RESEARCH ARTICLE ISSN 2985-2641 (Online)

สมบัติเชิงกลและประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซเอทิลีนของแผ่นคอมโพสิตจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดร่วมกับโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตรีไซเคิล

MECHANICAL PROPERTIES AND ETHYLENE GAS ABSORPTION EFFICIENCY OF COMPOSITE PAPER FROM CORN HUSK FIBERS WITH RECYCLED POLYETHYLENE TEREPHTHALATE

ทวีภูมิ แดงรัตนวงษ์*, นันทิยา วิประโชติ, วันธนา ศิลปวิลาวัณย์**

Thaweephum Dangrattanawong*, Nantiya wiprachot, Wanthana Silpawilawan**

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

Department of Physics, Faculty of Education, Nakhon Ratchasima Rajabhat University.

***Corresponding author, e-mail: wanthana.s@nrru.ac.th*

Received: *6 September 2023;* ***Revised:*** *9 January 2024;* ***Accepted:*** *16 January 2024*

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของแผ่นคอมโพสิตที่ผลิตจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดร่วมกับเส้นใย r-PET และประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซเอทิลีนของแผ่นคอมโพสิตเมื่อผสมผงถ่านกัมมันต์ เริ่มต้นจากการบำบัดเส้นใยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.15, 0.20 and 0.25% (W/V) พบว่าที่ความเข้มข้น 0.25% (W/V) เหมาะสมกับการบำบัดเส้นใยมากที่สุด จากนั้นขึ้นรูปแผ่นคอมโพสิตด้วยเทคนิคการขึ้นรูปกระดาษสา ขนาด 110 g/m^2 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษเหนียว (มอก. 170-2550) ในอัตราส่วนเส้นใยเปลือกข้าวโพดและเส้นใย r-PET 90:10, 80:20, 70:30 และ 60:40 จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ พบว่าอัตราส่วน 90:10 มีสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุด ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย 3.64% ระยะเวลาการดูดซึมน้ำเฉลี่ย 13.51 วินาที ความต้านทานแรงดันทะลุเฉลี่ย 110.03 kPa และความต้านทานแรงดึง 2.02 kN/m จึงนำแผ่นคอมโพสิตในอัตราส่วนที่ดีที่สุด (90:10) มาผสมผงถ่านกัมมันต์ 0%, 5% และ 10% พบว่าแผ่นคอมโพสิตผสมผงถ่านกัมมันต์ 10% มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซเอทิลีนดีที่สุด และดีกว่าผงถ่านกัมมันต์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากผลมะม่วงพันธ์แก้วขมิ้นมีร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุด 22.57% และ 20.07% ตามลำดับ

คำสำคัญ: เส้นใยเปลือกข้าวโพด; เส้นใย r-PET; แผ่นคอมโพสิต; ผงถ่านกัมมันต์; ก๊าซเอทิลีน

Abstract

The objectives of this study were to study the properties of composite sheets made from corn husk fibers combined with r-PET fibers and the efficiency of ethylene absorption of composite sheets mixed with activated carbon powder. Firstly, the raw fibers were treated with 0.1, 0.15, 0.20 and 0.25% (W/V) sodium hydroxide solution. It was found that the concentration of 0.25% (W/V) was most suitable for fiber treatment.

The composite sheets were formed by using the mulberry paper making techniques, standard size 110 g/m^2 according to the kraft paper product of Thai industrial standard (TIS. 170-2550), which various ratio of corn husk fibers and r-PET fibers of 90:10, 80:20, 70:30 and 60:40. The ratio of 90:10 sample exhibited great physical and mechanical properties, average percentage humidity 3.64%, average water absorption time was 13.51 seconds, average bursting strength 110.03 kPa and tensile strength 2.02 kN/m. Then activated carbon powder were added in the best composite sheet (90:10) at 0%, 5% and 10%. The results shown that the composite sheets containing 10% activated carbon powder could be the best absorber and better than pure activated carbon powder because of Kaew Khamin mangoes had the lowest percentage of weight loss at 22.57% and 20.07%, respectively.

Keywords: Corn Husk Fibers; r-PET Fibers; Composite Sheets; Activated Carbon Powder; Ethylene Gas

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีขยะเป็นจำนวนมาก ทั้งขยะเหลือทิ้งทางการเกษตร และขยะพลาสติกจากการบริโภคเนื่องจากมีการใช้เป็นจำนวนมาก ซึ่งกรมควบคุมมลพิษจากกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสัดส่วนของปริมาณของขยะมูลฝอยแต่ละประเภทที่พบในกองขยะไว้ ดังนี้ ขยะย่อยสลาย 64% ขยะรีไซเคิล 30% ขยะอันตราย 3% และขยะทั่วไป 3% [1] ขยะเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำ ความต้านทานเชิงกลสูง ต้นทุนต่ำ ความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ ปลอดสารพิษ และมีความพร้อมใช้งานสูงเนื่องจากมีปริมาณมาก ขยะพลาสติกที่เป็นของใช้ในชีวิตประจำวันเป็นวัสดุที่มีสมบัติเชิงกลที่ดี ทนทานสารเคมี ป้องกันการเข้าออกของก๊าซในพลาสติก สามารถทนอุณหภูมิจากการใช้งานได้สูงและรีไซเคิลได้ จึงมีการศึกษาสมบัติจากวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ เช่น พลาสติก PETE พลาสติก HDPE ฟางข้าว ใบสับปะรด นอกจากจะเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าแล้ว ยังทำให้เกิดการใช้งานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและแนวคิดของเศรษฐกิจหมุนเวียน

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรอุตสาหกรรมที่มีผลผลิตทางการเกษตรจำนวนมากในแต่ละปี กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้ทำการศึกษาพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจตามระดับความเหมาะสมของดิน พบว่าข้าวโพดมีพื้นที่ในการปลูกเป็นลำดับ 6 ของประเทศ [2] และข้าวโพดเป็นพืชที่ได้รับความนิยมปลูกเป็นจำนวนมาก โดยสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปีและในทุกภูมิภาคของประเทศไทย ถึงแม้ว่าจะมีการนำส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดไปเป็นอาหารแก่สัตว์ แต่ก็พบว่ามีวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปจำนวนมากไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ เช่น เปลือกข้าวโพด (Corn Husks) ไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์เพื่อสร้างมูลค่าทางอุตสาหกรรมมากนัก ซึ่งจากสมบัติทางกายภาพของเส้นใยพืช และสมบัติเชิงกลที่ได้จากเซลลูโลสที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของพืช ทำให้เปลือกข้าวโพดเป็นหนึ่งในแหล่งเส้นใยธรรมชาติ (Natural Fiber) ที่น่าสนใจในการศึกษาสมบัติ ในขณะที่ขยะพลาสติกจากโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตรีไซเคิล (r-PET) เป็นขยะเหลือทิ้งจากภาชนะที่ใช้ในการบริโภค เช่น ขวดน้ำดื่ม ภาชนะบรรจุอาหาร เป็นต้น r-PET สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปทรงอื่นได้ เช่น การขึ้นรูปเป็นเกล็ด เม็ด แผ่น หรือเส้นใย เป็นต้น ถึงแม้ว่าการรีไซเคิลจะทำให้คุณสมบัติเชิงกลและทางความร้อนลดลงเพราะแรงเฉือนและการให้ความร้อนในขั้นตอนรีไซเคิลซึ่งทำให้โซ่โมเลกุลเกิดการแตกสลาย มีงานวิจัยที่ศึกษาสมบัติของเส้นใยธรรมชาติร่วมกันเส้นใยพลาสติกรีไซเคิลเพื่อสร้างเป็นแผนฉนวนกันความร้อนระหว่างกรดโพลิแลคติคกับเส้นใยไผ่ [3] หรือพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยกล้วย [4]

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุคอมโพสิตระหว่างเส้นใยเปลือกข้าวโพดและเส้นใย r-PET ที่ขึ้นรูปเป็นแผ่นที่มีสมบัติเชิงกลที่ดี ร่วมทั้งศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างวัสดุคอมโพสิตและผงถ่านกัมมันต์เพื่อพัฒนาเป็นแผ่นคอมโพสิตชะลอการสุกของผลไม้ โดยเส้นใยเปลือกข้าวโพดและเส้นใย r-PET

จะถูกบำบัดด้วยสารละลายต่างแล้วผสมกันด้วยอัตราส่วนที่แตกต่างกัน จากนั้นอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นคอมโพสิต แล้วจึงนำไปวิเคราะห์สมบัติเชิงกลและวัดอัตราการดูดซับก๊าซเอทิลีนของแผ่นคอมโพสิต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับอัตราส่วนระหว่างเส้นใยเปลือกข้าวโพดกับเส้นใย r-PET ที่เหมาะสมกับการผลิตแผ่นคอมโพสิต และประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของแผ่นคอมโพสิตร่วมกับผงถ่านกัมมันต์จากร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงพันธ์แก้วขมิ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมแผ่นคอมโพสิตเริ่มจากนำเส้นใยเปลือกข้าวโพดไปบำบัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเตรียมเส้นใยข้าวโพดมากที่สุด แล้วใช้สารละลายด่างความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดไปบำบัดเส้นใย r-PET ด้วยเงื่อนไขเดียวกัน เมื่อได้เส้นใยทั้งสองชนิดแล้วจึงนำมาเพื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นคอมโพสิตในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างเส้นใยเปลือกข้าวโพดต่อเส้นใย r-PET เท่ากับ 90:10, 80:20, 70:30 และ 60:40 แล้วจึงนำแผ่นคอมโพสิตไปศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล ด้านการพัฒนาเป็นแผ่นคอมโพสิตดูดซับก๊าซเอทิลีนโดยการผสมถ่านกัมมันต์ชนิดผงที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับดีกว่าชนิดเม็ดและแท่ง [5] ด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อชะลอการสุกของผลไม้ มีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. บำบัดเส้นใยเปลือกข้าวโพดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

เปลือกข้าวโพดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นพันธุ์ซุปเปอร์สวีท โดยแกะเปลือกข้าวโพด ตัดส่วนล่างที่ติดกับก้านฝัก ล้างทำความสะอาดเปลือกข้าวโพด และตากแห้งลดความชื้นที่สภาวะแวดล้อมปกติเป็นเวลา 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำเปลือกข้าวโพดที่ผ่านการตากแห้งตามธรรมชาติไปอบที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที นำออกมาพักไว้แล้วทำการอบต่อจนกระทั่งน้ำหนักของเปลือกข้าวโพดไม่เปลี่ยนแปลง หลังจากเตรียมเปลือกข้าวโพดเสร็จนำเปลือกข้าวโพดมาบำบัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ดังต่อไปนี้ 0.1%, 0.15%, 0.2% และ 0.25% (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) โดยใช้อัตราส่วนเปลือกข้าวโพดต่อสารละลาย 1:100 ที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที แล้วล้างด้วยน้ำจนกระทั่งน้ำเป็นสีใส มีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 6-7 และนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที นำออกมาพักไว้แล้วทำการอบต่อจนกระทั่งน้ำหนักของเปลือกข้าวโพดไม่เปลี่ยนแปลง หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) ยี่ห้อ TESCAN รุ่น VEGA 4 LUM ประเทศอังกฤษ ที่กำลังขยายประมาณ 1000 – 5000 เท่า เพื่อเลือกเส้นใยที่ดีที่สุด ก่อนจะนำเงื่อนไขนั้นไปบำบัดเส้นใย r-PET

2. การบำบัดเส้นใย r-PET

นำกลุ่มเส้นใย r-PET (r-PET Bundle) ที่ได้จากบริษัทโพลิเอสเตอร์ จำกัด มาสางเพื่อไม่ให้เส้นใยจับตัวเป็นก้อน แล้วนำไปบำบัดด้วย NaOH ที่ความเข้มข้น 0.25% (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) โดยใช้อัตราส่วนเส้นใยต่อสารละลาย 1:100 ที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที แล้วล้างด้วยน้ำจนกระทั่งน้ำเป็นสีใส มีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 6-7 และนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที นำออกมาพักไว้แล้วทำการอบต่อจนกระทั่งน้ำหนักของเส้นใยไม่เปลี่ยนแปลง

3. การขึ้นรูปแผ่นคอมโพสิต

นำเส้นใยทั้ง 2 ที่ผ่านการบำบัดมาขึ้นรูปให้มีน้ำหนักมาตรฐาน 110 ± 5 แกรม ตามคุณลักษณะของกระดาษห่อของตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษเหนียว มอก. 170 – 2550 [6] ขนาด 30 × 40 เซนติเมตร โดยนำเส้นใยเปลือกข้าวโพดไปปั่นด้วยเครื่องปั่นอเนกประสงค์ 4 นาที แล้วนำไปผสมกับเส้นใย r-PET ในน้ำด้วยอัตราส่วนระหว่างเส้นใยเปลือกข้าวโพดต่อเส้นใย r-PET เท่ากับ 90:10, 80:20, 70:30 และ 60:40 กวนผสมกันแบบสุ่ม

แล้วนำไปขึ้นรูปตามวิธีการขึ้นรูปกระดาษสาด้วยแม่พิมพ์กระดาษทำมือ ตากจนแห้งจะสภาวะแวดล้อมปกติ แล้วนำไปอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกที่แรงดัน 7500 kPa หลังจากนั้นนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน ISO 287 [7] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษทำลูกฟูก มอก. 321-2560 [8] มาตรฐาน ISO 2758 [9] และมาตรฐาน ASTM D828–97 [10]

4. ทดสอบคุณสมบัติของแผ่นคอมโพสิต

สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้นของแผ่นคอมโพสิตตามมาตรฐาน ISO 287 [7] ด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักก่อนอบแผ่นคอมโพสิตและหลังอบแผ่นคอมโพสิตที่อุณหภูมิ 105 ± 2 °C เป็นเวลา 90 นาที และการดูดซึมหยดน้ำ (Water Drop Test Absorption) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษทำลูกฟูก มอก. 321-2560 [8] ด้วยบิวเรตต์ขนาด 25 มิลลิเมตร อัตราการไหลของน้ำ 1 หยดมีปริมาตรประมาณ 0.05 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ทดสอบสมบัติเชิงกล ความต้านทางแรงดันทะลุ ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2758 [9] และความต้านทานแรงดึงด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) รุ่น NRI-TS500-20B ประเทศไทย ขนาดแรงดึงสูงสุด 20 kN ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D828–97 [10] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษเหนียว มอก. 170-2550 [6] ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT plus Extended Height ประเทศอังกฤษ

5. การขึ้นรูปแผ่นคอมโพสิตร่วมกับผงถ่านกัมมันต์

หลังจากทดสอบสมบัติของแผ่นคอมโพสิตและได้อัตราส่วนของเส้นใยเปลือกข้าวโพดกับเส้นใย r-PET ในการขึ้นรูปด้วยวิธีการขึ้นรูปกระดาษสาจากแม่พิมพ์กระดาษทำมือที่ดีที่สุดแล้วนำอัตราส่วนดังกล่าวมาเตรียมขึ้นรูปแผ่นคอมโพสิตร่วมกับผสมผงถ่านกัมมันต์ในปริมาณ 0%, 5% และ 10% จากนั้นนำไปปั่นผสมกับเส้นใยเปลือกข้าวโพดด้วยเครื่องปั่นอเนกประสงค์เป็นเวลา 4 นาที แล้วนำไปผสมกับเส้นใย r-PET และขึ้นรูปดังข้อ 3

6. ทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของแผ่นคอมโพสิตร่วมกับผงถ่านกัมมันต์

การทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของแผ่นคอมโพสิตร่วมกับผงถ่านกัมมันต์ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงพันธ์แก้วขมิ้น โดยนำแผ่นคอมโพสิตห่อผลมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้น ผลละ 1 แผ่น วางไว้ในสภาวะปกติ และบันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักทุก ๆ 3 วัน เป็นเวลา 18 วัน แบ่งเป็น 2 เงื่อนไข คือ (1) ร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงพันธ์แก้วขมิ้นที่ห่อด้วยแผ่นคอมโพสิตผสมผงถ่านกัมมันต์ 0%, 5% และ 10% เทียบกับผลมะม่วงที่ไม่ได้ห่อ (2) ร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงพันธ์แก้วขมิ้นที่ห่อด้วยแผ่นคอมโพสิตผสมผงถ่านกัมมันต์ที่ดีที่สุดจากเงื่อนไขแรก เทียบกับผงถ่านกัมมันต์อย่างเดียววางไว้ที่ขั้วมะม่วง

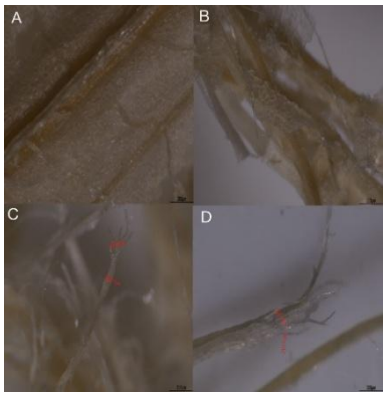
ผลการวิจัย

ผลการทดสอบมี 3 ส่วน คือ (1) ผลจากการบำบัดเส้นใย (2) ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของแผ่นคอมโพสิต และ (3) ผลการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของแผ่นคอมโพสิตร่วมกับผงถ่านกัมมันต์

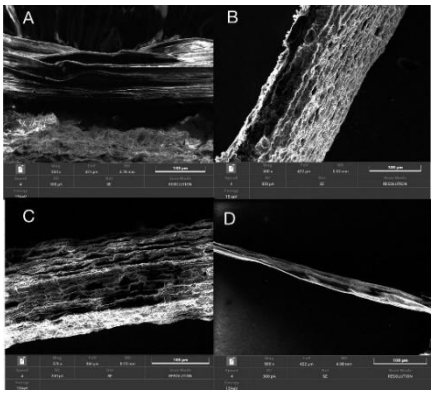
ผลจากการบำบัดเส้นใย ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.1%, 0.15%, 0.2% และ 0.25% (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) เพื่อวิเคราะห์ลักษณะความแตกต่างของเส้นใยที่ถูกบำบัดด้วยความเข้มข้นของสารละลายที่แตกต่างกัน เมื่อสังเกตลักษณะเบื้องต้นของเปลือกข้าวโพดที่ผ่านการบำบัดด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ พบว่าที่ความเข้มข้น 0.1% (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) เปลือกข้าวโพดยังมีลักษณะเป็นแผ่นเปลือกข้าวโพด ที่ความเข้มข้น 0.15% (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) เปลือกข้าวโพดเริ่มมีการแตกตัวแต่มากขึ้นที่ความเข้มข้น 0.2% (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) และ 0.25% (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) เปลือกข้าวโพดแตกตัวออกเป็นเส้นใยชัดเจน โดยที่ขนาดของเส้นใยมีขนาดเล็กลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น แสดงในภาพที่ 1 จากนั้นจึงนำเส้นใยที่ได้

ไปวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวอย่างละเอียดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าลักษณะพื้นผิวของเส้นใยมีความขรุขระและมีรูพรุนเพิ่มมากขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แสดงในภาพที่ 2 ดังนั้นเส้นใยที่ถูกบำบัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.25% (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ที่มีรูพรุนมากที่สุด ซึ่งเหมาะสมต่อสมบัติการดูดซับ แสดงในภาพที่ 3 เนื่องจากการบำบัดเปลือกข้าวโพดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับโครงสร้างของเส้นใยเปลือกข้าวโพด จึงพบว่าเมื่อบำบัดเปลือกข้าวโพดที่ความเข้มข้นสูงขึ้นจะเกิดการแตกตัวของเปลือกข้าวโพดกลายเป็นเส้นใยและมีรูพรุนที่พื้นผิวมากขึ้นตามลำดับ

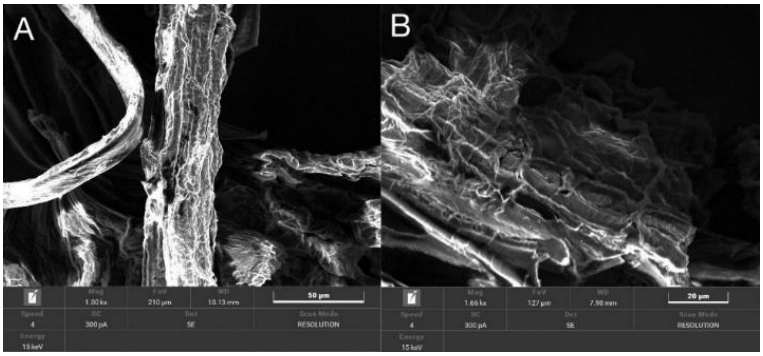
สำหรับการบำบัดเส้นใย r-PET ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.25% (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ตามความเข้มข้นที่ดีที่สุดในการบำบัดเปลือกข้าวโพด เมื่อนำไปส่องพื้นผิวของเส้นใย r-PET ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าเส้นใย r-PET ที่ถูกบำบัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีลักษณะขรุขระมากกว่าเส้นใยที่ไม่ถูกบำบัด ซึ่งจะส่งผลต่อสมบัติของเส้นใย r-PET [11] แสดงในภาพที่ 4



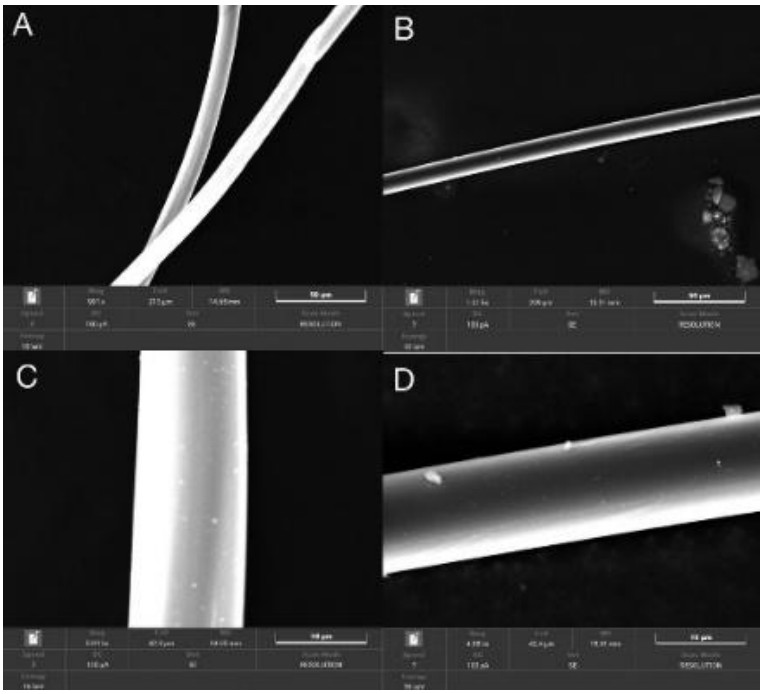
ภาพที่ 1 เปลือกข้าวโพดถูกบำบัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จากกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอที่กำลังขยาย 10X และ (A) ความเข้มข้น 0.1% (W/V) (B) ความเข้มข้น 0.15% (W/V) (C) ความเข้มข้น 0.2% (W/V) (D) ความเข้มข้น 0.25% (W/V)



ภาพที่ 2 เปลือกข้าวโพดถูกบำบัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 500X และ (A) ความเข้มข้น 0.1% (W/V) (B) ความเข้มข้น 0.15% (W/V) (C) ความเข้มข้น 0.2% (W/V) (D) ความเข้มข้น 0.25% (W/V)



ภาพที่ 3 เส้นใยเปลือกข้าวโพดถูกบำบัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.25% (W/V) จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และ (A) กำลังขยาย 1000 เท่า (B) กำลังขยาย 1660 เท่า



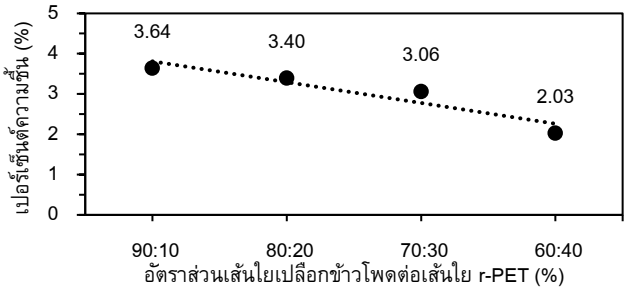
ภาพที่ 4 เส้นใย r-PET จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และ (A) ไม่ถูกบำบัดที่ 1,000X (B) บำบัดด้วย NaOH 0.25% (W/V) ที่ 1,000X (C) ไม่ถูกบำบัดที่ 5,000X (D) บำบัดด้วย NaOH 0.25% (W/V) ที่ 5,000X

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของแผ่นคอมโพสิต

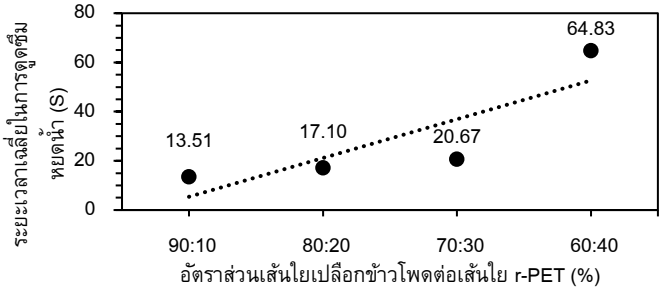
สมบัติทางกายภาพของแผ่นคอมโพสิต อัตราส่วนระหว่างเส้นใยเปลือกข้าวโพดกับเส้นใย r-PET ในการขึ้นรูปแผ่นคอมโพสิต พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยของแผ่นทดสอบลดลงเมื่อปริมาณเส้นใย r-PET เพิ่มขึ้นแสดงในภาพที่ 5 โดยที่เปอร์เซ็นต์ความชื้นของแผ่นคอมโพสิตบ่งชี้ถึงความสามารถในการดูดซับของแผ่นคอมโพสิต สำหรับการดูดซึมหยดน้ำ พบว่าระยะเวลาในการดูดซึมหยดน้ำของแผ่นคอมโพสิตเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของเส้นใย r-PET เพิ่มขึ้น แสดงในภาพที่ 6 โดยที่ยิ่งระยะเวลาต่ำหมายถึงมีความสามารถในการดูดซึมหยดน้ำได้ดี ดังนั้นแผ่นคอมโพสิตที่อัตราส่วน 90:10 มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงสุดอยู่ที่ 3.64% และมีระยะเวลาในการดูดซึมหยดน้ำต่ำที่สุดอยู่ที่ 13.51 วินาที ทำให้ทราบว่าแผ่นคอมโพสิตอัตราส่วน 90:10 มีความสามารถในการดูดซับที่ดี

สมบัติเชิงกลของแผ่นคอมโพสิต ผลการทดสอบความต้านทานแรงดันทะลุโดยเครื่อง Texture Analyzer พบว่าความต้านทานแรงดันทะลุของแผ่นคอมโพสิตลดลงเมื่ออัตราส่วนของเส้นใยเปลือกข้าวโพดลดลง แสดงในภาพที่ 7 โดยที่

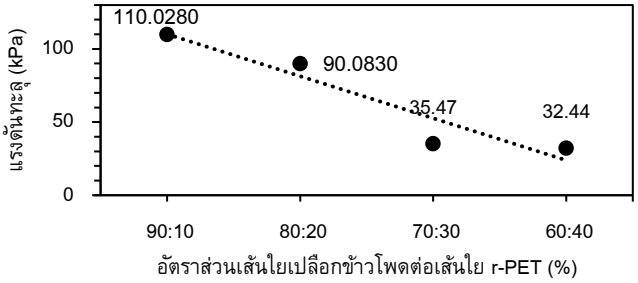
แผ่นคอมโพสิตที่อัตราส่วน 90:10 มีความต้านทานแรงดันทะลุที่สุดที่ 110.28 kPa สำหรับการทดสอบแรงดึงของแผ่นคอมโพสิตด้วยเครื่อง Universal Testing Machine พบว่าสมบัติความต้านทานแรงดึงของแผ่นคอมโพสิตลดลงตามอัตราส่วนของเส้นใย r-PET ที่เพิ่มขึ้น แสดงในภาพที่ 8 แผ่นคอมโพสิตอัตราส่วน 90:10 มีแรงดึงสูงที่สุด 2.02 kN/m ดังนั้นแผ่นคอมโพสิตอัตราส่วน 90:10 จึงมีสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่ดีที่สุด



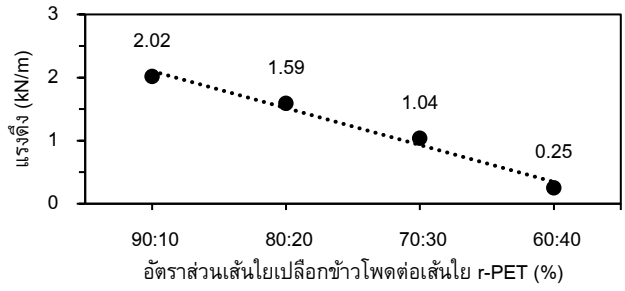
ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับอัตราส่วนเส้นใยเปลือกข้าวโพดต่อเส้นใย r-PET



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาเฉลี่ยในการดูดซึมหยดน้ำกับอัตราส่วนเส้นใยเปลือกข้าวโพดต่อเส้นใย r-PET



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันทะลุกับอัตราส่วนเส้นใยเปลือกข้าวโพดต่อเส้นใย r-PET



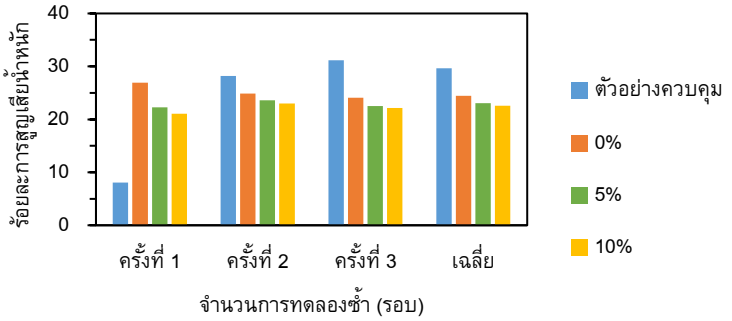
ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงกับอัตราส่วนเส้นใยเปลือกข้าวโพดต่อเส้นใย r-PET

จากผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของแผ่นคอมโพสิต พบว่าแผ่นคอมโพสิตที่อัตราส่วนเส้นใยเปลือกข้าวโพดและเส้นใย r-PET 90:10 ดีที่สุด เพราะแผ่นคอมโพสิตมีความแข็งแรงทนต่อการฉีกขาด มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูง และระยะเวลาในการดูดซึมน้ำสูง เนื่องมาจากมีปริมาณเส้นใยเปลือกข้าวโพดมีลักษณะขรุขระและรูพรุนสูงซึ่งเหมาะสมต่อสมบัติการดูดซับและมีปริมาณเส้นใย r-PET ที่เหมาะสมในการเสริมความแข็งแรงให้แผ่นคอมโพสิต เป็นผลมาจากการบำบัดเส้นใยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.25% (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) จึงนำไปศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซเอทิลีนในขั้นตอนต่อไป

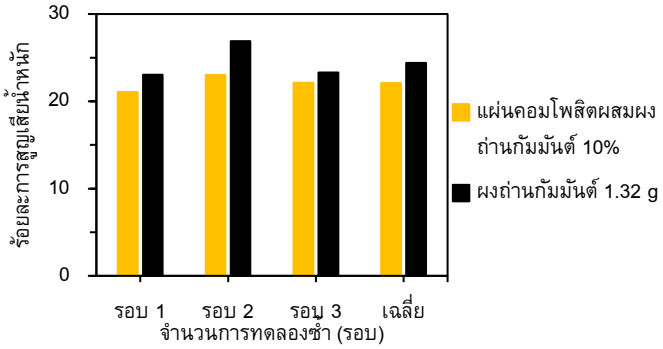
ผลการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของแผ่นคอมโพสิตร่วมกับผงถ่านกัมมันต์

1. เตรียมแผ่นคอมโพสิตอัตราส่วนระหว่างเส้นใยเปลือกข้าวโพดต่อเส้นใย r-PET 90:10 ที่ผสมผงถ่านกัมมันต์ในปริมาณ 0%, 5% และ 10% โดยน้ำหนักของเส้นใย นำไปห่อผลมะม่วงแก้วขมิ้น พบว่าแผ่นคอมโพสิตที่ผสมผงถ่านกัมมันต์ในทุกอัตราส่วน สามารถชะลอการสุกของผลมะม่วงได้เมื่อเปรียบเทียบกับผลมะม่วงที่ไม่ได้ห่อด้วยแผ่นคอมโพสิต และเมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของผงถ่านกัมมันต์ในแผ่นคอมโพสิตพบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงลดลง เนื่องมาจากผงถ่านกัมมันต์มีรูพรุนภายในโครงสร้างเป็นจำนวนมาก ทำให้มีความสามารถในการดูดซับก๊าซเอทิลีนที่ผลไม้ผลิตออกมาในกระบวนการสุกได้ดีขึ้น ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซเอทิลีนของผลไม้เพิ่มสูงขึ้น โดยแผ่นคอมโพสิตผสมผงถ่านกัมมันต์ 10% โดยน้ำหนักของเส้นใย มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซเอทิลีนดีที่สุด ซึ่งมีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 22.57 แสดงในภาพที่ 9 แต่เนื่องด้วยมะม่วงที่เป็นตัวอย่างควบคุมในการทดลองครั้งที่ 1 เกิดการเน่าเสียตั้งแต่วันที่ 5 ของการทดลอง ผู้วิจัยจึงไม่นำผลการทดลองส่วนนั้นมาหาค่าเฉลี่ยของการทดลอง

2. การเปรียบเทียบความแตกต่างในการดูดซับก๊าซเอทิลีนของแผ่นคอมโพสิตที่ผสมผงถ่านกัมมันต์ 10% โดยน้ำหนักของเส้นใยกับผงถ่านกัมมันต์อย่างเดียวปริมาณ 1.32 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่เท่ากับปริมาณของผงถ่านกัมมันต์ 10% โดยน้ำหนักของเส้นใยที่ผสมในแผ่นคอมโพสิต พบว่าการใช้แผ่นคอมโพสิตที่ผสมผงถ่านกัมมันต์ทำให้ผลมะม่วงพันธ์แก้วขมิ้นมีร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 20.07 ซึ่งน้อยกว่าการใช้ผงถ่านกัมมันต์อย่างเดียว แสดงในภาพที่ 10 แสดงให้เห็นว่าแผ่นคอมโพสิตที่ผสมผงถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซเอทิลีนดีกว่าผงถ่านกัมมันต์อย่างเดียว เพราะแผ่นคอมโพสิตจากเส้นใยข้าวโพดและเส้นใย r-PET ช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับด้วยสมบัติของเส้นใยที่มีความขรุขระและรูพรุนสูง



ภาพที่ 9 ร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงต่อปริมาณผงถ่านกัมมันต์ในแผ่นคอมโพสิต



ภาพที่ 10 ร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงของแผ่นคอมโพสิตผสมผงถ่านกัมมันต์ 10% โดยน้ำหนักของเส้นใยเทียบกับผงถ่านกัมมันต์ปริมาณ 1.32 กรัม

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาแผ่นคอมโพสิตจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดร่วมกับเส้นใย r-PET ในการดูดซับก๊าซเอทิลีนซึ่งส่งผลต่อการชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้น พบว่าความเข้มข้น 0.25% (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ของสารละลาย NaOH เหมาะสมในการบำบัดเส้นใยทั้งสองชนิด เส้นใยเปลือกข้าวโพดที่ผ่านการบำบัดมีพื้นผิวขรุขระและมีรูพรุนสูง ส่งผลต่อการดูดซับก๊าซเอทิลีนของแผ่นคอมโพสิต นอกจากนี้พื้นผิวของเส้นใย r-PET ที่มีลักษณะที่ขรุขระส่งผลต่อสมบัติของเส้นใย r-PET [11] และเมื่อนำเส้นใยทั้ง 2 ไปขึ้นรูปแผ่นคอมโพสิตในอัตราส่วนต่าง ๆ ตามเงื่อนไขที่กำหนด พบว่าอัตราส่วนของเส้นใย r-PET ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ระยะเวลาในการดูดซึมน้ำเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้การดูดซึมน้ำของแผ่นคอมโพสิตลดลง และเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย ความต้านทานแรงดันทะลุเฉลี่ย ความต้านทานแรงดึงเฉลี่ยลดลง ทำให้สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของแผ่นคอมโพสิตลดลงตามปริมาณของเส้นใย r-PET ที่เพิ่มขึ้น ฉะนั้นอัตราส่วนระหว่างเส้นใยที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นคอมโพสิต คือ อัตราส่วน 90:10 ซึ่งมีสมบัติที่ดีที่สุดดังนี้ เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย ระยะเวลาในการดูดซึมน้ำเฉลี่ย ความต้านทานแรงดันทะลุเฉลี่ย และความต้านทานแรงดึงเฉลี่ยเป็น 3.64%, 13.51 s, 110.03 kPa และ 2.02 kN/m ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมากจากการบำบัดเส้นใยด้วยสารละลาย NaOH ที่ความเข้มข้น 0.25% (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) โดยที่ NaOH ทำปฏิกิริยากับเปลือกข้าวโพด และเส้นใย r-PET ส่งผลให้เส้นใยเปลือกข้าวโพดมีความสามารถในการดูดซับที่ดี เป็นผลมาจากเส้นใยมีลักษณะพื้นที่ผิวที่ขรุขระและมีรูพรุนเป็นจำนวนมาก ในขณะที่เส้นใย r-PET ที่ถูกบำบัดมีสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น [11] แต่เนื่องจากการขึ้นรูปแผ่นคอมโพสิตในงานนี้เส้นใยมีการจัดเรียงตัวแบบสุ่ม อาจทำให้การกระจายตัวของเส้นใยทั้งสองชนิดไม่สม่ำเสมอ ทำให้บริเวณที่มีกระจายตัวไม่สม่ำเสมอเกิดรอยแตกได้ง่าย ส่งผลให้สมบัติเชิงกลลดลง [12-13] นอกจากนี้การทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซเอทิลีนของแผ่นคอมโพสิต พบว่าแผ่นคอมโพสิตผสมผงถ่านกัมมันต์ปริมาณ 10% โดยน้ำหนักของเส้นใย มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซเอทิลีนดีที่สุด โดยมีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยของผลมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้น 22.57 นอกจากนี้แผ่นคอมโพสิตผสมผงถ่านกัมมันต์ยังมีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซเอทิลีนดีกว่าผงถ่านกัมมันต์เพียงอย่างเดียว โดยมีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยของผลมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นน้อยที่สุดร้อยละ 20.07

เอกสารอ้างอิง

[1] Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment. (2015). *Manual for reducing and separating solid waste within office buildings* (4th ed). he's company limited.

[2] Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2013). *Area for growing economic crops according to the suitability of the soil.* http://www.ldd.go.th/NewsIndex/Zoning_Plant/21092013/DATA/13Plant.pdf

[3] Hitoshi, T., Shuhei, K., Koji, K., and Akiharu, O. (2007). Thermal conductivity of PLA bamboo fiber composites. *Advanced Composite Materials, 16*(4), 377-384. https://doi.org/10.1163/156855107782325186

[4] Sherely, A. P., Abderrahim, B., Laurent, I., Yves, C., Kuruvilla, J., and Sabu, T. (2008). Effect of fiber loading and chemical treatments on thermophysical properties of banana fiber/polypropylene commingled composite materials. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 39*(9), 1582-1588. https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2008.06.004

[5] Tengrang, S., Loylerd, K., and Wattanawichit, W. (2015). *Research and development of ethylene absorber paper from agricultural residues.* Postharvest and Processing Research and Development Division. https://www.doa.go.th/plan/wp-content/uploads/2021/04/2441.2.pdf

[6] Thai Industrial Standards Institute Ministry of Industry. (2007). *Thai Industrial Standard; Kraft Paper no.170.* http://www.fio.co.th/web/tisi_fio/fulltext/TIS170-2550.pdf

[7] International Organization for Standardization. (2017). *ISO 287: Paper and board determination of moisture content of a lot Oven-drying method.* http://www.longvisionyarn.net/en/uploadpic/20181117505901108082.pdf

[8] Thai Industrial Standards Institute Ministry of Industry. (2017). *Thai industrial standard; corrugating medium no.321.* https://www.tisi.go.th/data/standard/pdf_files/tis/a321-2560.pdf

[9] International Organization for Standardization. (2014). *ISO 2758: Paper determination of bursting strength.* https://cdn.standards.iteh.ai/samples/61487/01d171cf69a04f3885d26e1ecc63915c/ISO-2758-2014.pdf

[10] American Society for Testing and Materials. (2002). *ASTM D 828: Standard test method for tensile properties of paper and paperboard using constant rate of elongation apparatus.* http://file.yizimg.com/175706/2011090910273938.pdf

[11] Kumar, M. N., Thilagavathi, G., and Karthikka, M. (2020). Development of recycled PET/comber Noil nonwovens for thermal insulation application. *Journal of Natural Fibers, 19*(9), 3233-3240. https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1841064

[12] García, N. A. W., Sánchez, J. L. A., Ortiz, R. Á. V., Macías, A. H., Ramírez, N. F., Palazuelos, E. A., Valenzuela, J. F., Beltrán, A. C., and Beltrán C. G. A. (2021). Physical and mechanical properties of unsaturated polyester resin matrix from recycled PET (based PG) with corn straw fiber. *Journal of Applied Polymer Science, 138(*44), Article number e51305. https://doi.org/10.1002/app.51305

[13] Koay, S. C., Subramanian, V., Chan, M. Y., Pang, M. M., Tsai, K. Y., and Cheah, K. H. (2018). Preparation and characterization of wood plastic composite made up of durian husk fiber and recycled polystyrene foam. *MATEC Web of Conferences*, 152, Article number 02019. https://doi.org/10.1051/matecconf/201815202019