JPAGS
Journal of Physics & General Science

อัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์และท่อนาโนคาร์บอนสำหรับประยุกต์ใช้เป็นขั้วไฟฟ้า

Optimized Ratios of Activated Carbon and Multi-wall Carbon Nanotubes for Electrode Application

ปาวีณา ดุลยเสรี* นูรีซัน สือแน และซาฟีนี เจะแม็ง

Paweena Dulyaseree*, Nureesan Suenae and Safeenee Chemeng

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จังหวัดยะลา

Program in Physics, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala

*Corresponding author e-mail: paweena.d@yru.ac.th

(Received: November 10, 2021, Revised: December 7, 2021, Accepted: December 26, 2021)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและท่อนาโนคาร์บอนสำหรับการประยุกต์ใช้เป็นวัสดุของขั้วไฟฟ้า โดยมีอัตราส่วนของของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและท่อนาโนคาร์บอนที่ทำการศึกษาทั้งหมด 3 อัตราส่วน ดังนี้ 1:1, 1:3 และ 1:5 ทั้งสามอัตราส่วนนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาหมู่ฟังก์ชันที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิว และเปรียบเทียบความต้านทานไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า จากการวิจัยพบว่า บริเวณพื้นผิวของทั้งสามอัตราส่วนมีหมู่ฟังก์ชันของคาร์บอนิลและคาร์บอกซิล โดยความต้านทานไฟฟ้าของอัตราส่วน 1:1, 1:3 และ 1:5 นั้น มีค่าเป็น 0.65, 0.75 และ 0.75 โอห์ม ตามลำดับ ส่วนความจุไฟฟ้าของอัตราส่วน 1:1, 1:3 และ 1:5 นั้น มีค่าเป็น 66.21, 80.85 และ 80.92 มิลลิฟารัด ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความจุไฟฟ้า เห็นได้ว่าอัตราส่วน 1:3 และ 1:5 มีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้ความถี่ในการวัดเพิ่มขึ้น ความจุไฟฟ้าได้ลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งแตกต่างกับอัตราส่วน 1:1 ที่มีความจุไฟฟ้าค่อนข้างสม่ำเสมอ เนื่องจากบริเวณพื้นผิวมีหมู่ฟังก์ชันของคาร์บอนพันธะคู่ที่ช่วยนำไฟฟ้าได้มากกว่าเมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่น อีกทั้งอัตราส่วน 1:1 มีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำที่สุด ทำให้ความเสถียรของความจุไฟฟ้ามากกว่า

คำสำคัญ: ถ่านกัมมันต์ กะลามะพร้าว ท่อนาโนคาร์บอน

ABSTRACT

In this work, the optimal ratio of coconut shell activated carbon and carbon nanotubes for application as electrode materials was investigated. Three ratios of coconut shell activated carbon and carbon nanotubes were studied as follows: 1:1, 1:3, and 1:5. The surface functional groups, the resistivity and capacity were investigated. This research found that the surface regions contained carbonyl and carboxyl functional groups. The electrical resistances of the ratios 1:1, 1:3 and 1:5 were 0.65, 0.75 and 0.75 Ohm, respectively. The capacitances of the ratios 1:1, 1:3 and 1:5 were 66.21, 80.85 and 80.92 millifarad, respectively. It can be seen that the ratios 1:3 and 1:5 are comparable. When the frequency increases, the capacitance decreases rapidly, unlike a ratio of 1:1 with relatively consistent capacitance. This is because the surface area has a more conductive double bonded carbon functional group compared to other ratios. Also, the 1:1 ratio has the lowest electrical resistance, make the stability of electric capacity more.

Keywords: activated carbon, Coconut shell, multi-walled carbon nanotubes

บทนำ

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในประเทศไทยนับว่ามีอยู่เป็นจำนวนมาก แต่มีการนำมาใช้ประโยชน์ เป็นส่วนน้อยมักถูกทิ้งไว้ในไร่นาหรือถูกเผาทิ้งก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ซึ่งปริมาณวัสดุขึ้นอยู่กับปริมาณของ ผลผลิตทางการเกษตรในปี พ.ศ. 2545 พบว่าซึ่งมีสัดส่วนวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการนำมาใช้ร้อยละ 65 เมื่อนำมาใช้ทดแทนพลังงานคิดเป็นร้อยละ 4.5 ของพลังงานที่ใช้ภายในประเทศ หรือ เทียบเท่าน้ำมันดิบ 3.48×10^{9} ลิตร ซึ่งคิดศักยภาพพลังงานจากชีวมวลเหลือใช้ในประเทศไทย [1] ปัจจุบันมีผู้เล็งเห็นถึงประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยการนำมาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มรายได้ให้แก่ครอบครัวหรือสมาชิกภายในชุมชน

การนำถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวมาผสมกับท่อนาโนคาร์บอนเพื่อประยุกต์สำหรับขั้วไฟฟ้า เนื่องจากถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวมีลักษณะเป็นรูพรุน มีพื้นที่ผิวสูง มีสมบัติในการดูดซับสารต่าง ๆ ได้ดี แต่ความสามารถในการนำไฟฟ้าไม่ดี [2-4] ทำให้มีการนำท่อนาโนคาร์บอนมาผสมเข้าด้วยกัน เนื่องจากท่อนาโนคาร์บอนมีสมบัติการนำฟ้าที่ดี [5-7] ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ จึงสนใจในการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของทั้งสองวัสดุ เพื่อให้ได้เป็นวัสดุนาโนคาร์บอนที่เหมาะสมในการมาทำขั้วไฟฟ้าและหาอัตราส่วนของขั้วไฟฟ้าที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและท่อนาโนคาร์บอน
2. ศึกษาคุณสมบัติการนำไฟฟ้าของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและท่อนาโนคาร์บอน

การดำเนินงานวิจัย

1. เตรียมวัสดุ นำถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและท่อนาโนคาร์บอนมาผสมกันที่อัตราส่วนที่กำหนดขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์วัสดุตั้งต้นสำหรับการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและท่อนาโนคาร์บอน โดยการนำถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและท่อนาโนคาร์บอนที่อัตราส่วน 1:1, 1:3, และ 1:5 โดยน้ำหนัก

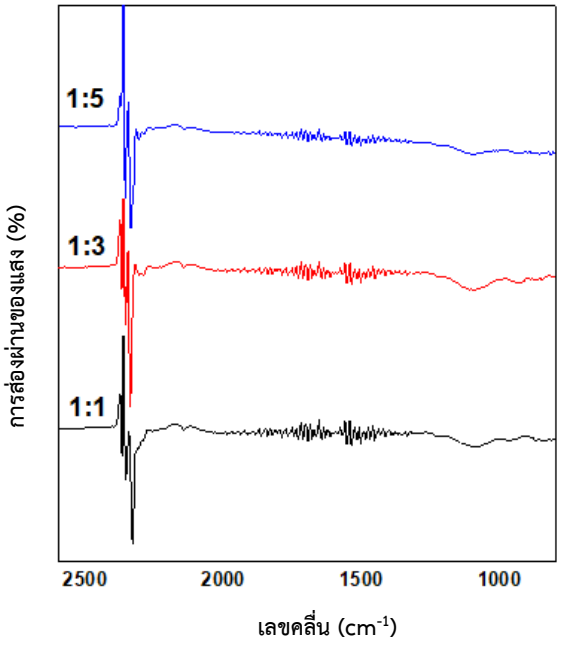
2. นำวัสดุนาโนคาร์บอนที่เตรียมไว้ตามอัตราส่วนที่กำหนดผสมกับสารละลาย โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและท่อนาโนคาร์บอนที่อัตราส่วน 1:1, 1:3, และ 1:5 โดยน้ำหนักผสมกับสารละลาย โดยสารละลายเตรียมจากการนำโพลิไวนิลลิดีนฟลูออไรด์ (Polyvinylidene fluoride: PVDF) น้ำหนัก 0.5 กรัมละลายในเอ็น-เมทิล-2-ไพร์โรลิโดน (N-Methyl-2-pyrrolidone: NMP) 15 มิลลิลิตร และให้ความร้อน 300 องศาเซลเซียส บนเครื่องกวนความร้อน โดยใช้เวลาในการกวนประมาณ 45 นาที หลังจากนั้น นำถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและท่อนาโนคาร์บอนที่เตรียมไว้ ตามอัตราส่วนที่กำหนดนำไปบดให้ละเอียดแล้วนำมาผสมกันกับสารละลาย และนำไปให้ความร้อน 200 องศาเซลเซียส บนเครื่องกวนความร้อน ใช้เวลา 24 ชั่วโมง จากนั้น นำเข้าสู่กระบวนอัดเม็ด

3. วิเคราะห์สมบัติทางพื้นผิวของวัสดุนาโนคาร์บอน โดยได้วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของพื้นที่ผิววัสดุนาโนคาร์บอนด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (Fourier-transform infrared spectroscopy: FTIR) รุ่น Lasco FT/IR-6800 เพื่อศึกษาหมู่ฟังชันของบนพื้นผิววัสดุนาโนคาร์บอน โดยนำเม็ดที่อัดของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและท่อนาโนคาร์บอนวางลงบนฐานที่เตรียมไว้ของเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี และนำไปวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวของวัสดุนาโนคาร์บอน

4. วิเคราะห์สมบัติทางไฟฟ้าด้วยเครื่องการนำไฟฟ้า LCR Meter เพื่อศึกษาประสิทธิภาพความจุและความต้านทานไฟฟ้าของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและท่อนาโนคาร์บอนที่อัดเม็ดแล้ว

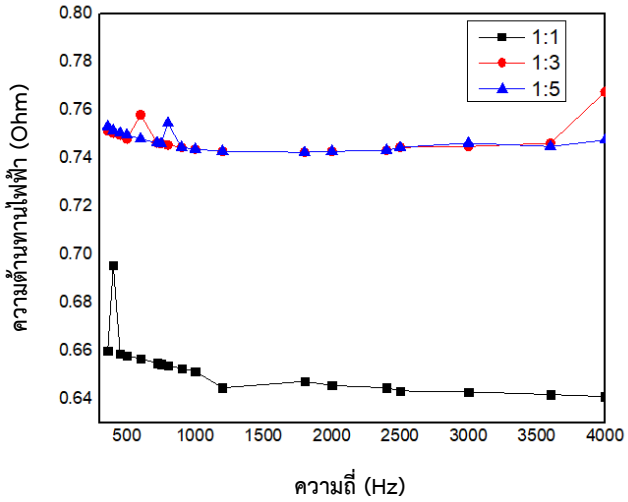
ผลการวิจัย

จากภาพที่ 1 ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่องผ่านของแสง (% Transmittance) กับเลขคลื่น (wave numbers) ที่เปรียบเทียบหมู่ฟังก์ชันของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและท่อนาโนคาร์บอนที่อัตราส่วนแตกต่างกัน บริเวณพื้นผิวของทั้งสามอัตราส่วนนั้น มีหมู่ฟังก์ชันของคาร์บอนิล (carbonyl group) ที่ตำแหน่งเลขคลื่นประมาณ 1102 ไคเซอร์ หมู่ฟังก์ชันของคาร์บอนพันธะคู่ (C=C) ที่ตำแหน่งเลขคลื่นประมาณ 2151 ไคเซอร์ และหมู่ฟังก์ชันของคาร์บอกซิล (carboxyl group) ที่ตำแหน่งเลขคลื่นประมาณ 2331 ไคเซอร์ โดยเห็นได้ว่า อัตราส่วน 1:1 และ 1:3 นั้น บริเวณพื้นผิวมีหมู่ฟังก์ชันของคาร์บอกซิลและคาร์บอนพันธะคู่มากกว่า 1:5 แสดงให้เห็นว่าที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:3 มีแนวโน้มการนำไฟฟ้าได้ดีกว่า 1:5 [8] ซึ่งจะทำการยืนยันผลโดยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าและค่าความจุไฟฟ้าต่อไป

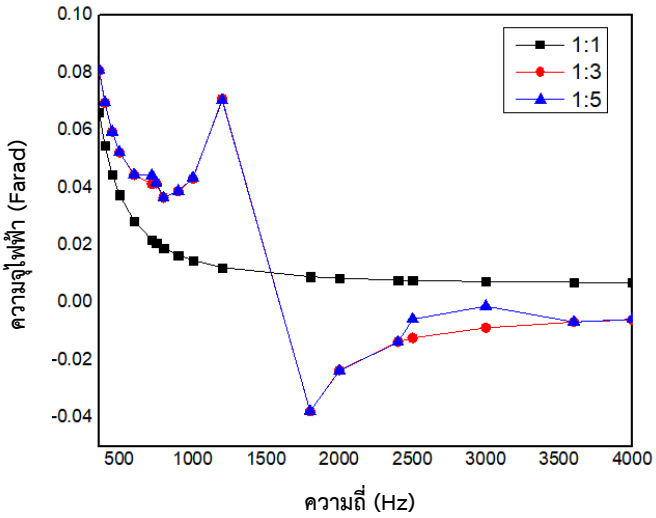


ภาพที่ 1 เปรียบเทียบหมู่ฟังก์ชันของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและท่อนาโนคาร์บอนที่อัตราส่วนแตกต่างกัน

จากภาพที่ 2 ได้แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานไฟฟ้าที่อัตราส่วนแตกต่างกัน ค่าความต้านทานไฟฟ้าของอัตราส่วน 1:1, 1:3 และ 1:5 มีค่าเป็น 0.65, 0.75 และ 0.75 โอห์ม ตามลำดับ จากค่าความต้านทานไฟฟ้า เห็นได้ว่าในอัตราส่วน 1:1 นั้น มีค่าความต้านทานต่ำที่สุด สำหรับภาพที่ 3 ได้แสดงค่าความจุไฟฟ้าที่อัตราส่วนแตกต่างกัน โดยอัตราส่วน 1:1, 1:3 และ 1:5 มีค่าความจุไฟฟ้าเป็น 66.21, 80.85 และ 80.92 มิลลิฟารัด ตามลำดับ จากค่าความจุไฟฟ้าดังกล่าว เห็นได้ว่าอัตราส่วน 1:3 และ 1:5 มีค่าความจุไฟฟ้าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อมีการเพิ่มความถี่ในการวัด ความจุไฟฟ้าได้ลดลงอย่างรวดเร็ว ในขณะที่อัตราส่วน 1:1 มีค่าความจุไฟฟ้าค่อนข้างสม่ำเสมอ เนื่องจากบริเวณพื้นผิวของอัตราส่วน 1:1 มีหมู่ฟังก์ชันของคาร์บอนพันธะคู่ที่ช่วยนำไฟฟ้าได้มากกว่า เมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่น อีกทั้งอัตราส่วน 1:1 มีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำที่สุดทำให้ความเสถียรของค่าความจุไฟฟ้ามากกว่า จากอัตราส่วนดังกล่าว สามารถนำไปประยุกต์เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุสำหรับขั้วไฟฟ้าของอุปกรณ์กักเก็บพลังงานได้



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบความต้านทานไฟฟ้าที่อัตราส่วน 1:1, 1:3 และ 1:5



ภาพที่ 3 เปรียบเทียบความจุไฟฟ้าที่อัตราส่วน 1:1, 1:3 และ 1:5

สรุปผลการวิจัย

การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์และท่อนาโนคาร์บอนให้มีความสามารถในการเป็นขั้วไฟฟ้า พบว่าที่อัตราส่วน 1:1 มีค่าความจุไฟฟ้าค่อนข้างสม่ำเสมอ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความจุที่อัตราส่วน 1:3 และ 1:5 เนื่องจากบริเวณพื้นผิวของอัตราส่วน 1:1 มีปริมาณของหมู่ฟังก์ชันของคาร์บอนพันธะคู่ที่ช่วยนำไฟฟ้าได้มากกว่า ทำให้มีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำที่สุดและทำให้มีความเสถียรของค่าความจุไฟฟ้ามาก ซึ่งถือว่าเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัสดุขั้วไฟฟ้าของอุปกรณ์กักเก็บพลังงาน

เอกสารอ้างอิง

[1] กฤษพนธิ์ เพี้ยนศร, “ฐานข้อมูลศักยภาพพลังงานจากชีวมวล,” วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร, 2546.

[2] W. M. A. Daud and W. S. Ali, "Comparison on pore development of activated carbon produced from palm shell and coconut shell," *Bioresource Technology*, vol. 93, no. 1, pp. 63-69, 2004.

[3] M. K. B. Gratuito, T. Panyathanmaporn, R. A. Chumnanklang, N. Sirinuntawittaya and A. Dutta, "Production of activated carbon from coconut shell: Optimization using response surface methodology," *Bioresource Technology*, vol. 99, no. 11, pp. 4887-4895, 2008.

[4] M. N. Iqbaldin, I. Khudzir, M. I. Azlan, A. G. Zaidi, B. Surani and Z. Zubri, "Properties of coconut shell activated carbon," *Journal of Tropical Forest Science,* vol. 25, no. 4, pp. 497-503, 2013.

[5] G. Xu, C. Zheng, Q. Zhang, J. Huang, M. Zhao, J. Nie, X. Wang and F. Wei, "Binder-free activated carbon/carbon nanotube paper electrodes for use in supercapacitors," *Nano Research,* vol. 4, pp. 870–881, 2011.

[6] M. Noked, S. Okashy, T. Zimrin and D. Aurbach, "Composite carbon nanotube/carbon electrodes for electrical double-layer super capacitors," *Angewandte Chemie International Edition,* vol. 51, no. 7, pp. 1568-1571, 2012.

[7] P. Dulyaseree, W. Jarernboon and W. Wongwiriyapan, "Supercapacitor based on multi-walled carbon nanotubes/carbon black composites-coated wooden sheet," *Energy Procedia,* vol. 56, pp. 481-486, 2014.

[8] I. Ozaytekin, "The effect of carboxylic acid group on conductivity of the aromatic polyazomethines and char composites," *Polymer Composites,* vol. 35, no. 2, pp. 1-9, 2013.