1st 8th INSCIC
Yala Rajabhat University
21-22 Feb 2023

PROCEEDING
รายงานสืบเนื่องจาก

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 8 และ การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 1

The 8th National Conference on Science and Technology 2023 (NSCIC2023) and
The 1st International Conference on Science and Technology 2023 (INSCIC2023)

วันที่ 21-22 กุมภาพันธ์ 2566
คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

รายงานสืบเนื่องจากงานประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 8 และ
งานประชุมวิชาการระดับนานาชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 1
The 8th National Conference on Science and Technology 2023: NSCIC2023 and
the 1st International Conference on Science and Technology 2023: INSCIC2023

จัดพิมพ์โดย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
พิมพ์ครั้งที่ 1
ปีที่พิมพ์ 2566

เลขมาตรฐานสากลประจำหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 978-616-8297-28-5
ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ
National Library of Thailand Cataloging in Publication data

ISBN (e-book) 978-616-8297-28-5

สงวนลิขสิทธิ์โดย
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
133 ถนนเทศบาล 3 ตำบลสะเตง อำเภอเมืองยะลา
จังหวัดยะลา 95000 โทรศัพท์ 073 299 699

จัดพิมพ์แบบ อิเล็กทรอนิกส์

การเปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์จากเปลือกสารภีทะเลและกากใยตาลโตนด
Comparison of activated carbon properties derived from *Calophyllum inophyllum* shell and Palm fiber

ซอบาริยะห์ สาฮะ[1] อาอีเซาะ หะยีดิง[1] นูรฮูดา มาหนี๊[1] อีฟฟะห์ แอสะ[1] ลภัสรดา แมเราะยาลา[1] และปาวีณา ดุลยเสรี[1*]
Sobariyah Saha[1], Aesah Hayiding[1], Nurhuda Mani[1], Iffah Aesa[1], Lapasrada Maerohyala[1] and Paweena Dulyaseree[1*]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000
[1]Department of Physics Faculty of Science and Agricultural Technology Yala Rajabhat University, Muang, Yala 95000, Thailand
*Corresponding author, e-mail: paweena.d@yru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์จากเปลือกสารภีทะเลและกากใยตาลโตนด ซึ่งเป็นสองวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยการหาเงื่อนไขของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์เพื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานไฟฟ้าและค่าความจุไฟฟ้าของถ่านกัมมันต์จากเปลือกสารภีทะเลและกากใยตาลโตนด โดยการนำมาบด ปั่นให้ละเอียด ผ่านกระบวนการเผาถ่านที่อุณหภูมิ 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส และนำไปกระตุ้นด้วยกรดไนตริก (NHO_3) และเบสโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) หลังจากนั้นนำมาอัดเม็ดเพื่อวิเคราะห์ค่าความต้านทานไฟฟ้า ค่าความจุไฟฟ้าและวิเคราะห์มุมสัมผัส เพื่อศึกษาสมบัติการนำไฟฟ้าและสมบัติความชอบน้ำของวัสดุในแต่ละอุณหภูมิ ซึ่งการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของเปลือกสารภีทะเลและกากใยตาลโตนดที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส มีค่าความต้านทานไฟฟ้า 1.2 โอห์ม และ 3×10^{-6} โอห์ม อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส มีค่าความต้านทานไฟฟ้า 1.3 โอห์ม และ 63×10^{-6} โอห์ม และอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีค่าความต้านทานไฟฟ้า 0.6 โอห์ม และ 100×10^{-6} โอห์ม ส่วนค่าความจุไฟฟ้าของเปลือกสารภีทะเลและกากใยตาลโตนดที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส มีค่าความจุไฟฟ้า 1.81×10^{3} ฟารัด และ 1.0×10^{-6} ฟารัด อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส มีค่าความจุไฟฟ้า 1.87×10^{3} ฟารัด และ 5.0×10^{-6} ฟารัด และอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีค่าความจุไฟฟ้า 1.74×10^{3} ฟารัด และ 2.0×10^{-6} ฟารัด จะเห็นได้ว่าค่าความจุไฟฟ้าของเปลือกสารภีทะเลที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสมีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกากใยตาลโตนด สรุปได้ว่าค่าความจุไฟฟ้าของเปลือกสารภีทะเลดีกว่ากากใยตาลโตนด เนื่องจากเปลือกสารภีทะเลมีปริมาณคาร์บอนและปริมาณลิกนิกที่มากกว่ากากใยตาลโตนด และค่ามุมสัมผัสของเปลือกสารภีทะเลที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เท่ากับ 13.35±1.81 ซึ่งมีมุมน้อยที่สุด และแสดงสมบัติความชอบน้ำได้ดี

คำสำคัญ : ถ่านกัมมันต์, เปลือกสารภีทะเล, กากใยตาลโตนด

Abstract

In this work, a comparison of activated carbon properties derived from *Calophyllum inophyllum* shell (CS) and Palm fiber (PF), which are two agricultural waste materials, is made by finding the optimum temperature conditions for the synthesis of activated carbon and comparing the electrical resistivity and electrical capacity of activated carbon from CS and PF. Firstly, CS and PF were prepared by crushing and blending. The carbonization was performed at 400 ºC, 500, and 600 ºC and post-activation by nitric acid (HNO_3) and potassium hydroxide (KOH). The pellets were pressed to analyze the electrical resistivity and electrical capacity, and contact angle to study the conductivity properties and hydrophilic properties of the materials. The electrical resistivity of CS and PF was measured. At 400 ºC shows electrical resistivity of 1.2 Ω and 3×10^{-6} Ω. At 500 ºC shows electrical resistivity of 1.3 Ω and 63×10^{-6} Ω, and at 600 shows electrical resistivity of 0.6 Ω and 100×10^{-6} Ω. The electrical capacity of CS and PF at 400 ºC shows 1.81×10^{3} F and 1.0×10^{-6} F. At 500 ºC shows an electrical capacity of 1.87×10^{3} F and 5.0×10^{-6} F, and at 600

shows electrical resistivity of 1.74×10^{3} $2.0\times10^{-}$ F and 2.0×10^{-6} F. These results found that the electrical capacitance e of the CS at 500 ℃ is the highest when compared to PF. It can be concluded that the electrical capacity of the CS is better than that of PF due to CS having more carbon elements and lignin than PF. And the contact angle of the CS at 500 ℃ was 13.35±1.81°, which is the smallest angle and shows good hydrophobic properties.

Keywords: Activated carbon, *Calophyllum inophyllum* shell, Palm fiber

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมทำให้มีทรัพยากรชีวภาพและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมากพบว่ามีปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมากถึง 62 ล้านตันต่อปีที่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2556) และยังพบว่าประเทศไทยมีปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในภูมิภาคเป็นจำนวนมากตัวอย่าง เช่น เปลือกผลไม้ต่างๆ ฟางข้าว และกะลามะพร้าว เป็นต้น จากปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทำให้เล็งเห็นถึงการเพิ่มมูลค่าของวัสดุและการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้โดยการนำเปลือกสารภีทะเลและกากใยตาลโตนดมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์เพื่อนำมาใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุ

ถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุที่ประกอบด้วยคาร์บอนที่มีพื้นที่ผิวสูงมากประมาณ 500 - 2000 ตารางเมตรต่อกรัม มีความสามารถในการดูดซับสูงและเป็นวัสดุที่มีราคาสูง ส่วนใหญ่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ เพราะแม้ประเทศไทยจะสามารถผลิตถ่านกัมมันต์ได้แต่ยังไม่เพียงพอกับความต้องการ จากข้อมูลของกรมศุลกากรในปีพ.ศ 2563 ประเทศไทยนำเข้าถ่านกัมมันต์คิดเป็น มูลค่า 475,804,991 บาท และในปีพ.ศ 2564 ประเทศไทยนำเข้าถ่านกัมมันต์คิดเป็น มูลค่า 576,411,141 บาท เพิ่มขึ้นเป็น 100,606,150 บาท (กรมศุลกากร, 2564) ปัจจุบันจะเห็นว่าการใช้ถ่านกัมมันต์เป็นไปอย่างกว้างขวางและมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งการผลิตถ่านกัมมันต์ทำได้โดยการนำวัตถุดิบที่มีคาร์บอนผ่านกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นโดยการเผาที่อุณหภูมิ ประมาณ 200 - 500 องศาเซลเซียส ภายใต้การควบคุมปริมาณออกซิเจนและทำการกระตุ้นด้วยวิธีทางเคมีหรือทางกายภาพ วิธีกระตุ้นทางกายภาพเป็นวิธีการกระตุ้นที่ต้องใช้อุณหภูมิที่สูงมาก ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน ส่วนวิธีกระตุ้นทางเคมีเป็นการทำปฏิกิริยาของสารเคมีกับผิวคาร์บอน สารเคมีที่นิยมใช้ได้แก่ กรดซัลฟูริก กรดฟอสฟอริก ซิงค์คลอไรด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น ซึ่งจะแทรกตัวเข้าไปสลายน้ำมันดินและสารอินทรีย์ต่างๆ ทำให้ผิวของคาร์บอนเกิดรูพรุนภายในจำนวนมาก ข้อดีของวิธีนี้คือ ใช้อุณหภูมิในการกระตุ้นต่ำและระยะเวลาในการกระตุ้นเร็วกว่าแบบกายภาพ ส่งผลเพื่อนำมาใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุที่เหลือใช้ ประหยัดพลังงานและลดต้นทุนต่ำลง (Hirunpraditkoon et al, 2011, Dulyaseree et al, 2017, Sattayarat et al, 2019).

เปลือกสารภีทะเลและกากใยตาลโตนดมีองค์ประกอบของคาร์บอน ลิกนิก เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์ให้มีพื้นที่ผิวสูง ถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุจำพวกคาร์บอน หรือวัสดุที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักผลิตโดยนำวัตถุดิบไปผ่านกระบวนการ 2 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนแรกการกระตุ้นทางกายภาพขั้นตอนที่สองการกระตุ้นด้วยสารเคมี (Fayanto et al, 2018, Lee et al, 2013).

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญและสนใจที่จะศึกษาการเปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์จากเปลือกสารภีทะเลและกากใยตาลโตนด ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยเปลือกสารภีทะเลที่เหลือใช้จากสวนขวัญเมือง อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา จำนวน 180 ลูก และกากใยตาลโตนดที่เหลือใช้จากหมู่บ้านตูกู ตำบลยะต๊ะ อำเภอรามัน จังหวัดยะลา จำนวน 60 ลูก

โดยการหาเงื่อนไขของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์เพื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานไฟฟ้า ค่าความจุไฟฟ้าและมุมสัมผัสของถ่านกัมมันต์จากเปลือกสารภีทะเลและกากใยตาลโตนด โดยผ่านกระบวนการคาร์บอไนซ์และการกระตุ้นด้วยกรดและเบส เพื่อหาวัสดุที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้เป็นขั้วไฟฟ้าต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อหาเงื่อนไขอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากเปลือกสารภีทะเลและกากใยตาลโตนด

2.เพื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทาน ค่าความจุไฟฟ้า และมุมสัมผัสของถ่านกัมมันต์จากเปลือกสารภีทะเลและกากใยตาลโตนด

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมวัสดุตั้งต้น

ขั้นตอนการเตรียมวัสดุตั้งต้น โดยนำเปลือกสารภีทะเลและกากใยตาลโตนดมาบดและปั่นให้ละเอียด นำไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปเผาที่อุณหภูมิ 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ต่อด้วยบดให้ละเอียดผ่านตะแกรงจะได้ถ่านที่ละเอียดเพื่อนำไปกระตุ้นต่อในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การกระตุ้น

นำถ่านที่ได้ไปกระตุ้นด้วยกรดไนตริก (NHO_3) ที่ความเข้มข้น 1 โมลาร์ โดยการให้กวนความร้อนที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และล้างถ่านที่ผ่านการกระตุ้นด้วยน้ำปลอดประจุ จนกระทั่งสารละลายมีค่าพีเอชเป็นค่ากลาง นำถ่านที่ได้มาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำถ่านที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกรดไปกระตุ้นต่อด้วยเบสโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 1 โมลาร์ โดยการให้กวนความร้อนที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และล้างถ่านที่ผ่านการกระตุ้นเบสด้วยน้ำปลอดประจุหลายๆ ครั้ง จนกระทั่งสารละลายค่าพีเอชเป็นค่ากลาง นำถ่านที่ได้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ขั้นตอนที 3 ศึกษาสมบัติทางไฟฟ้า

ศึกษาสมบัติการนำไฟฟ้าโดยการวัดหาค่าความต้านทานไฟฟ้าและค่าความจุไฟฟ้าจากเครื่อง LCR Meter รุ่น R&S HM8118

ขั้นตอนที 3 ศึกษาสมบัติความชอบน้ำ

ศึกษาสมบัติความชอบน้ำ โดยการวัดมุมผิวสัมผัสของน้ำโดยหยดสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 1 หยดลงบนเม็ดที่ผ่านการอัด และวัดค่ามุมสัมผัสด้วยเครื่อง Digital Microscope

อภิปรายผลการวิจัย

การวิเคราะห์การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ค่าความต้านทานไฟฟ้าของเปลือกสารภีทะเลและกากตาลโตนด

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	เปลือกสารภีทะเล (โอห์ม)	กากใยตาลโตนด (โอห์ม)
400	1.2	3×10^{-6}
500	1.3	63×10^{-6}
600	0.6	100×10^{-6}

จากตารางที่ 1 แสดงผลการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของเปลือกสารภีทะเลและกากใยตาลโตนด ซึ่งค่าความต้านทานไฟฟ้าของอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส มีค่าความต้านทานไฟฟ้า 1.2 โอห์มและ 3×10^{-6} โอห์ม อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส มีค่าความต้านทานไฟฟ้า 1.3 โอห์มและ 63×10^{-6} โอห์ม อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีค่าความต้านทาน 0.6 โอห์มและ 100×10^{-6}โอห์ม จากผลค่าความต้านทานไฟฟ้าจะเห็นว่าสารภีทะเลมีค่าความต้านทานสูงกว่ากากใยตาลโตนด แต่ทั้งนี้ต้องวิเคราะห์ค่าความจุไฟฟ้าต่อไป

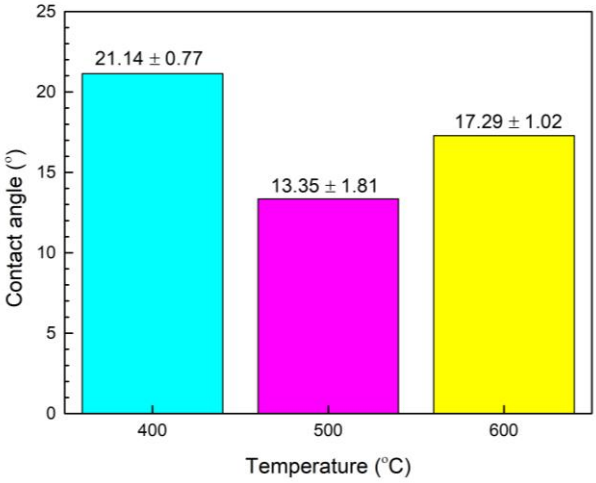
ตารางที่2 การเปรียบเทียบผลวิเคราะห์การวัดค่าความจุไฟฟ้าของเปลือกสารภีและกากใยตาลโตนด

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	เปลือกสารภีทะเล (ฟารัด)	กากใยตาลโตนด (ฟารัด)
400	1.81×10^{3}	1.0×10^{-6}
500	1.87×10^{3}	5.0×10^{-6}
600	1.74×10^{3}	2.0×10^{-6}

จากตารางที่ 2 แสดงค่าความจุไฟฟ้าของเปลือกสารภีทะเลและตาลโตนด พบว่าที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส มีค่าประจุ1.81×10^{3} ฟารัดและ 1.0×10^{-6} ฟารัด อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส มีค่าประจุ 1.87×10^{3} ฟารัดและ 5.0×10^{-6} ฟารัด

อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีค่าประจุ 1.74×10^{3} ฟารัดและ 2.0×10^{-6} ฟารัด จะเห็นได้ว่าค่าความจุไฟฟ้าของเปลือกสารภีทะเลดีกว่ากากใยตาลโตนด เนื่องจากเปลือกสารภีทะเลมีปริมาณคาร์บอนและลิกนินสูงกว่ากากใยตาลโตนดส่งผลให้สารภีทะเลมีค่าความจุไฟฟ้าสูงกว่า ยืนยันผลจากค่าวิเคราะห์มุมสัมผัส

การวิเคราะห์การวัดมุมสัมผัส



ภาพที่ 1 วัดมุมสัมผัสของเปลือกสารภีทะเลที่อุณหภูมิต่างๆ

จากภาพที่1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับมุมสัมผัสพบว่าอุณหภูมิที่ 400 องศาเซลเซียสทำมุม 21.14±0.77 องศา อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ทำมุม 13.35±1.81 องศา และอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ทำมุม 17.29±1.02 องศา จากผลการวัดมุมสัมผัสแสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส มีค่ามุมสัมผัสน้อยที่สุดและแสดงสมบัติความชอบน้ำมากเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอื่น จากผลการวัดมุมสัมผัสและค่าความจุไฟฟ้าแสดงให้เห็นว่า สารภีทะเลที่ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นขั้วไฟฟ้าได้ดีที่สุด เนื่องจากมีค่าความจุไฟฟ้าสูงและมีคุณสมบัติความชอบน้ำ

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบหาเงื่อนไขในการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากเปลือกสารภีทะเลและกากใยตาลโตนด พบว่าวัสดุตั้งต้นที่เหมาะสมคือ เปลือกสารภีทะเล มีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์อยู่ที่ 500 องศาเซลเซียส มีค่าความต้านทานไฟฟ้า 1.3 โอห์ม มีค่าความจุไฟฟ้ามากที่สุด คือ 1.87×10^{3} ฟารัด และผลวัดมุมสัมผัสที่น้อย คือ 13.35±3.81 องศาเซลเซียส มุมสัมผัสที่น้อยจะแสดงสมบัติความชอบน้ำ เพื่อทำให้อิออนอิเล็กโทรไลต์เคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้น ลดความต้านทานที่บริเวณพื้นที่ผิว ทำให้มีการแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้าดีขึ้น จึงส่งผลให้ค่าความจุไฟฟ้าของเปลือกเมล็ดสารภีทะเลที่ถูกเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสมากที่สุด จากผลดังกล่าวเปลือกสารภีทะเลมีแนวโน้มเป็นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์เป็นขั้วไฟฟ้าได้ดีที่สุด เนื่องจากเงื่อนไขนี้ทำให้พื้นผิวของวัสดุมีความชอบน้ำส่งผลให้อิออนอิเล็กโทรไลต์สามารถเคลื่อนที่ไปยังขั่วไฟฟ้าได้ง่ายและสามารถเก็บประจุได้ดี (Sakeng, I., Saar, S., and Dulyaseree, P., 2020)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาฟิสิกส์สนับสนุนและอำนวยความสะดวกด้านต่างๆเป็นอย่างดี จนทำการวิจัยในครั้งนี้จสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

Fayanto, S., Sawaluddin, S., Anas, M., Hunaidah, H., Erniwati, E., Hastuti, V., Mongkito, R. (2018). Preparation and characterization of activated carbon from nyamplung (Calophyllum inophyllum .L) seed shell waste: effect of activation temperature. Conference: *The 1st International Conference on*

Computer Science and Engineering Technology, October 25-26, 2018. Indonesia: Universitas Muria Kudus.

Hirunpraditkoon, S., Tunthong, N., Ruangchai, A., Nuithitikul K. (2011). Adsorption Capacities of Activated Carbons Prepared from Bamboo by KOH Activation. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation,* 5(6), 477-481.

Lee, T., Matsumoto, A., Othman, R., Yeoh, F., (2013). Activated Carbon Fiber Derived from Pyrolysis of Palm Fiber. *Advanced Materials Research*, 686, 92-103.

Sattayarut, V., Chanthad, C., Khemthong, P., Kuboon, S., Wanchaem, T., Phonyiem, M., Obata, M., Fujishige, M., Takeuchi, K., Wongwiriyapan, W., Khanchaititb, P., Endo M. (2019). Preparation and electrochemical performance of nitrogen-enriched activated carbon derived from silkworm pupae waste. *RSC Adv,* 9, 9878.

Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2013). https://webkc.dede.go.th/testmax/node/2450. (in thai)

Dulyaseree, P., Fujishige, M., Yoshida, I., Toya, Y., Banba, Y., Tanaka, Y., Aoyama, T., Phonyiem, M., Wongwiriyapan, W., Takeuchi, K., Endo M. (2017). Nitrogen-rich green leaves of papaya and Coccinia grandis as precursors of activated carbon and their electrochemical properties. RSC Adv, 7, 42064. (in thai)

The Customs Department (2021). http://www.customs.go.th/statistic_report.php?show_search=1&s=Ls0teWeZUEwPrfzj. (in thai)