แบบฟอร์มรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย รอบ 6 เดือน

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) สภาวะที่เหมาะสมของเส้นใยธรรมชาติต่อการทนสภาวะแวดล้อมของวัสดุผสมไม้พลาสติก

(ภาษาอังกฤษ) Optimum condition of Natural fibers composites on the Accelerated Weathering of Wood-Plastic Composites

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2566 **จำนวน** 304,000 **บาท**

ระยะเวลาทำการวิจัย 12 **เดือน เริ่มทำการวิจัยเมื่อ** (เดือน, ปี) มกราคม 2566

รายงานความก้าวหน้าของการวิจัย ครั้งที่ 1 ระหว่าง (เดือน, ปี) มกราคม 2566 ถึง (เดือน, ปี) มิถุนายน 2566

รายนามหัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการ พร้อมทั้งหน่วยงานที่สังกัดและรายละเอียดการติดต่อ (ที่อยู่/โทรศัพท์/โทรสาร/e-mail)

ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	โทรศัพท์/e-mail
อาจารย์ ดร.ศรีวรรณ ขำตรี	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา	091-145-4991 sriwan.kh@skru.ac.th
ผู้ช่วยศาสตราจารย์คุลยา ศรีโยม	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา	081-896-1238 kulaya.sr@skru.ac.th
อาจารย์ ดร.ชัยณรงค์ ศรีวะบุตร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	093-714-5187 Chainarong.s@rmutsv.ac.th

1. หลักการและเหตุผล (ระบุสาเหตุความจำเป็นที่ต้องดำเนินการวิจัย)

วัสดุผสมไม้พลาสติก ถือเป็นวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือวัสดุก่อสร้างสีเขียว ซึ่งกำลังได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากวัสดุผสมไม้พลาสติกมีส่วนประกอบหลักเป็นเส้นใยธรรมชาติและพลาสติก ทั้งนี้เส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นและราคาถูกเมื่อเทียบกับเส้นใยสังเคราะห์ นอกจากนี้เส้นใยธรรมชาติถือเป็นปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลของวัสดุผสมไม้พลาสติก ปัจจุบันได้มีการนำเส้นใยธรรมชาติหลายๆ ชนิดมาเป็นวัสดุผสมไม้พลาสติกและพลาสติกที่นำมาใช้ส่วนใหญ่เป็นพลาสติกรีไซเคิล เนื่องจากพลาสติกเป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ยาก ทำให้การนำพลาสติกมาใช้ใหม่เป็นการลดปัญหาการเพิ่มขึ้นของพลาสติกอีกด้วย นอกจากนี้วัสดุผสมไม้พลาสติกมีความทนทานต่อความชื้น ติดตั้งง่าย ไม่ติดไฟ ทนทานต่อมอด เชื้อรา แมลง และมีอายุการใช้งานมากกว่า10 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุที่ทำจากไม้ธรรมชาติ ทำให้วัสดุผสมไม้พลาสติกเป็นที่นิยมนำไปใช้งานอย่างหลากหลาย เช่น ไม้พื้น ไม้ระแนง ผนังไม้

แต่ด้วยสมบัติของเส้นใยธรรมชาติสามารถดูดซับน้ำได้ง่ายเมื่อนำไปใช้งาน ดังนั้นก่อนที่จะนำเส้นใยธรรมชาติไปผสมหรือขึ้นรูปจะต้องมีการปรับสภาพผิวเส้นใยธรรมชาติก่อน เพื่อเป็นการเพิ่มสมบัติการดูดซับน้ำของเส้นใยธรรมชาติทำให้สมบัติของวัสดุผสมไม้พลาสติกดีขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้อุตสาหกรรมไม้ยางพาราและอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มถือเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญทางภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งจากอุตสาหกรรมดังกล่าวย่อมเกิดเศษวัสดุขึ้นเป็นผลพลอยได้ ได้แก่ จากการตัดโค่นไม้ยางพาราในพื้นที่ 1 ไร่ จะได้ไม้ยางพาราประมาณ 38 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นปริมาตรไม้ปีละ 11.4 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลผลิตไม้ยางจากสวนยาง 1 ไร่ (ประเมิน 70 ต้นต่อไร่) ได้ไม้ท่อน 30 ตัน, กิ่งไม้ 9 ตัน, รากไม้ 5 ตัน, ไม้แปรรูป 7.5 ต้น, เศษปลีกไม้ 12 ต้น และขี้เลื่อย 3 ตัน สำหรับโรงงานสกัดปาล์มน้ำมันในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม จากวัตถุดิบทะลายปาล์มสด 1,000 กิโลกรัม จะให้น้ำมันประมาณ 200 กิโลกรัม ทะลายเปล่าประมาณ 220 กิโลกรัม เมล็ดในประมาณ 50 กิโลกรัม กะลาประมาณ 55 กิโลกรัม กากตะกอนและน้ำประมาณ 475 กิโลกรัม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงแนวคิดที่จะศึกษานำเส้นใยธรรมชาติจากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา คือ ขี้เลื่อย และอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ได้แก่ เส้นใยปาล์ม ซึ่งเป็นส่วนที่ได้จากเปลือกที่ผ่านการสกัดน้ำมันออกแล้ว มาเป็นสารเสริมแรงให้กับวัสดุผสมไม้พลาสติก ทั้งนี้ผลจากงานวิจัยเป็นการเพิ่มมูลของวัสดุจากงานอุตสาหกรรมและคาดว่าจะนำไปผลิตเป็นวัสดุที่สามารถใช้งานได้ในงานวิศวกรรมต่อไป

2. วัตถุประสงค์ (เป้าหมายการดำเนินการวิจัย)

1) ศึกษาผลของเส้นใยธรรมชาติที่มีต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลของวัสดุผสมไม้พลาสติก

2) วิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมของเส้นใยธรรมชาติต่อการทนสภาวะแวดล้อมของวัสดุผสมไม้พลาสติก

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและสารเคมี

1. พอลิโพรพิลีนรีไซเคิล ลักษณะเป็นเม็ดสีขาวใส มีค่าดัชนีการไหล 14.08 กรัมต่อ 10 นาที ที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส จัดซื้อมาจากบริษัทภาคใต้พลาสติก จำกัด (สงขลา, ประเทศไทย)

รูปที่ 1 พอลิโพรพิลีนรีไซเคิล

2. เส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ ไม้ยางพารา ได้มาจากผลพลอยได้จากโรงงานเฟอร์นิเจอร์ จังหวัดตรัง สำหรับใยปาล์มได้มาจากผลพลอยได้จากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม อ. เขาพนม จ. กระบี่

รูปที่ 2 ผงไม้ยางพารา

รูปที่ 3 ใยปาล์ม

3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) บริษัท Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA) สูตรโมเลกุล C8H18O3Si น้ำหนัก 190.31 กรัมต่อโมล ความหนาแน่น 0.903 กรัมต่อมิลลิลิตร มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวขุ่น

รูปที่ 4 โซเดียมไฮดรอกไซด์

4. สารมาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพีลีน (Maleic anhydride-grafted polypropylene, MAPP) ถูกนำมาเป็นสารเพื่อปรับปรุงความสามารถการยึดเกาะระหว่างผงไม้และพลาสติกเมทริกซ์ ซึ่งได้รับมาจากบริษัท Sigma-Aldrich จำกับ (Missouri, USA)

รูปที่ 5 MAPP

5. นาโนเคลย์ (Nanoclay, hydrophilic bentonite) จากบริษัทพอลิเมอร์อินโนเวชัน จำกัด สูตรโมเลกุล H2Al2O6Si ขนาดอนุภาคเฉลี่ยน้อยกว่า 25 ไมครอน น้ำหนัก 180.1 กรัม/โมล อยู่ในรูปแบบผงละเอียดสีเบจอ่อนถึงสีน้ำตาล

รูปที่ 6 นาโนเคลย์

3.2 การเตรียมผงไม้ยางพารา

นำผงไม้ยางพาราและใยปาล์มมาอบไล่ความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน (รูปที่ 7) ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

รูปที่ 7 ตู้อบ

3.3 การปรับสภาพผิวผงไม้ยางพาราและเส้นใยปาล์ม

เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังรูปที่ 8 (ผงไม้ยาง 250 กรัมต่อสารละลาย 1,000 มิลลิลิตร และใยปาล์ม 250 กรัมต่อสารละลาย 2,500 มิลลิลิตร) นำผงไม้ยางพาราและใยปาล์มที่เตรียมไว้แช่ในสารที่เตรียมไว้ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ดังรูปที่ 9 หลังจากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำกลั่นจนมีค่า pH เป็นกลาง ดังรูปที่ 10 แล้วจึงนำผงไม้ยางพาราและใยปาล์มไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดังรูปที่ 11 หลังจากนั้นทำการบดผงไม้ยางพาราและเส้นใยปาล์ม ด้วยเครื่องบดสมุนไพรดังรูปที่ 12

รูปที่ 8 การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

รูปที่ 9 เส้นใยถูกแช่ด้วยสารที่เตรียมไว้ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

รูปที่ 10 นำเส้นใยมาล้างด้วยน้ำกลั่นจนมีค่า pH เป็นกลาง

ดังรูปที่ 11 นำเส้นใยอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

รูปที่ 12 เครื่องบด

3.4 ศึกษาสมบัติของผงไม้ยางพารา

3.3.1 ศึกษาหมู่ฟังก์ชันของผงไม้ยางพาราและใยปาล์มก่อนและหลังปรับสภาพผิว ด้วยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะหมู่ฟังก์ชันของสาร Fourier transform infrared spectrophotometer (FTIR) โดยศึกษาในช่วงเลขคลื่น 4000-400 cm^{-1}

3.3.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผงไม้ยางพาและใยปาล์มก่อนและหลังการปรับสภาพผิว ด้วยเครื่อง Scanning electron microscope (SEM) โดยการนำผงไม้ยางพาราไปแช่ในไนโตรเจนเหลว และตีให้แตกด้วยค้อน หลังจากนั้นทำการเคลือบผิวชิ้นงานด้วยทองก่อนการทดสอบ

3.5 การเตรียมคอมโพสิท

สารที่เตรียมไว้ตามตารางที่ 1 ผสมด้วยเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนคู่ ดังรูปที่ 13 หลังจากนั้นนำไปเข้าเครื่องตัดเพื่อให้วัตถุดิบมีลักษณะเป็นเม็ด ดังรูปที่ 14 และ 15 แล้วนำไปขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ความดัน 1000 psi ดังรูปที่ 16 จากนั้นนำชิ้นงานมาตัดตามขนาดมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 1 สัดส่วนวัสดุผสมไม้พลาสติก

Code	ปริมาณ (%)			
	เส้นใย	rPP	MAPP	Nanoclay
R30, P30	30	70	-	-
R1, P1	30	66	1	3
R2, P2	30	64	1	5
R3, P3	30	64	3	3
R4, P4	30	62	3	5
R40, P40	40	60	-	-
R5, P5	40	56	1	3
R6, P6	40	54	1	5
R7, P7	40	54	3	3
R8, P8	40	52	3	5
R50, P50	50	50	-	-
R9, P9	50	46	1	3
R10, P10	50	44	1	5
R11, P11	50	44	3	3
R12, P12	50	42	3	5

หมายเหตุ R คือ ผงไม้ยางพารา และ P คือ เส้นใยปาล์ม

รูปที่ 13 เครื่องอัดรีดเกลียวหนอนคู่

รูปที่ 14 เครื่องตัดเม็ด

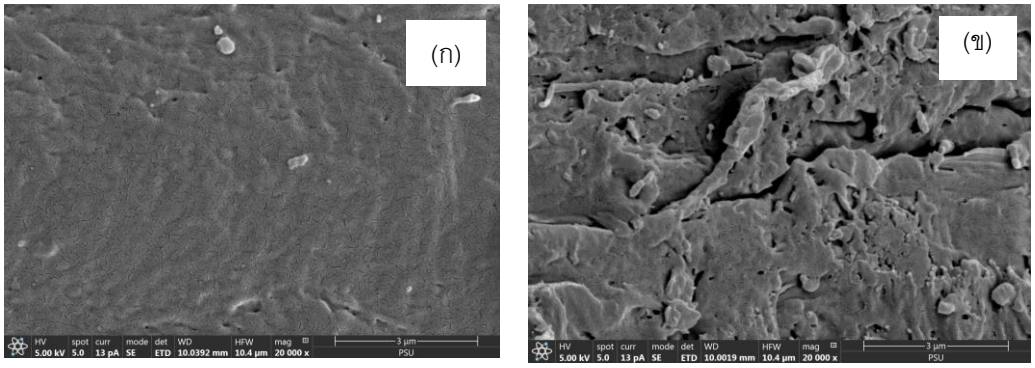
รูปที่ 15 วัสดุผสมไม้พลาสติกหลักตัดเป็นเม็ด

รูปที่ 16 เครื่องอัดขึ้นรูป

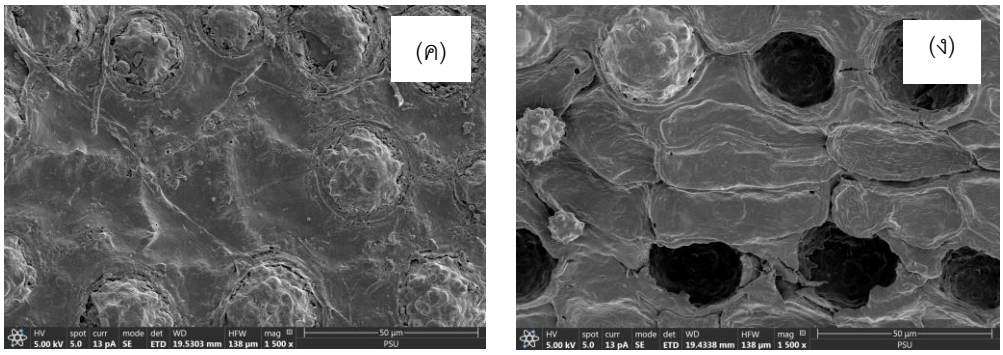
4. ผลการดำเนินงาน/ผลการวิจัย

4.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นใยธรรมชาติ

จากการศึกษาลักษณะพื้นผิวก่อนและหลังการปรับสภาพของผงไม้ยางพาราและใยปาล์มด้วยเครื่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ซึ่งจากการดูพื้นผิวของตัวอย่างผงไม้ยางพาราก่อนและหลังการปรับสภาพผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผงไม้ยางพาราที่ไม่ผ่านและผ่านการปรับสภาพผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีดังรูปที่ 17(ก) และ รูปที่ 17(ข) ตามลำดับ บริเวณผิวของผงไม้ยางพาราที่ผ่านการปรับสภาพผิวจะมีความหยาบกว่าและสะอาดมากขึ้น นอกจากนี้พื้นผิวของตัวอย่างใยปาล์มที่ผ่านการปรับ สภาพผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อนและหลังการปรับสภาพด้วยความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดังรูปที่ 18(ก) และ รูปที่ 18(ข) ตามลำดับ พบว่า ใยปาล์มหลักปรับสภาพผิวมีรูพรุนเพิ่มขึ้น มีการกำจัดสารบางตัวออกจากใยปาล์ม เนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถขจัดสิ่งสกปรกและเฮมิเซลลูโลสออกไปได้



รูปที่ 17 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผงไม้ยางพารา (กำลังขยาย 20,000 เท่า)
(ก) และ (ข) ผงไม้ก่อนและหลังปรับสภาพผิวด้วย NaOH



รูปที่ 18 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของใยปาล์ม (กำลังขยาย 1,500 เท่า)
(ค) และ (ง) ผงไม้ก่อนและหลังปรับสภาพผิวด้วย NaOH

4.2 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน

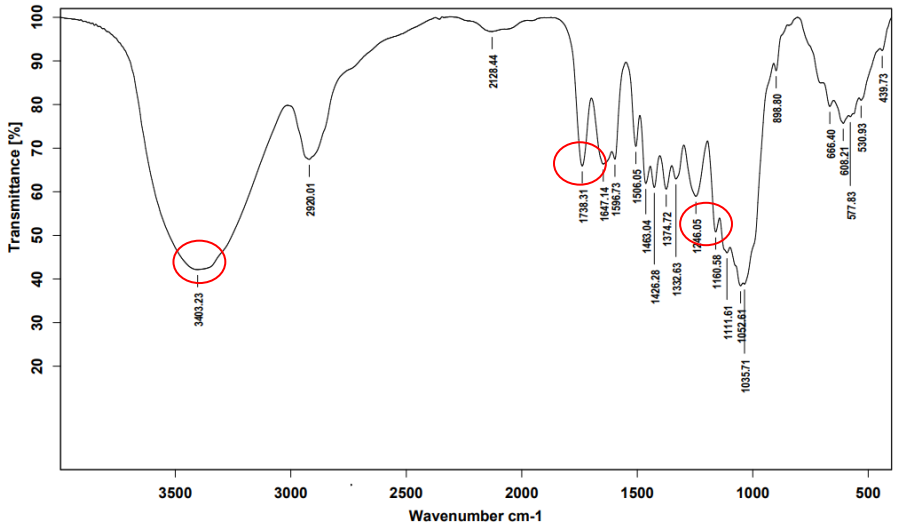
การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของเส้นใยธรรมชาติที่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ด้วยเทคนิค FTIR แสดงรายละเอียดลักษณะและตำแหน่งการดูดกลืนที่ปรากฏขึ้น (ตารางที่ 2) ในผงไม้ยางพาราที่ไม่ผ่านและผ่านการปรับสภาพผิวแสดงดังรูปที่ 19 และ รูปที่ 20 ตามลำดับ

การปรากฏขึ้นของพีคตำแหน่งที่ 1738.31 cm^{-1} อย่างชัดเจนในผงไม้ยางพารา ซึ่งตำแหน่งดังกล่าวแสดงเอกลักษณ์การสั่นของหมู่ฟังก์ชัน ketone และ carbonyl ในโครงสร้างขององค์ประกอบเฮมิเซลลูโลส และโครงสร้าง aromatic ในองค์ประกอบของลิกนิน แต่เมื่อพิจารณาผงไม้ยางพาราที่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) พบว่า จะไม่ปรากฏตำแหน่งพีคดังกล่าวเกิดขึ้น นั่นแสดงให้เห็นว่าการปรับสภาพผิวผงไม้ยางพาราโดย NaOH จะไปกำจัดเฮมิเซลลูโลสและลิกนินในผงไม้ยางพารา

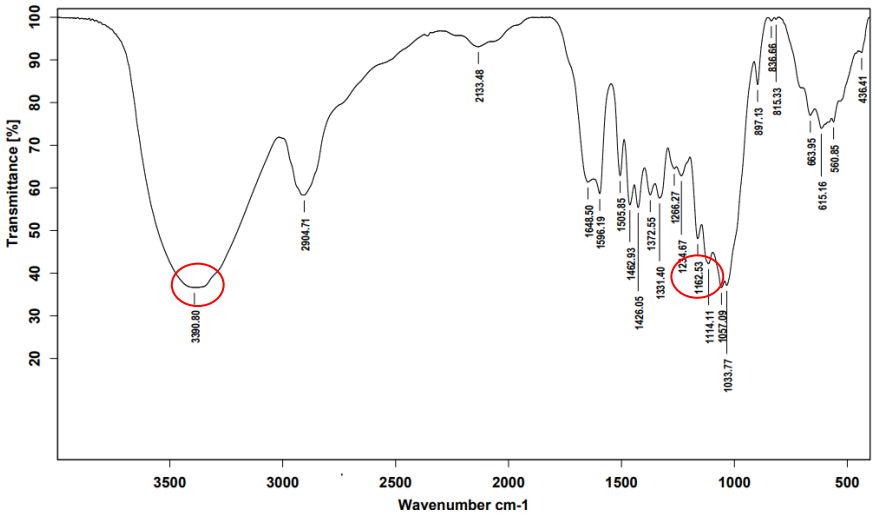
คลื่นของพันธะ β-glucosidic ณ ตำแหน่ง 1160.58 cm^{-1} ในผงไม้ยางพารา และเมื่อผงไม้ยางพาราผ่านการปรับสภาพผิว มีเลขคลื่นที่สูงขึ้น เป็น 1162.53 cm^{-1} เนื่องจากตำแหน่งพันธะ β-glucosidic ที่เชื่อมระหว่างโครงสร้างของกลูโคสที่เป็น monomer ของเซลลูโลส มีแรงยึดเหนี่ยวที่เพิ่มขึ้น ทำให้พันธะเข้าใกล้กันมากขึ้น จึงทำให้จำเป็นต้องใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นในการทำให้พันธะ β-glucosidic เกิดการสั่น ส่งผลทำให้อิเล็กตรอนในหมู่ hydroxyl ณ ตำแหน่ง 3403.23 cm^{-1} ในผงไม้ยางพาราถูกดึงไปใช้ในการสร้างพันธะโควาเลนต์มากขึ้น ทำให้ไฮโดรเจนอะตอมในหมู่ hydroxyl เกิดการสั่นได้ง่ายขึ้น จึงทำให้รังสี IR ใช้พลังงานน้อยลงที่จะทำให้หมู่ไฮดรอกซิลเกิดการสั่น เลขคลื่น ณ ตำแหน่งดังกล่าวของผงไม้ยางพาราที่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วย NaOH จึงมีค่าลดลง เป็น 3390.80 cm^{-1}

ตารางที่ 2 ตำแหน่งการดูดกลืนของพีคที่ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับสภาพผิว

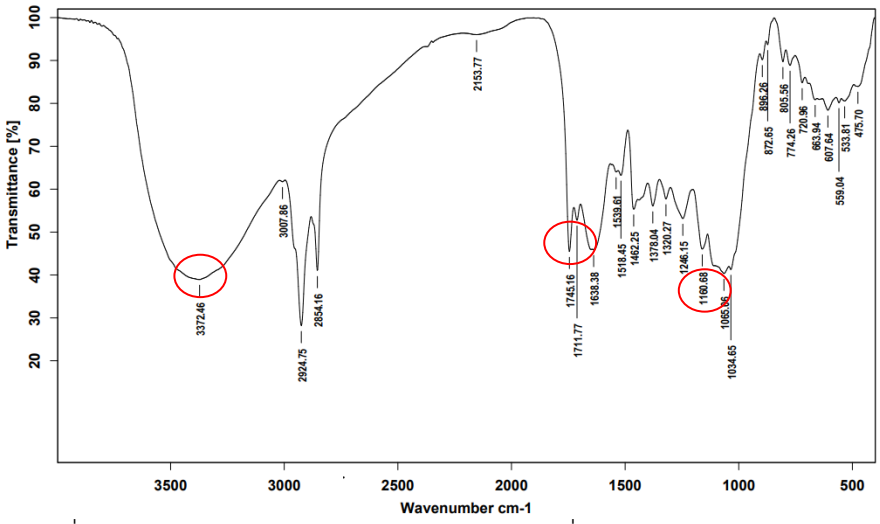
Wave number (cm^{-1})	
ปรับสภาพผิวด้วย Alkaline	หมู่ฟังก์ชันที่ปรากฏ
3413	-OH
2903	-CH
1738	C=O
1162	β-glucosidic



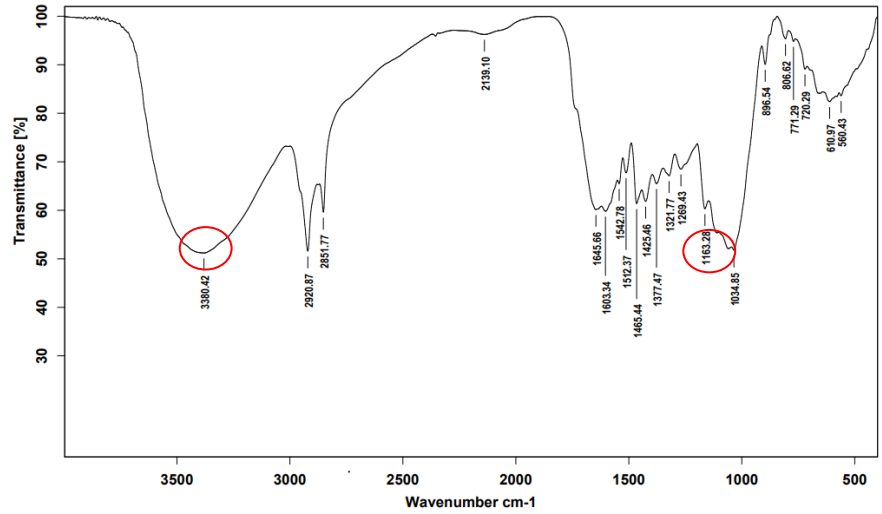
รูปที่ 19 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของผงไม้ยางพาราที่ไม่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วย NaOH



รูปที่ 20 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของผงไม้ยางพาราที่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วย NaOH



รูปที่ 21 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของใยปาล์มที่ไม่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วย NaOH



รูปที่ 22 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของใยปาล์มที่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วย NaOH

สำหรับการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของเส้นใยธรรมชาติที่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ด้วยเทคนิค FTIR แสดงตำแหน่งการดูดกลืนที่ปรากฏขึ้นในใยปาล์มที่ไม่ผ่านและผ่านการปรับสภาพผิวแสดงดังรูปที่ 21 และ รูปที่ 22 ตามลำดับ การปรากฏขึ้นของพีคตำแหน่งที่ 1745.16 cm^{-1} อย่างชัดเจนในใยปาล์ม ซึ่งตำแหน่งดังกล่าวแสดงเอกลักษณ์การสั่นของหมู่ฟังก์ชัน ketone และ carbonyl ในโครงสร้างขององค์ประกอบเฮมิเซลลูโลสและโครงสร้าง aromatic ในองค์ประกอบของลิกนิน แต่เมื่อพิจารณาใยปาล์มที่ที่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) พบว่า จะไม่ปรากฏตำแหน่งพีคดังกล่าวเกิดขึ้น นั่นแสดงให้เห็นว่าการปรับสภาพผิวใยปาล์มที่โดย NaOH จะไปกำจัดเฮมิเซลลูโลสและลิกนินในใยปาล์มออกไปได้

คลื่นของพันธะ β-glucosidic ณ ตำแหน่ง 1160.58 cm^{-1} ในใยปาล์มและเมื่อใยปาล์มที่ผ่านการปรับสภาพผิวมีเลขคลื่นที่สูงขึ้น เป็น 1162.53 cm^{-1} เนื่องจากตำแหน่งพันธะ β-glucosidic ที่เชื่อมระหว่างโครงสร้างของกลูโคลที่เป็น monomer ของเซลลูโลส มีแรงยึดเหนี่ยวที่เพิ่มขึ้นทำให้พันธะเข้าใกล้กันมากขึ้น จึงทำให้จำเป็นต้องใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นในการทำให้พันธะ β-glucosidic เกิดการสั่น ส่งผลทำให้อิเล็กตรอนในหมู่ hydroxyl ณ ตำแหน่ง 3372.46 cm^{-1} ในผงไม้ยางพาราถูกดึงไปใช้ในการสร้างพันธะโควาเลนต์มากขึ้น ทำให้ไฮโดรเจนอะตอมในหมู่ hydroxyl เกิดการสั่นได้ง่ายขึ้น จึงทำให้รังสี IR ใช้พลังงานน้อยลงที่จะทำให้หมู่ไฮดรอกซิลเกิดการสั่น เลขคลื่น ณ ตำแหน่งดังกล่าวของใยปาล์มที่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วย NaOH จึงมีค่าลดลง เป็น 3380.42 cm^{-1}

5. ตารางเปรียบเทียบผลการดำเนินงานกับแผนการดำเนินการที่ตั้งไว้ (Gantt Chart)

กิจกรรม	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1. เตรียมเส้นใยธรรมชาติ 2 ชนิด	←- - -→ ←──→	←- - -→ ←──→										
2. ปรับสภาพผิวเส้นใยธรรมชาติด้วยอัลคาไลน์			←- - -→ ←──→	←- - -→ ←──→	←- - -→ ←──→							
3. สมบัติทางกายภาพของผงไม้ยางพารา 3.1 หมู่ฟังก์ชัน 3.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา					3.1: ←- - -→ ←──→ 3.2: ←- - -→ ←──→							
4. เตรียมวัสดุผสมด้วยผสมอัดรีดและเครื่องอัดร้อน						←- - -→ ←──→	←- - -→					
5. สมบัติทางกายภาพของวัสดุผสม 5.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา 5.2 สมบัติทางความร้อน								←- - -→	←- - -→			

กิจกรรม	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
5.3 การดูดซับน้ำ												
6. ทดสอบสมบัติทางกลของวัสดุผสม 6.1 ทดสอบแรงดึง 6.2 ทดสอบแรงดัด								◄- - - -	- - - - ►			
7. ทดสอบการทนสภาวะสิ่งแวดล้อม								◄- - - -	- - - -	- - - ►		
8. วิเคราะห์ทางสถิติ										◄- - - -	- - - ►	
9. จัดทำรายงานและเขียนบทความ										◄- - - -	- - - -	- - - ►

หมายเหตุ : ให้ระบุเดือนที่เริ่มดำเนินการวิจัยตามสัญญารับทุน

◄- - - - - - ► หมายถึง งานหรือกิจกรรมที่วางแผนไว้ว่าจะทำตามข้อเสนอโครงการ

◄———— ► หมายถึง งานหรือกิจกรรมที่ได้ทำแล้ว

4. รายงานผลผลิต (Output) เชิงปริมาณ/เชิงคุณภาพ

ผลผลิต (Output) ตามที่ระบุในสัญญา	ผลผลิตที่ทำได้จริง				เชิงคุณภาพ
	เชิงปริมาณ			% ความก้าวหน้าในการดำเนินงาน	
	ผลผลิต	จำนวน	หน่วยนับ		
1.ต้นฉบับบทความวิจัย	1.1 ได้ต้นฉบับบทความวิจัย (อยู่ระหว่างดำเนินการ)	1	`ฉบับ	10%	

5. งบประมาณที่ได้ใช้จ่ายไปแล้วนับตั้งแต่เริ่มโครงการ

หมวดรายการงบประมาณ	งบประมาณ (บาท)			หมายเหตุ
	ที่ได้รับอนุมัติ	ใช้จริง	คงเหลือ	
5.1 งบดำเนินงาน (ค่าตอบแทน, ค่าใช้สอย, ค่าวัสดุ)	182,400	82160.2	100,239.8	งวดที่ 1
5.2 งบลงทุน (ค่าที่ดิน, ค่าครุภัณฑ์)				
5.3 ค่าธรรมเนียมอุดหนุนสถาบัน				
รวมทั้งสิ้น	**182,400**	**82160.2**	**100,239.8**	**งวดที่ 1**

6. แผนดำเนินงานวิจัยตามโครงการที่จะทำต่อ

1.เมื่อสารเคมีมาถึง (สั่งเพิ่มเติม) จะรีบดำเนินการขึ้นรูปด้วยการผสมวัสดุผสมไม้พลาสติกด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวคู่ และอัดรูปขึ้นเป็นแผ่นด้วยเครื่องอัดร้อน

2. เมื่อขึ้นรูปวัสดุผสมไม้พลาสติกเสร็จแล้ว ทำการตัดชิ้นงานขนาดต่างๆ ตามมาตรฐานเพื่อทดสอบต่อไป

3. วิเคราะห์ผลการทดสอบ

4. เขียนรายงานและเตรียมต้นฉบับบทความทางวิชาการเพื่อตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ

7. คำชี้แจงเกี่ยวกับอุปสรรคหรือปัญหา พร้อมวิธีการแก้ปัญหา (ถ้ามี)

1. ขั้นตอนการปรับสภาพผิวไม้ ทำได้ในปริมาณที่น้อยถ้าคิดเทียบต่อวัน เนื่องจากไม้มีน้ำหนักเบาทำให้ต้องให้ผู้ช่วยวิจัยเตรียมเส้นใยให้แล้วเสร็จ ครบตามจำนวน แล้วจึงเริ่มกระบวนการถัดไป (กระบวนการผสม) ได้

2. สารเคมีบางตัวต้องสั่งจากต่างประเทศ ได้แก่ MAPP, Nanoclay ไม่สามารถควบคุมได้ จึงทำให้เกิดความล่าช้าสำหรับขั้นตอนผสมสารเพื่อผลิตเป็นวัสดุผสมไม้พลาสติก

8. สรุปผลความก้าวหน้าโดยภาพรวมของโครงการวิจัย

เมื่อปรับสภาพผิวของเส้นใยธรรมชาติ 2 ชนิด ได้แก่ ผงไม้ยางพาราและเส้นใยปาล์ม ที่ความเข้มข้น 2 g เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง การศึกษาผิวของเส้นใยธรรมชาติด้วยเครื่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า ผิวของผงไม้ยางพารามีความหยาบขึ้นและสะอาดมากขึ้น นอกจากนี้ผิวของใยปาล์มมีรูพรุนเพิ่มขึ้น ทำให้สรุปได้ว่าสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถขจัดสิ่งสกปรกและเฮมิเซลลูโลสหรือสารบางตัวออกไปได้ นอกจากนี้ผลของการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของเส้นใยธรรมชาติที่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ด้วยเทคนิค FTIR พบว่า หลังปรับสภาพผิวหมู่ฟังก์ชัน ketone และ carbonyl ในโครงสร้างขององค์ประกอบเฮมิเซลลูโลสและโครงสร้าง aromatic ในองค์ประกอบของลิกนิน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปรับสภาพผิวผงไม้ยางพาราโดย NaOH จะไปกำจัดเฮมิเซลลูโลสและลิกนินในเส้นใยธรรมชาติได้

9. สรุปผลการดำเนินงานตามแผนการดำเนินงานโครงการวิจัย

[ ] เร็วกว่าแผน [ ] เป็นไปตามแผน [√] ล่าช้ากว่าแผน

การดำเนินงานไปแล้ว คิดเป็นร้อยละ....40..... ของแผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ลงชื่อ ..... หัวหน้าโครงการ

วันที่ 17 / 11 / 66

หมายเหตุ :
1. การจัดทำรายงานความก้าวหน้าต้องประกอบด้วยส่วนของแผนการดำเนินงานโครงการวิจัย และแต่ละโครงการย่อย (ถ้ามี) ตามที่ระบุในข้อเสนอโครงการ
2. การจัดทำรายงานความก้าวหน้าต้องนำเสนอรายละเอียดที่สื่อให้คณะผู้ตรวจสอบทางวิชาการอ่านและเข้ากระบวนการทำงานที่ผ่านมาทั้งหมดอย่างชัดเจนเพื่อเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยในการอนุมัติเบิกจ่ายงบประมาณในงวดต่อไป