การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 3
The 3nd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 29 มีนาคม 2563 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขตร่มเกล้า

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุธรรมชาติ(เส้นใยสับปะรด)
Comparative study of sound absorption efficiency of natural materials (pineapple fiber)

ณัฐดนัย คล้ายรุ่ง[1] วิชาญ เทียนหมื่นไวย์[1] พรพงษ์ พลภาณุมาศ[1] ชานนท์ มูลวรรณ[1] และประยูร สุรินทร์[2*]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
[2]หลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

Nutdanai Klayrung[1], Wichan Thenmunwai[1], Pornpong Polpanumad[1,*], Charnon Moolwan[1], and Prayoon Surin[2]
[1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasembundit University
[2]Department of Advance Manufacturing Technology, Faculty, Pathumwan lnstitute of Technology
E-mail: polpanumad@hotmail.com*

บทคัดย่อ
งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาการดูดซับเสียงของวัสดุเชิงประกอบเสริมแรงด้วยเส้นใยสับปะรด โดยใช้วัสดุรองพื้นเรซิ่นที่อัตราส่วนเรซิ่นต่อเส้นใยสับปะรดเท่ากับ 10 : 90 กรัม กระบวนการขึ้นรูปใช้เรซิ่นทรานส์เฟอร์โมลดิ้ง (RTM) การทดสอบการดูดซับเสียงใช้ซาวด์เลเวลมิเตอร์วัดความถี่ 3 ค่า ได้แก่ 170 เฮิรตซ์ 280 เฮิรตซ์ และ 1 กิโลเฮิรตซ์ ตามลำดับ ผลการทดสอบการดูดซับเสียงวัสดุเชิงประกอบมีดังนี้ ความถี่ 170 เฮิรตซ์ ดูดซับเสียง 6.21 เดซิเบล ความถี่ 280 เฮิรตซ์ ดูดซับเสียง 6.03 เดซิเบล ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ ดูดซับเสียง 10.71 เดซิเบล จากการทดสอบพบว่าวัสดุเชิงประกอบเสริมแรงด้วยเส้นใยสับปะรดดูดซับเสียงดีสุดที่ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์
คำสำคัญ: ดูดซับเสียง เส้นใยสับปะรด วัสดุเชิงประกอบเสริมแรง

Abstract
The objective of this research is to study the sound absorption of composite materials by pineapple fiber, by using resin materials at the ratio of 10: 90 grams. The process of Resin Transfer Molding (RTM) is tested on sound absorption using sound level meters, consisting of 3 frequency: 170 Hz, 280 Hz and 1 kHz. The testing results on sound absorption reveal that the composite material can absorb 6.21 dB for 170 Hz, 6.03 dB for 280 Hz and 10.31 for 1 kHz. The results found that the best sound absorption of composite material reinforced by pineapple fiber is at 1 kHz.
Keywords: Sound absorption, Pineapple fibers, Reinforced composite materials

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหามลพิษทางเสียงเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นพร้อมกับความเจริญทางด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยเฉพาะในเมืองหลัก [1] ซึ่งประกอบด้วยเขตต่างๆ เช่น เขตธุรกิจการค้า เขตอุตสาหกรรม เขตที่พักอาศัย และเขตที่มีการจราจรหนาแน่นโดยแหล่งกำเนิดเสียงจะมาจากหลายแหล่ง อาทิเช่น การคมนาคม ทางบก ทางน้ำ ทางอากาศ โรงงานอุตสาหกรรม อู่ซ่อมรถยนต์ และ สถานบันเทิง

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาวิธีในการลดระดับความดังของเสียง เพื่อความปลอดภัยของบุคคลที่อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดเสียง

โดยการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุธรรมชาติของเส้นใยสับปะรด จะทำให้มีความรู้เกี่ยวกับประสิทธิภาพของวัสดุเชิงประกอบเสริมแรงด้วยเส้นใยสับปะรด โดยใช้วัสดุรองพื้นจาก Resin เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานสำหรับแผ่นบุผนังประตูรถยนต์เพื่อลดทอนคลื่นเสียง นอกจากนั้นยังเป็นแนวทางหนึ่งในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากของเสียในภาคอุตสาหกรรมการเกษตร

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

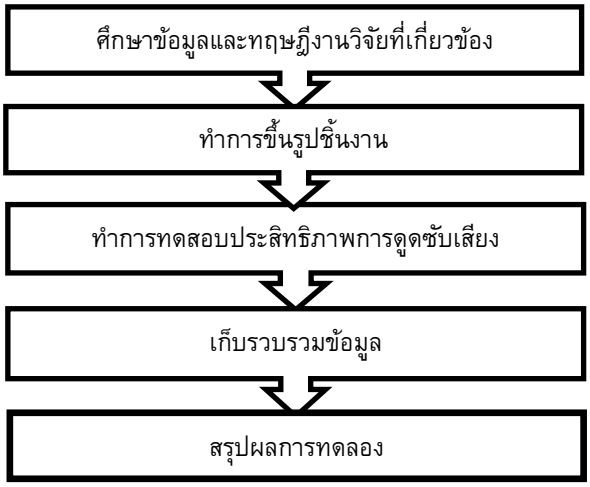
วัสดุเชิงประกอบ [2] เป็นการนำเอาสมบัติที่ดีของวัสดุมากกว่าหนึ่งชนิดมาผนวกกัน ทำให้เกิดคุณสมบัติในการใช้งานตามความต้องการ พอลิเมอร์มีข้อจำกัดในด้านความแข็งแรง การเสริมแรงเมทริกซ์พอลิเมอร์ด้วยเส้นใยเสริมแรงจึงเป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้กับพอลิเมอร์อย่างมาก โลหะมีข้อจำกัดในด้านความทนทานต่อความล้า การใส่สารเสริมแรงลงไปในเมทริกซ์โลหะ ทำให้วัสดุเชิงประกอบที่ได้มีความทนทานต่อการใช้งานมากขึ้น สำหรับเซรามิกที่มีคุณสมบัติทั่วไป คือเปราะและแตกหักง่ายสารเสริมแรงที่ถูกใส่ลงในเมทริกซ์เซรามิก สามารถหน่วงการแยกที่เกิดขึ้นได้ ทำให้เกิดเป็นวัสดุเชิงประกอบที่มีความเหนียวทนทานมากขึ้น

กาญจนาและปารเมศ ปี 2559 [3] ได้ทำการศึกษาวิจัยนำซังข้าวโพดมาทำแผ่นบุผนังเพื่อดูดซับเสียง จากการศึกษาพบว่าคุณสมบัติของซังข้าวโพดสามารถป้องกันความร้อน ป้องกันเสียง และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จากการทดลองได้นำซังข้าวโพดมาบดให้ละเอียด 2 ระดับคือ ซังข้าวโพดบดละเอียดและซังข้าวโพดบดหยาบ แล้วนำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลังและน้ำตะไคร้ ในอัตราส่วน 1:2 ของส่วนผสมในแต่ละส่วนผสมให้ละลายเข้ากันในอุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส เสร็จแล้วเทใส่บล็อกขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร แล้วนำไปทดสอบในกระบวนการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Noise Reduction Coefficient-NRC) ของซังข้าวโพดบดหยาบมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ 0.37 เดซิเบล ซังข้าวโพดบดละเอียดมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ที่ 0.30 เดซิเบล และซังข้าวโพดบดหยาบผสมบดละเอียดมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง ที่ 0.28 เดซิเบลตามลำดับ

หฤษฎ์และคมกฤษ ปี2561 [4] ได้ทำงานวิจัยศึกษาสมบัติของวัสดุเชิงประกอบยางพาราผสมซีเมนต์และเส้นใยมะพร้าวนำมาขึ้นรูปโดยการบีบอัด โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพการกันเสียงในห้องทดลองมาตรฐานที่มีขนาดกว้าง 3 เมตร ยาว 3 เมตร สูง 3.5 เมตร ได้ทำการทดลอบ 2 ชุด ชุดที่ 1 มีอัตราส่วนเส้นใยมะพร้าว 600 กรัม ซีเมนต์ 200 กรัม น้ำ 100 กรัม และยางพารา 10กรัมชุดที่ 2 มีอัตราส่วนเส้นใยมะพร้าว 390 กรัม ซีเมนต์ 400 กรัม น้ำ 200 กรัม และยางพารา 10 กรัม แล้วทำการทดสอบหาค่า NRC (Noise Reduction Coefficient) ตามมาตรฐาน ASTM C423 , ASTM E413 ต้องได้ค่ามากกว่า 0.40 ถือว่าเป็นวัสดุดูดซับเสียง ผลการทดลองพบว่าชุดที่ 1 ได้ค่าเฉลี่ย 0.42 ชุดที่ 2 ได้ค่าเฉลี่ย 0.26 ซึ่งชุดที่ 1 มีความหนาแน่นมากกว่าชุดที่ 2 ดังนั้นชุดที่ 1 จึงเป็นวัสดุที่ดูดซับเสียงได้

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

เริ่มจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นไปตามมาตรฐานของงานวิจัยในครั้งนี้ แล้วทำการขึ้นรูปวัสดุเชิงประกอบเสริมแรงด้วยเส้นใยสับปะรด โดยใช้วัสดุรองพื้นเรซิ่น ด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบ Resin Transfer Molding (RTM) โดยมีวิธีการขึ้นรูปชิ้นงานดังนี้

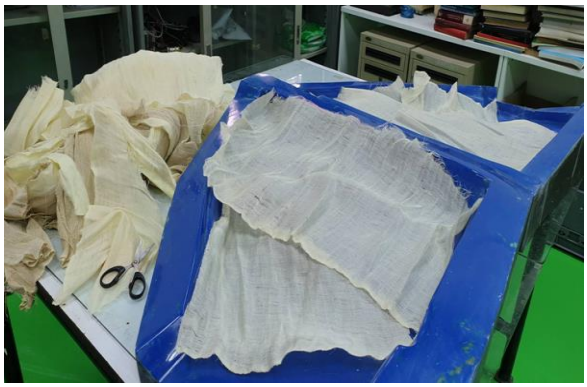
ขั้นตอนที่ 1 นำเส้นใยสับปะรดตากแห้งมาทำความสะอาด และคัดเลือกเส้นใยที่สมบูรณ์มาชั่งน้ำหนัก 1,000 กรัม เตรียมไว้สำหรับแช่สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และเตรียมสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ใช้ปริมาณ 3% ต่อเส้นใยสับปะรด 1,000 กรัม ไว้สำหรับผสมกับน้ำสะอาด

8 ลิตรเพื่อแช่เส้นใยสับปะรดนำภาชนะใส่น้ำสะอาดปริมาณ 8 ลิตร ทำการให้ความร้อนแก่น้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 70°c เติมสารโซเดียมไฮดรอกไซด์น้ำหนัก 30 กรัม ลงไปในน้ำและกวนด้วยไม้เพื่อให้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ละลาย จากนั้นจึงนำเส้นใยสับปะรดแห้งปริมาณ 1,000 กรัม ใส่ลงไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมไว้ โดยทำการแช่เส้นใยสับปะรดเป็นเวลา 6 ชั่วโมงและคงอุณหภูมิไว้ที่ 70°C เพื่อให้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำการย่อยสลายเซลลูโลสออกไปจากพื้นผิวของเส้นใยสับปะรด แล้วนำเส้นใยสับปะรดที่แช่ 6 ชั่วโมงออกมาล้างด้วยน้ำสะอาด เพื่อล้างโซเดียมไฮดรอกไซด์ออกไปจากใบสับปะรด โดยจะทำการล้างจนกว่าเส้นใยสับปะรดหมดความเป็นเบส แล้วนำเส้นใยสับปะรดที่ล้างด้วยน้ำสะอาดเสร็จ ไปตากแดดเป็นเวลา 6 ชั่วโมงหรือจนกว่าเส้นใยสับปะรดแห้งสนิท แล้วนำเส้นใยสับปะรดไปทอแบบ 2 มิติ ขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 10 เมตร ใช้เป็นวัสดุเสริมแรงกับเรซิ่นเพื่อขึ้นรูปกระบวนการ (RTM)

ขั้นตอนที่ 2 เตรียมแม่พิมพ์ที่จะใช้ขึ้นรูปในกระบวนการ RTM

รูปที่ 2 โมลที่ใช้ขึ้นรูปในกระบวนการ RTM

ขั้นตอนที่ 3 ทำผิวเจลโค้ทโดยการทาแวกซ์ หรือ วาสลิน เพื่อป้องกันไม่ให้เรซิ่นที่แข็งตัวติดกับแม่พิมพ์ และทำให้ผิวของชิ้นงานเรียบ โดยทำทั้งหมด 2 รอบ แล้วนำเส้นใยสับปะรดที่ทอเป็นผืนมาตัดให้ได้ตามขนาด 50x50เซนติเมตร ในมุม 0°, 0° และ 0° อย่างละ 1 แผ่น ตัดในมุม 0°, 45° และ 0° อย่างละ 1 แผ่น ตัดในมุม 0°, 90 และ 0° อย่างละ 1 แผ่นเพื่อใช้วางเสริมแรงในแม่พิมพ์ แล้วนำแผ่นเส้นใยสับปะรดที่ตัดเสร็จมาวางในแม่พิมพ์ ชุดที่ 1 วางซ้อนแผ่น 3 ชั้น มุม 0°, 0°, และ 0° ชุดที่ 2 วางซ้อนแผ่น 3 ชั้น มุม 0°, 45°, และ 0° ชุดที่ 3 วางซ้อนแผ่น 3 ชั้น มุม 0°, 90°, และ 0° ตามลำดับ แล้ววางแผ่นเส้นใยสับปะรดซ้อนกัน 3 ชั้นในแม่พิมพ์ Transfer Molding (RTM)



รูปที่ 3 วางแผ่นเส้นใยสับปะรดในแม่พิมพ์ Resin

ขั้นตอนที่ 4 นำแผ่นพลาสติกที่ตัดไว้มาปิดทับ และใช้เทปกาวติดกับขอบแม่พิมพ์ (ควรเผื่อพื้นที่ข้างแม่พิมพ์ไว้อย่างน้อย 1 นิ้ว เพื่อใช้ติดเทปกาวให้แผ่นพลาสติกติดกับขอบแม่พิมพ์) เจาะรูในแผ่นพลาสติก 2 ข้างเพื่อเสียบสายยางในการดูดอากาศ และฉีดเรซิ่นเข้าไปในตัวแม่พิมพ์ RTM และใช้ดินน้ำมันติดรอบสายยางที่ต่อกับแผ่นพลาสติกไม่ให้มีรอยรั่ว

ขั้นตอนที่ 5 อัตราส่วนผสมเรซิ่น ใช้เรซิ่น เกรด F-401 (ของเหลวความเข้มข้นสูง สีใส) ปริมาณ 1,000 กรัม ผสมกับโคบอลต์ (ตัวม่วง ตัวทำปฏิกิริยาเป็นของเหลวสีม่วง) ปริมาณ 1-5 กรัม กวนให้เข้ากันจะได้น้ำเรซิ่นสีชมพูหรือสีม่วงอ่อน จากนั้นค่อยใส่ตัวเร่งแข็ง (ตัวเร่งปฏิกิริยา ของเหลวสีใส) ปริมาณ 10-20 กรัม คนให้เข้ากันโดยระวังให้มีฟองอากาศให้น้อยที่สุด เวลาคนพยายามไม่ยกไม้ขึ้นลง และให้คนไปในทิศทางเดียวกันตลอด ใช้เวลาคนประมาณ 1-2 นาทีแล้วใช้งานได้เลย ถ้าผสมถูกต้องตามสัดส่วนที่ถูกต้อง เรซิ่นจะเซทตัวภายใน 15-20 นาทีและแห้งสนิทภายในเวลา 1-2 ชั่วโมงต่อสายยางสีดำเข้ากับอ่างแวคคั่ม และอีกด้านต่อเข้าเครื่องดูดอากาศ ใช้สายยางสีขาวอีกเส้นต่อเข้ากับอ่างเรซิ่นจากนั้นเปิดเครื่องปั๊มสูญญากาศ เครื่องจะทำการดูดอากาศออกจากแม่พิมพ์ RTM เกิดสูญญากาศภายในจนเรซิ่นไหลเข้าสู่แม่พิมพ์ที่มีแผ่นเส้นใยวางซ้อนกันจนทั่วชิ้นงาน

เสร็จแล้วปิดเครื่องรอจนชิ้นงานเซทตัวแล้วแกะออก และทำชุดใหม่จนครบ 3 ชุดตามมุม 0°, 45° และ 90° ตามลำดับ

รูปที่ 4 การขึ้นรูปด้วยกระบวนการ RTM

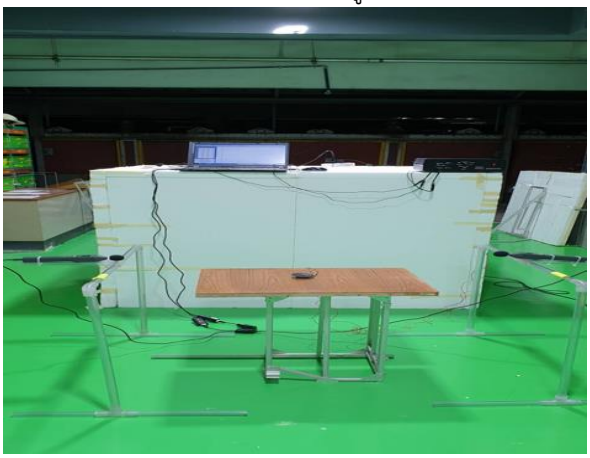
ขั้นตอนที่ 6 นำแผ่นชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ RTM เส้นใยสับปะรดกับเรซิ่นที่ได้มาทำการขัดด้วยกระดาษทราย เบอร์ 100 แล้วตามด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 ขัดโดยการขัดน้ำ แล้วนำแผ่นชิ้นงานมาแต่งให้เรียบ และตัดขอบให้ได้ตามขนาดและสวยงาม โดยการใช้หินเจียร์ใบกระดาษทรายตกแต่ง ให้ได้ผิวที่เรียบตามต้องการเป็นการจบขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นงาน

รูปที่ 5 การขัดชิ้นงานด้วยกระดาษทราย และการเจียร์ตกแต่ง

แล้วทำการออกแบบจำลองห้องทดสอบเพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับเสียง วิธีการคือนำแผ่นโฟมที่มีความหนา 10 มิลลิเมตร มาตีเป็นห้องสี่เหลี่ยมจัตุรัสและทำให้คล้ายกับห้องโดยสารภายในรถยนต์ ที่มีขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร สูง 150 เซนติเมตร แล้วนำแผ่นแผงบุผนังประตูรถยนต์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการ

รูปที่ 6 การติดตั้งแผ่นแผงบุผนังประตูรถยนต์เข้ากับห้องจำลองห้องโดยสารรถยนต์

ติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบเสียงและวางไมค์ตามจุดรับเสียงเพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับเสียง



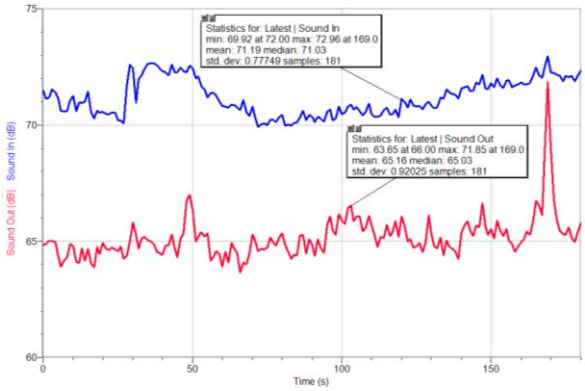
รูปที่ 7 ติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบเสียงและวางไมค์ตามจุดรับเสียง

ทำการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับเสียง บันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง

รูปที่ 8 ทำการทดสอบเสียงและบันทึกผลการทดลอง

4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

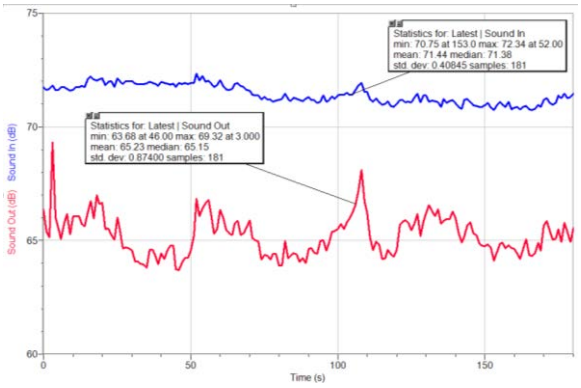
4.1 Pineapple no Sound



รูปที่ 9 กราฟคลื่นเสียงที่ความถี่ 0 เฮิรตซ์

จากกราฟความดังของเสียงเข้า มีค่าเฉลี่ย 64.31 เดซิเบล
จากกราฟความดังของเสียงออกข้างนอกห้องทดสอบมีค่าเฉลี่ย 65.76 เดซิเบล

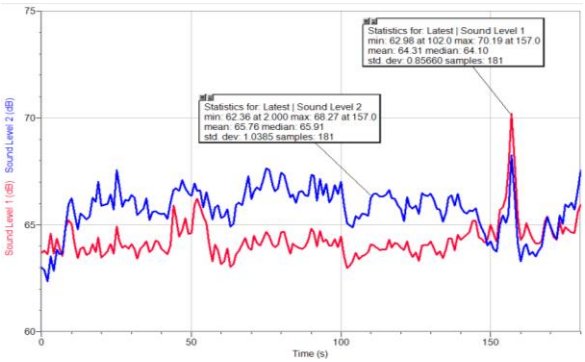
4.2 Pineapple at 170 Hz
การทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงที่ความถี่ 170 เฮิรตซ์



รูปที่ 10 กราฟคลื่นเสียงที่ความถี่ 170 เฮิรตซ์

จากกราฟความดังของเสียงเข้า มีค่าเฉลี่ย 71.44 เดซิเบล
จากกราฟความดังของเสียงออกข้างนอกห้องทดสอบมีค่าเฉลี่ย 65.23 เดซิเบล

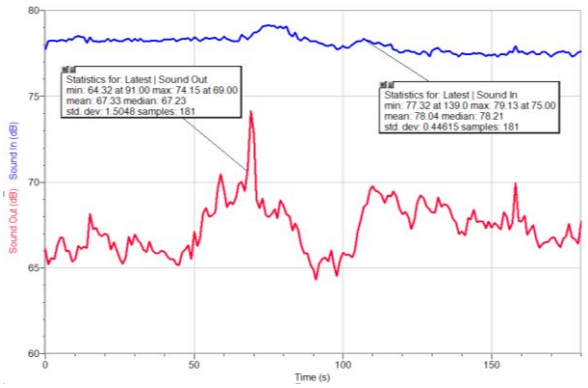
4.3 Pineapple at 280 Hz
การทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงที่ความถี่ 280 เฮิรตซ์



รูปที่ 11 กราฟคลื่นเสียงที่ความถี่ 280 เฮิรตซ์

จากกราฟความดังของเสียงเข้า มีค่าเฉลี่ย 71.19 เดซิเบล
จากกราฟความดังของเสียงออกข้างนอกห้องทดสอบมีค่าเฉลี่ย 65.65 เดซิเบล

4.4 Pineapple at 1 KHz
การทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงที่ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์



รูปที่ 12 กราฟคลื่นเสียงที่ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์

จากกราฟความดังของเสียงเข้า มีค่าเฉลี่ย 78.04 เดซิเบล จากกราฟความดังของเสียงออกข้างนอกห้องทดสอบมีค่าเฉลี่ย 67.33 เดซิเบล

5. สรุปผลงานวิจัย

ผลการทดลองสรุปผลได้ดังต่อไปนี้จากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับเสียงด้วยวัสดุเสริมแรงด้วยเส้นใยสับปะรด วัสดุรองพื้นจากเรซิ่น เพื่อดูดซับแสียงที่ 3 ความถี่ 170 เฮิรตซ์ , 280 เฮิรตซ์ และ 1 กิโลเฮิรตซ์ จะได้ค่าเสียงเข้า และ เสียงออกข้างนอกมีหน่วยวัด คือ เดซิเบล และค่าเสียงเข้า และเสียงออกข้างนอกจะมีค่าสถิติ 3 ค่า คือ ค่ามาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่ามัธยฐาน ในการทดสอบเสียงจะปล่อยคลื่นเสียงในเวลา 181 วินาที ซึ่งผลการทดลองนี้ ค่าที่ดีที่สุดที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน ที่ 85 เดซิเบล คือ เสียงเข้าเท่ากับ 78.04 เดซิเบลและ เสียงออกข้างนอกเท่ากับ 67.33 เดซิเบล ที่ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ สามารถดูดซับเสียงได้ 10.71 เดซิเบล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า และสถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

เอกสารอ้างอิง

[1] ณัฐดนย์ รุ่งเรืองกิจไกร (หัวหน้าโครงการ) ภาควิชาวิทยาการสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตรการประชุมวิชาการประจำปี สวทช. ครั้งที่ 11 (NAC2015, NSTDA Annual Conference 2015), 2 เมษายน 2558 การประยุกต์ใช้เส้นใยจากใบสับปะรดสำหรับสิ่งทอเทคนิค สนับสนุนทุนวิจัยโดยสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ประจำปี งบประมาณ 2557 ภายใต้โครงการพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอด้วยเส้นใย ต้นแบบและการออกแบบผลิตภัณฑ์สิ่งทอเทคนิค

[2] An Overview of Composite Materials หฤทภัค กีรติเสรี , ฉัตรชัย วีระนิติสกุล , อภิรัตน์ เลาห์บุตรี อาจารย์ โปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาลัยราชภัฏธนบุรี อาจารย์ สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาลัยเขตบางเขน หน้า 18-32

[3] Kanjana Woraput , Parames Kamhangrittirong “Wall Plates from Corncobs”. Kasetsart University, Bangkok 10900. pp.511-520

[4] Harit Seangsanoa , Komkrit Thamrongpardith “Research sound absorption of composite material rubber tree, cement and coco fiber” Industrial Engineering , Faculty of Engineering, Kasem Bundit University. pp.89-96