ำมัน เส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน และ

เส้นใยทางปาล์มน้ำมัน มีค่าความแข็งแรงดัดและค่ามอดูลัสการดัดต่ำกว่าวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและจี้เลื่อยไม้ยางพารา สิ่งนี้สามารถอธิบายได้จากโครงสร้างพื้นฐานวิทยา ซึ่งสังเกตเห็นได้ว่า การเกิดรูพรุนและช่องว่างภายในโครงสร้างของวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยเส้นใยปาล์มน้ำมันมีมากกว่าวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยจี้เลื่อยไม้ยางพารา ทำให้การถ่ายทอดแรงภายในโครงสร้างของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและจี้เลื่อยไม้ยางพารามีประสิทธิภาพมากกว่า ขณะเดียวกัน เนื่องจากไม้ยางพารามีองค์ประกอบทางเคมีคือ ลิกนิน (Lignin) ในปริมาณที่มากกว่าเส้นใยปาล์มน้ำมัน ดังแสดงใน

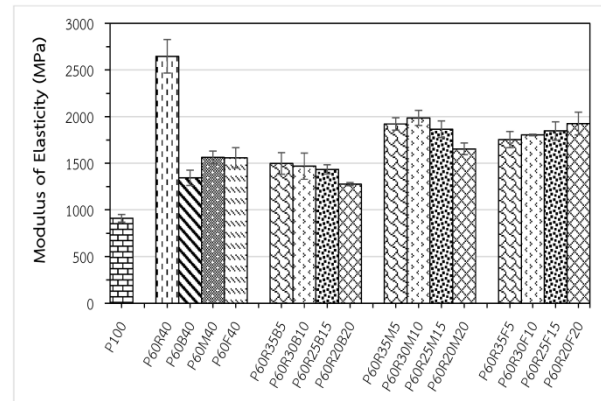
ตารางที่ 1 ซึ่งหมู่ไฮดรอกซิล (OH group) ของลิกนิน คือ ตัวประสานกับไฮโดรเจนอะตอม ณ ตำแหน่งแอลฟารามเทริกซ์พลาสติก (Ge *et al.*, 2004; Homkhiew, 2014) ซึ่งเส้นใยที่อุดมด้วยลิกนินจะมีความเข้ากันได้กับเมทริกซ์พลาสติกมากขึ้น (Nygård *et al.*, 2008; Homkhiew *et al.*, 2019)

เมื่อวิเคราะห์ผลกระทบปริมาณการเติมเส้นใยปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและจีลีโอไมยางพาราพบว่า การเติมเส้นใยทะเลปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมเพิ่มขึ้นในช่วง 5-15 wt% ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดัดเพิ่มขึ้น แต่ค่ามอดูลัสการดัดลดลงตามปริมาณเส้นใยทะเลปาล์มน้ำมันที่เติมเป็นส่วนผสม อย่างไรก็ตามเมื่อเติมเส้น

ใยทะเลปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสม 20 wt% ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดัดลดลง เมื่อพิจารณาผลกระทบของเส้นใยลูกปาล์มน้ำมันพบว่า การเติมเส้นใยลูกปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมเพิ่มขึ้นในช่วง 5-20 wt% ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดัดลดลงตามปริมาณเส้นใยลูกปาล์มน้ำมันที่เติมเป็นส่วนผสม ในขณะที่ค่ามอดูลัสการดัดพบว่า การเติมเส้นใยลูกปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสม 10 wt% ให้ค่ามอดูลัสการดัดสูงที่สุด นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ผลกระทบของเส้นใยทางปาล์มน้ำมันพบว่า การเติมเส้นใยทางปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมเพิ่มขึ้นในช่วง 5-20 wt% ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดัดลดลง แต่ค่ามอดูลัสการดัดเพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใยทางปาล์มน้ำมันที่เติมเป็นส่วนผสม



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4 ผลกระทบของปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อ (ก) ค่าความแข็งแรงดัด และ (ข) ค่ามอดูลัสการดัดของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและจีลีโอไมยางพารา

3. ผลกระทบของปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อสมบัติการดึง

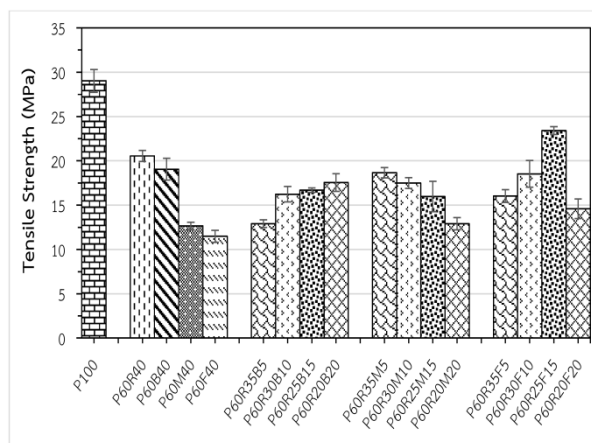
ภาพที่ 5(ก) และ 5(ข) แสดงผลกระทบของปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดูลัสการดึง ตามลำดับ ของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การเติมจีลีโอไมยางพาราหรือเส้นใยปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในพลาสติกพอลิโพรพิลีน ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดึงลดลงอย่างชัดเจน แต่กลับส่งผลให้

ค่ามอดูลัสการดึงเพิ่มขึ้น โดย Väisänen *et al.* (2016) กล่าวว่า เส้นใยธรรมชาติมีค่ามอดูลัสสูงกว่าพลาสติกหลายเท่า ดังนั้นการเติมเส้นใยธรรมชาติในพลาสติกจะทำให้วัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม่มีค่ามอดูลัสเพิ่มขึ้น (Homkhiew *et al.*, 2018b) เช่นเดียวกันเมื่อพิจารณาผลกระทบของชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันพบว่า วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยทะเลปาล์มน้ำมันมีค่าความแข็งแรงดึงสูงที่สุด รองลงมาคือ วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยลูก

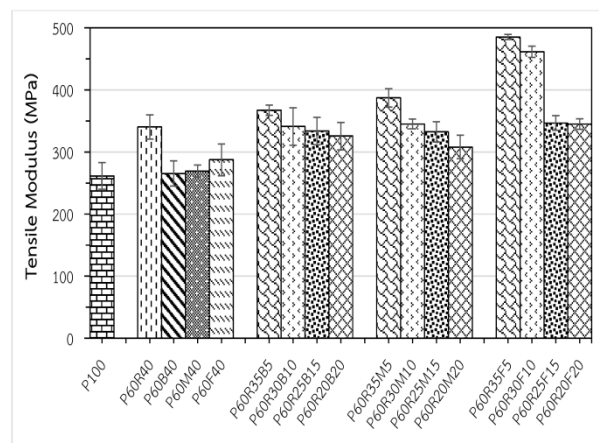
ปาล์มน้ำมัน และวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่เสริมแรงด้วยเส้นใยทางปาล์มน้ำมันมีค่าความแข็งแรงดึงต่ำที่สุด ในทางกลับกันวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยทางปาล์มน้ำมันมีค่ามอดูลัสการดึงสูงที่สุด และวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยทะเลลายปาล์มน้ำมันมีค่ามอดูลัสการดึงน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยปาล์มน้ำมันมีค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดูลัสการดึงน้อยกว่าวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่เสริมแรงด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพารา สิ่งนี้เกิดจากวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยปาล์มน้ำมันมีรูพรุนและขนาดช่องว่างในโครงสร้างใหญ่กว่า อีกทั้งเส้นใยปาล์มน้ำมันมีความแข็งแรงน้อยกว่าไม้ยางพารา ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 1 ทำให้มีค่ามอดูลัสต่ำกว่า

เมื่อวิเคราะห์ผลกระทบปริมาณการเติมเส้นใยปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในวัสดุเชิงประกอบพอลิ

โพรพิลีนและขี้เลื่อยไม้ยางพาราพบว่า การเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมเพิ่มขึ้นในช่วง 5-20 wt% ส่งผลให้ค่ามอดูลัสการดึงลดลงตามปริมาณเส้นใยทะเลลายปาล์มน้ำมันที่เติมเป็นส่วนผสม แต่ทว่าการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมเพิ่มขึ้นในวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและขี้เลื่อยไม้ยางพาราในช่วงปริมาณ 5-20 wt% ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดึงเพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใยที่เติมเป็นส่วนผสม อย่างไรก็ตามการเติมเส้นใยลูกปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมเพิ่มขึ้นในช่วง 5-20 wt% กลับส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดูลัสการดึงลดลงตามปริมาณเส้นใยที่เติมเป็นส่วนผสมเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่า การเติมเส้นใยทางปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสม 15 wt% ในวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและขี้เลื่อยไม้ยางพาราให้ค่าความแข็งแรงดึงสูงที่สุด



(ก)



(ข)

ภาพที่ 5 ผลกระทบของปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อ (ก) ค่าความแข็งแรงดึง และ (ข) ค่ามอดูลัสการดึงของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและขี้เลื่อยไม้ยางพารา

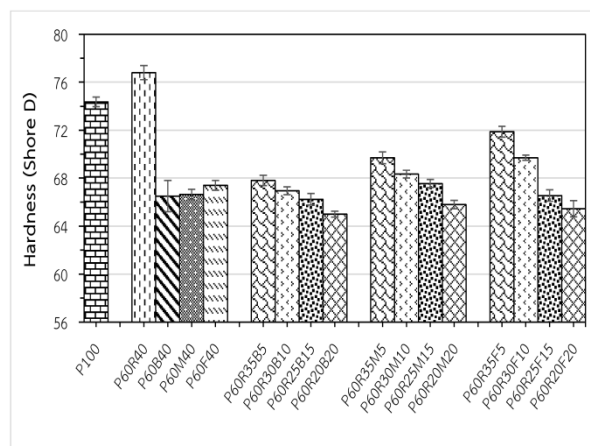
4. ผลกระทบของปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อสมบัติความแข็งแรง

ผลกระทบของปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อค่าความแข็งแรงของวัสดุเชิงประกอบพอลิ

โพรพิลีนและขี้เลื่อยไม้ยางพารา แสดงดังภาพที่ 6 โดยชี้ให้เห็นว่า การเติมขี้เลื่อยไม้ยางพาราเป็นส่วนผสมในพลาสติกพอลิโพรพิลีน (P60R40) ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงของวัสดุเชิงประกอบฯ เพิ่มขึ้นอย่าง

ชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับพลาสติก 100% แต่การเติมเส้นใยปาล์มน้ำมันทั้ง 3 ชนิด กลับส่งผลให้ค่าความแข็งของวัสดุเชิงประกอบฯ ลดลง เนื่องจากชี้เลื่อยไม้ยางพาราที่มีขนาดเล็กกว่าเส้นใยปาล์มน้ำมันทำให้ชี้เลื่อยไม่มีการกระจายตัวในวัสดุเชิงประกอบฯ ได้ทั่วถึงและสม่ำเสมอว่าเส้นใยปาล์มน้ำมัน ขณะเดียวกันวัสดุเชิงประกอบกับชี้เลื่อยไม่มีรูพรุนเกิดขึ้นน้อยกว่า นอกจากนี้ไม่มีความแข็งมากกว่าพลาสติก (Kord, 2011; Homkhiew *et al.*, 2015) ทำให้วัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยชี้เลื่อยไม่มีความแข็งมากกว่าพลาสติก 100% เมื่อพิจารณาผลกระทบของชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันที่ปริมาณการเติมเป็นส่วนผสมในพลาสติกเท่ากันพบว่า วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยทางปาล์มน้ำมันมีค่าความแข็งสูงสุด รองลงมาคือ วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน และวัสดุเชิงประกอบ

พอลิโพรพิลีนและเส้นใยทะเลลายปาล์มน้ำมันมีค่าความแข็งน้อยที่สุด นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ผลกระทบปริมาณการเติมเส้นใยปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและชี้เลื่อยไม้ยางพาราพบว่า การเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มน้ำมันหรือเส้นใยลูกปาล์มน้ำมันหรือเส้นใยทางปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมเพิ่มขึ้นในช่วง 5-20 wt% ส่งผลให้ค่าความแข็งลดลงตามปริมาณเส้นใยทั้ง 3 ชนิด ที่เติมเป็นส่วนผสมเพิ่มขึ้น เพราะการเติมเส้นใยเพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มรูพรุนภายในโครงสร้างของวัสดุเชิงประกอบฯ อีกทั้งการยึดเกาะที่ไม่แข็งแรงระหว่างเส้นใยธรรมชาติและเมทริกซ์พลาสติกมีมากขึ้น ทำให้หวัคความแข็งสามารถแทรกเข้าสู่เนื้อของวัสดุเชิงประกอบฯ ได้ง่ายขึ้น เป็นสาเหตุให้ค่าความแข็งลดลง



ภาพที่ 6 ผลกระทบของปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อค่าความแข็งของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและชี้เลื่อยไม้ยางพารา

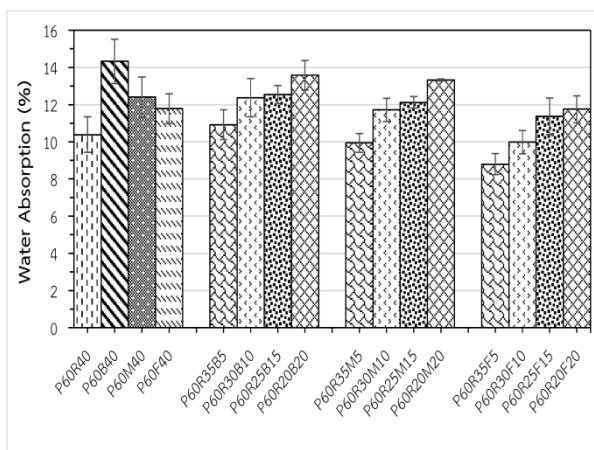
5. ผลกระทบของปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อสมบัติการดูดซับน้ำ

ภาพที่ 7(ก) และ 7(ข) แสดงผลกระทบปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำและค่าเปอร์เซ็นต์การพองตัว ตามลำดับของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและชี้เลื่อยไม้

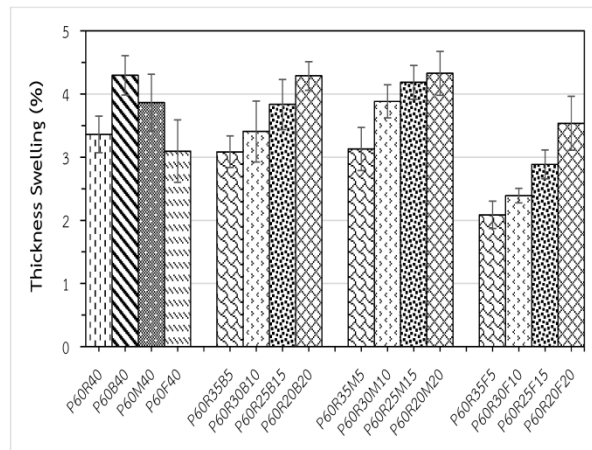
ยางพารา ซึ่งแสดงให้เห็นว่า วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยปาล์มน้ำมันมีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำและค่าเปอร์เซ็นต์การพองตัวสูงกว่าวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและชี้เลื่อยไม้ยางพารา พฤติกรรมนี้เกิดจากวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยเส้นใยปาล์มน้ำมันมีรูพรุนและช่องว่างเกิดขึ้นภายใน

โครงสร้างมากกว่าวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยซี่เลื่อยไม้ยางพารา ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้จากโครงสร้างสัณฐานวิทยา ทำให้เป็นการเพิ่มที่อยู่อาศัยให้กับน้ำ ซึ่งส่งผลให้วัสดุเชิงประกอบฯ สามารถดูดซับน้ำได้เพิ่มมากขึ้น (Homkhiew, 2015) อย่างไรก็ตามวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยทางปาล์มน้ำมันมีค่าเปอร์เซ็นต์การพองตัวต่ำกว่าวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยซี่เลื่อยไม้ยางพารา ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่า วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยทางปาล์มน้ำมันมีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำน้อยและค่าเปอร์เซ็นต์การพองตัวน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยเส้นใยทะเลปาล์มน้ำมันหรือเส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ผลกระทบปริมาณการเติมเส้นใยปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในวัสดุเชิงประกอบ

พอลิโพรพิลีนและซี่เลื่อยไม้ยางพาราพบว่า การเติมเส้นใยทะเลปาล์มน้ำมันหรือเส้นใยลูกปาล์มน้ำมันหรือเส้นใยทางปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมเพิ่มขึ้นในช่วง 5-20 wt% ส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำและค่าเปอร์เซ็นต์การพองตัวเพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใยทั้ง 3 ชนิด ที่เดิมเป็นส่วนผสม เนื่องจากอุณหภูมิภายในโครงสร้างของวัสดุเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณเส้นใย ทำให้เป็นการเพิ่มที่อยู่อาศัยให้กับน้ำเช่นเดียวกันยังสามารถกล่าวได้ด้วยว่า วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่เสริมแรงด้วยซี่เลื่อยไม้ยางพาราและเส้นใยทางปาล์มน้ำมันมีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำและค่าเปอร์เซ็นต์การพองตัวต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมเส้นใยปาล์มน้ำมันชนิดอื่นที่ปริมาณส่วนผสมเท่ากัน



(ก)



(ข)

ภาพที่ 7 ผลกระทบของปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อ (ก) ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำ และ (ข) ค่าเปอร์เซ็นต์การพองตัวของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและซี่เลื่อยไม้ยางพารา

6. ผลกระทบของปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อสมบัติการสูญเสียน้ำหนักเมื่อได้รับความร้อน

การวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักเมื่อได้รับความร้อน (TGA) ของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยธรรมชาติ แสดงดังภาพที่ 8 ซึ่งพบว่าการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเมื่อได้รับความร้อนมีอยู่

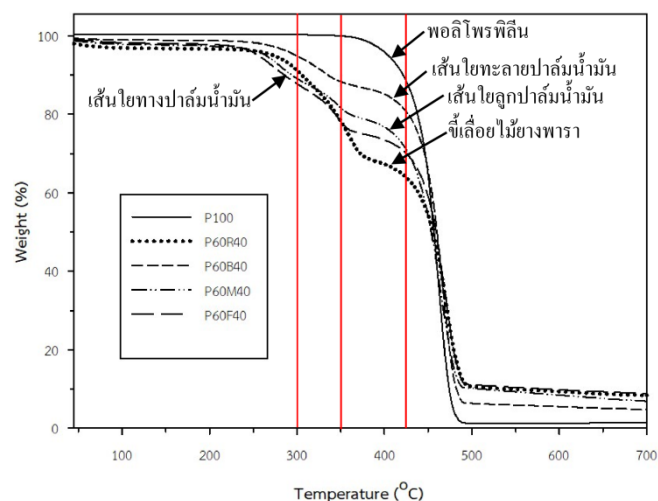
2 ช่วง เนื่องจากวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม่มีส่วนผสมหลักคือ พลาสติก และเส้นใยธรรมชาติ โดยการสลายตัวในช่วงแรกเป็นการสลายตัวของเส้นใยธรรมชาติ ซึ่งปกติสารเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินของเส้นใยธรรมชาติจะสลายตัวที่อุณหภูมิช่วง 194-386 องศาเซลเซียส (Mohanty *et al.*, 2006)

และการสลายตัวของพลาสติกพอลิโพรพิลีนที่อุณหภูมิประมาณ 460 องศาเซลเซียส เมื่อวิเคราะห์ผลกระทบชนิดเส้นใยธรรมชาติต่อสมบัติการสูญเสียน้ำหนักเมื่อได้รับความร้อนของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้พบว่า วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยทะเลลายปาล์มน้ำมัน (P60B40) มีการเสถียรทางความร้อนสูงกว่าวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและจี้เลื่อยไม้ยางพารา (P60R40) หรือเส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน (P60M40) หรือเส้นใยทางปาล์มน้ำมัน (P60F40) ในช่วงอุณหภูมิ 300-425 องศาเซลเซียส ในขณะที่วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยทางปาล์มน้ำมันจะมีการเสถียรทางความร้อนต่ำที่สุดที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามเมื่ออุณหภูมิเกิน 350 องศาเซลเซียส พบว่า วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและจี้เลื่อยไม้ยางพารา (P60R40) มีการเสถียรทางความร้อนต่ำที่สุด นอกจากนี้พบด้วยว่า วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยธรรมชาติมีการเสถียรทางความร้อนน้อยกว่าพลาสติกพอลิโพรพิลีน (P100) อย่างเห็นได้ชัด

สรุป

ผลจากการศึกษาผลกระทบของปริมาณและชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันต่อสมบัติทางกล ทางกายภาพ และทางความร้อนของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและจี้เลื่อยไม้ยางพาราพบว่า การเติมจี้เลื่อยไม้ยางพาราหรือเส้นใยปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในพอลิโพรพิลีน ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงลดลงอย่าง

ชัดเจน เนื่องจากการเกิดรุกรานจำนวนมาก และการยึดเกาะที่ไม่แข็งแรงระหว่างเส้นใยธรรมชาติและเมทริกซ์พลาสติกในโครงสร้างของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้ แต่ทำให้ค่ามอดูลัสเพิ่มขึ้น เพราะไม้หรือเส้นใยธรรมชาติมีความแข็งแรงที่สูงกว่าพลาสติก นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ผลกระทบของชนิดเส้นใยปาล์มน้ำมันพบว่า วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและเส้นใยทะเลลายปาล์มน้ำมันมีความแข็งแรง การดูดซับน้ำ และการเสถียรทางความร้อนมากกว่าวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยเส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน หรือที่เสริมแรงด้วยเส้นใยทางปาล์มน้ำมัน อย่างไรก็ตามกลับพบว่า วัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยเส้นใยทางปาล์มน้ำมันมีค่ามอดูลัสและความแข็งแรงสูงที่สุด เพราะเส้นใยทางปาล์มน้ำมันมีความแข็งแรงมากที่สุด เช่นเดียวกันพบด้วยว่า วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่เสริมแรงด้วยเส้นใยทะเลลายปาล์มน้ำมัน หรือเส้นใยลูกปาล์มน้ำมัน หรือเส้นใยทางปาล์มน้ำมัน มีสมบัติทางกลและทางกายภาพด้อยกว่าวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยจี้เลื่อยไม้ยางพารา นอกจากนี้วัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่เสริมแรงด้วยจี้เลื่อยไม้ยางพาราและเส้นใยทางปาล์มน้ำมันปริมาณ 5-10 wt% มีสมบัติเด่นกว่าวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนและจี้เลื่อยไม้ยางพารา ในค่ามอดูลัสการดึง 42.64% การดูดซับน้ำ 18.06% และการพองตัว 61.64%



ภาพที่ 8 ผลกระทบของชนิดเส้นใยธรรมชาติต่อค่าการสูญเสียน้ำหนักเมื่อได้รับความร้อนของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินแผ่นดิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ประจำปี 2561 และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

เอกสารอ้างอิง

- Abdul Khalil, H.P.S., Siti Alwani, M. and Mohd Omar, A.K. 2006. Chemical composition, anatomy, lignin distribution, and cell wall structure of Malaysian plant waste fibers. **Bioresources** 1: 220-232.
- Adam, N.A. and Asik, J. 2019. Mechanical performance of oil palm empty fruit bunches fibre reinforced polyester resin. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering** 469: 1-7.
- Ashori, A. 2008. Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries. **Bioresource Technology** 99: 4661-4667.

Clemons, C. 2002. Wood-plastic composites in the United States. **Forest Products Journal** 52: 10-18.

Devi, R.R. and Maji, T.K. 2002. Studies of properties of rubber wood with impregnation of polymer. **Bulletin of Materials Science** 25: 527-531.

Essabir, H., Boujmal, R., Bensalah, M.O., Rodrigue, D., Bouhfid, R. and Qaiss, A. 2016. Mechanical and thermal properties of hybrid composites: Oil-palm fiber/clay reinforced high density polyethylene. **Mechanics of Materials** 98: 36-43.

Ge, X.C., Li, X.H. and Meng, Y.Z. 2004. Tensile properties, morphology, and thermal behavior of PVC composites containing pine flour and bamboo flour. **Journal of Applied Polymer Science** 93: 1804-1811.

Hatch, M.C. 2008. Processing, Mechanical, and Environmental Performance of Engineering Polymer Wood-Plastic Composites. Master

- Thesis in Civil Engineering, Washington State University.
- Homkhiew, C. 2014. Development and applications of natural fiber/thermoplastic composites for industrial. **The Journal of Industrial Technology** 10(2): 97-110. (in Thai)
- Homkhiew, C. and Ratanawilai, T. 2014. Optimal proportions of composites from polypropylene and rubberwood flour after water immersion using experimental design. **KKU Research Journal** 19(6): 780-793. (in Thai)
- Homkhiew, C. 2015. Factors affecting water absorption behavior of wood-plastic composites. **The Journal of Industrial Technology** 11(2): 94-111. (in Thai)
- Homkhiew, C., Ratanawilai, T. and Thongruang, W. 2015. Composites from recycled polypropylene and rubberwood flour: Effects of composition on mechanical properties. **Journal of Thermoplastic Composite Materials** 28(2): 179-194.
- Homkhiew, C., Boonchouytan, W., Cheewawuttipong, W. and Ratanawilai, T. 2018a. Potential utilization of rubberwood flour and sludge waste from natural rubber manufacturing process as reinforcement in plastic composites. **Journal of Material Cycles and Waste Management** 20: 1792-1803.
- Homkhiew, C., Rawangwong, S., Boonchouytan, W., Thongruang, W. and Ratanawilai, T. 2018b. Composites from thermoplastic natural rubber reinforced rubberwood sawdust: Effects of sawdust size and content on thermal, physical, and mechanical properties. **International Journal of Polymer Science** ID 7179527: 1-11.
- Homkhiew, C., Rawangwong, S., Boonchouytan, W. and Ratanawilai, T. 2019. Influence of natural wood types and pigment contents on properties of wood-plastic composites. **Engineering Journal Chiang Mai University** 26(1): 33-47. (in Thai)
- Jamil, M.S., Ahmad, I. and Abdullah, I. 2006. Effects of rice husk filler on the mechanical and thermal properties of liquid natural rubber compatibilized high-density polyethylene/natural rubber blends. **Journal of Polymer Research** 13(4): 315-321.
- Khalid, M., Ratnam, C.T., Chuah, T.G., Salmiaton Ali and Choong, T.S.Y. 2008. Comparative study of polypropylene composites reinforced with oil palm empty fruit bunch fiber and oil palm derived cellulose. **Materials and Design** 29: 173-178.
- Kord, B. 2011. Effect of wood flour content on the hardness and water uptake of thermoplastic polymer composites. **World Applied Science Journal** 12: 1632-1634.
- Mohanty, S., Verma, S.K. and Nayak, S.K. 2006. Dynamic mechanical and thermal properties of MAPE treated jute/HDPE composites. **Composites Science and Technology** 66(3-4): 538-547.
- Nordin, N.I.A.A., Ariffin, H., Andou, Y., Hassan, M.A., Shirai, Y., Nishida, H., Yunus, W.Z.W., Karuppuchamy, S. and Ibrahim, N.A. 2013. Modification of oil palm mesocarp fiber

- characteristics using superheated steam treatment. **Molecules** 18: 9132-9146.
- Nygård, P., Tanem, B.S., Karlsen, T., Brachet, P. and Leinsvang, B. 2008. Extrusion-based wood fibre-PP composites: Wood powder and pelletized wood fibres - a comparative study. **Composites Science and Technology** 68: 3418-3424.
- Olusunmade, O.F., Adetan, D.A. and Ogunnigbo, C.O. 2016. A study on the mechanical properties of oil palm mesocarp fibre-reinforced thermoplastic. **Journal of Composites** 2016(ID 3137243): 1-7.
- Petchpradab, P., Yoshida, T., Charinpanitkul, T. and Matsumura, Y. 2009. Hydrothermal pretreatment of rubber wood for the Saccharification process. **Industrial & Engineering Chemistry Research** 48(9): 4587-4591.
- Prasertsan, S. and Vanapruk, P. 1998. **Rubber Plantations: An Overlooked Dendropower Option**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Manila.
- Ratanawilai, T., Nakawiro, K., Deachsrijan, A. and Homkhiew, C. 2014. Influence of wood species and particle size on mechanical and thermal properties of wood polypropylene composites. **Fibers and Polymers** 15(10): 2160-2168.
- Ratanawilai, T., Thanawattanasirikul, N. and Homkhiew, C. 2012. Mechanical and thermal properties of oil palm wood sawdust reinforced post-consumer polyethylene composites. **ScienceAsia** 38: 289-294.
- Rimdusit, S., Smittakorn, W., Jittarom, S. and Tiptipakorn, S. 2011. Highly filled polypropylene rubber wood flour composites. **Engineering Journal** 15(2): 17-30.
- Slaughter, A.E. 2004. Design and Fatigue of a Structural Wood-Plastic Composite. Master Thesis in Civil Engineering, Washington State University.
- Sreekala, M.S., Kumaran, M.G. and Thomas, S. 1997. Oil palm fibers: Morphology, chemical composition, surface modification, and mechanical properties. **Journal of Applied Polymer Science** 66: 821-835.
- Väisänen, T., Haapala, A., Lappalainen, R. and Tomppo, L. 2016. Utilization of agricultural and forest industry waste and residues in natural fiber-polymer composites: A review. **Waste Management** 54: 62-73.
- Yusoff, M.Z.M., Salit, M.S. and Ismail, N. 2009. Tensile properties of single oil palm empty fruit bunch fibre. **Sains Malaysiana** 38(4): 525-529.