



## การสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากแกลบในการบำบัดน้ำเสียที่มีฤทธิ์เป็นกรดจากกระบวนการผลิตยางแผ่น Synthesis Activated Carbon from Rice Husk to Treat Acidic Wastewater from the Rubber Sheets Production

อนิรุทธิ์ ส่องศรี<sup>1\*</sup>, สุธรรม ชุมพร้อมญาติ<sup>1</sup>Anirut Songsri<sup>1\*</sup>, Suthum Chumpromyat<sup>1</sup><sup>1</sup>คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, นครศรีธรรมราช, 80110<sup>1</sup>Department of Science, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat, 80110

\*Corresponding Tel: 075-773336-7, Fax : 075-773338, Email: ruj090@hotmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากแกลบโดยการกระตุ้นด้วยพลังงานไมโครเวฟ ขั้นตอนแรกการคาร์บอนไนซ์แกลบที่อุณหภูมิ 350 450 550 650 และ 750 °C เป็นเวลา 60 min วิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านชาร์ตามมาตรฐาน ASTM เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการคาร์บอนไนซ์ มีปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 32.59 40.15 34.98 41.78 และ 39.59 ตามลำดับ นำถ่านชาร์ที่ผ่านการคาร์บอนไนซ์ที่อุณหภูมิ 650°C แช่สารละลายอิ่มตัวซิงค์คลอไรด์ ในอัตราส่วนถ่านชาร์ 1 ๓ต่อสารละลาย 3.11 g เป็นเวลา 24 h จากนั้นกระตุ้นด้วยพลังงานไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 800 W เป็นเวลา 0 5 10 15 20 และ 30 min จากการวิเคราะห์พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ดังกล่าวด้วยเทคนิค BET พบว่ามีพื้นที่ผิวเท่ากับ 222.75 242.96 307.70 343.74 339.56 และ 306.06 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> ตามลำดับ ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียที่มีฤทธิ์เป็นกรดด้วยถ่านกัมมันต์ จากผลการทดลองพบว่าปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมในการดูดซับอนุภาคยางในน้ำเสียเท่ากับ 0.1 g ml<sup>-1</sup>

คำสำคัญ: ถ่านกัมมันต์, แกลบ, น้ำเสียที่มีฤทธิ์เป็นกรด

### Abstract

This research studies the synthesis of activated carbon from rice husk by microwave energy activation. The first step was carbonization of rice husk at 350 450 550 650 and 750°C respectively. Each carbonization spent 60 min. The amount of moisture, volatile, ash and fixed carbon were analyzed by following American Society for Testing and Materials (ASTM). The amount of fixed carbon was 32.59, 40.15, 34.98, 41.78 and 39.59% respectively. Carbonized charcoal at 650°C was immersed in saturated ZnCl<sub>2</sub> solution at the ratio of charcoal 1 g to solution 3.11 g for 24 h. After that it was activated by microwave radiation at 800 W for 0, 5, 10, 15, 20 and 30 min. According to characteristic of surface area and total pore volume by BET technique, the above activated carbon surface area were 222.75, 242.96, 307.70, 343.74, 339.56 and 306.06 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> respectively. Factors that affecting acidic wastewater treatment by the activated carbon was investigated. It was found that the appropriated amount of activated carbon to adsorb rubble particles in the wastewater was 0.1 g ml<sup>-1</sup>

Keywords: Activated carbon, Rice Husk, Acidic Wastewater

### 1 บทนำ

ในปี พ.ศ. 2537-2538 รัฐบาลสนับสนุนให้ชาวสวนยางรวมกลุ่มผลิตยางแผ่นรมควัน รวมกลุ่มกันเป็นสหกรณ์กองทุนสวนยางภายใต้การดูแลของสำนักงานส่งเสริมการเกษตร (สกย) มีโรงงานทั่วประเทศเกือบ 700 โรง (ประทีปชัยกุลและ

คณะ, 2549) ปัจจุบันยังคงดำเนินการอยู่ 176 โรง แต่ละโรงมีปริมาณน้ำเสียในหนึ่งวันการผลิต 7.35-9.05 m<sup>3</sup> น้ำจากการผลิตยางแผ่นที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.2-5.6 (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) ซึ่งในกระบวนการผลิตยางแผ่นต้องใช้กรดอะซิติก เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ใช้ใน

Received: December 27, 2019

Revised: March 2, 2020

Accepted: March 3, 2020

Available online: August 21, 2020

อุตสาหกรรมยางในการทำให้ยางแข็งตัว ตัวทำละลายชนิดนี้ระเหยง่ายและไอระเหยมีความเป็นพิษสูง วิธีการขจัดไอระเหยของกรดอะซิติกนี้ ทำได้โดยการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (ศุภเสวต หิรัญ, 2542)

ถ่านกัมมันต์คือวัสดุที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก เป็นสารดูดซับชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นของแข็งสีดำอาจอยู่ในรูปผงหรือเม็ด มีโครงสร้างรูพรุนขนาดเล็ก พื้นที่ผิวดูดซับสูง ทำให้มีสมบัติดูดซับที่ดี ใช้ประโยชน์ในการกำจัดกลิ่น สี และแก๊ส โดยทั่วไปมักเลือกวัสดุที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์ โดยเป็นของเหลือทิ้ง ราคาถูก ปริมาณคาร์บอนสูง ปริมาณสารอินทรีย์ต่ำ และปริมาณเถ้าต่ำ เช่น กะลาปาล์ม กะลามะพร้าว ชานอ้อย ไม้ไผ่ หรือถ่านลิกไนต์ วิธีการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์โดยการเผาแบบคาร์บอนซ์เพื่อให้ได้ถ่านชาร์ และนำไปกระตุ้นเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวและปริมาณรูพรุน การกระตุ้นมีทั้งทางกายภาพและทางเคมี โดยทั่วไปการกระตุ้นถ่านชาร์ไปแช่สารเคมี เช่น  $H_3PO_4$   $KOH$   $ZnCl_2$  หรือ  $NaOH$  เป็นต้น และใช้ความร้อนเพื่อช่วยกระตุ้นถ่านกัมมันต์ในเตาปฏิกรณ์อีกครั้ง ปัจจุบันมีทางเลือกในการกระตุ้นคือพลังงานไมโครเวฟ โดยมีหลักการคือพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะทำให้เกิดการสั่นของโมเลกุลและเกิดความร้อนขึ้นภายในโมเลกุล เมื่อถ่านได้รับความร้อนถึงอุณหภูมิที่ทำให้ไอน้ำสารระเหยภายในเกิดการระเหยออกหรือสลายตัว ทำให้ถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิว และปริมาณรูพรุนมากขึ้น (Anuwetch et al., 2008)

กลบได้จากการสีข้าว ซึ่งเมื่อนำข้าวไปสีจะได้กลบออกมาดังนั้นกลบถือเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตร ในกลบมีสารที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีหลายอย่าง เช่น เซลลูโลสประมาณ 40-50% สารลิกนินประมาณ 25-30% ส่วนที่เป็นเถ้า 15-20% และความชื้น 8-15% ซึ่งพบว่าส่วนที่เป็นสารอินทรีย์มีมากถึง 75-90% ส่วนที่เป็นส่วนประกอบของแร่ต่างๆ เช่น ซิลิกา สารประกอบแอลคาไลด์ และธาตุที่เป็นส่วนน้อยอื่นๆ (Saragi et al., 2009)

การปรับสภาพความเป็นกรดเป็นเบสหรือ pH ให้อยู่สภาพที่เป็นกลางเพื่อเกิดความเหมาะสมที่จะนำไปบำบัดน้ำเสียในขั้นอื่นต่อไป โดยเฉพาะกระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยชีวภาพซึ่งต้องการน้ำเสียที่มี pH อยู่ในช่วง 6.5-8.5 วิธีการหนึ่งของการปรับ pH คือการใช้ผงถ่านเป็นกระบวนการที่ใช้ผงถ่านดูดซับเอาสารเคมี (สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์) บางชนิดที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย หลังจากแยกผงถ่านออกแล้วจะได้น้ำทิ้งได้ตามมาตรฐานระบายออกจากโรงงานได้ (ขมิ้นทูลและคณะ, 2558)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากกลบโดยใช้วิธีกระตุ้นด้วยพลังงานไมโครเวฟ ส่วนแรกศึกษาเกี่ยวกับอุณหภูมิในการคาร์บอนซ์สำหรับเตรียมถ่านชาร์เพื่อนำมาผลิตถ่านกัมมันต์ ในส่วนที่สองเป็นการกระตุ้นแช่ด้วยสาร  $ZnCl_2$  และกระตุ้นด้วยไมโครเวฟที่กำลัง 800 W ที่เวลาต่างๆ เปรียบเทียบพื้นที่ผิวและปริมาณรูพรุนของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมไว้ด้วยเทคนิค BET แล้วถ่ายภาพเพื่อดูโครงสร้าง

ด้วย Scanning electron microscope (SEM) และส่วนสุดท้ายนำถ่านกัมมันต์จากกลบที่มีพื้นที่ผิวสูงสุดเติมในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแผ่นเพื่อทำให้เป็นกลางโดยศึกษาปริมาณการใช้ถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสม

## 2 อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 การเตรียมกลบ

นำกลบในเดือน เมษายน 2562 จากบ้านบ่อลือ อ.เชียรใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช อบที่อุณหภูมิตั้งที่  $110^{\circ}C$  เป็นเวลา 24 h (Anuwetch et al., 2008) คำนวณร้อยละของผลที่ได้

### 2.2 การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการคาร์บอนซ์กลบ

นำกลบ 20 g ใส่ในภาชนะเซรามิกมีฝาปิด ทำการเผาที่อุณหภูมิ 350 450 550 650 และ  $750^{\circ}C$  เป็นเวลา 60 min โดยอัตราการให้ความร้อน  $5^{\circ}C\ min^{-1}$  วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย และปริมาณคาร์บอนคงตัว ของถ่านชาร์ตามมาตรฐานของ ASTM D7582-15 ด้วยเครื่อง Macro TGA

### 2.3 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้นถ่านชาร์

นำถ่านชาร์ที่คาร์บอนซ์ที่  $650^{\circ}C$  เป็นเวลา 60 h แช่ในสารละลายอิมมัลชัน  $ZnCl_2$  ในอัตราส่วนสารกระตุ้นต่อถ่านชาร์ 3.11 : 1  $w\ w^{-1}$  เป็นเวลา 24 h (Threethawat, 2014) นำไปกระตุ้นด้วยเตาไมโครเวฟด้วยกำลังไฟฟ้า 800 W (Thongchat, 2016) เป็นเวลา 0 5 10 15 20 และ 30 s วิเคราะห์พื้นที่ผิวด้วยวิธี Brunaur-emmett-teller (BET) และถ่ายภาพเพื่อดูโครงสร้างรูพรุนของถ่านที่ถูกกระตุ้นด้วย Scanning electron microscope รุ่น Apreo

### 2.4 การศึกษาการปรับความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำทิ้งหลังการผลิตยางแผ่นด้วยถ่านกัมมันต์จากกลบ

เตรียมถ่านกัมมันต์จากกลบที่กระตุ้นด้วยเตาไมโครเวฟด้วยกำลังไฟฟ้า 800 W เป็นเวลา 15 min กรองด้วยตะแกรง ให้มีขนาด 0.48–1.21 mm เติมถ่านกัมมันต์ต่อน้ำเสียที่ผ่านการกรองด้วยตะแกรง 400 mesh ที่ปริมาณ 0:50 1:50 3:50 และ 5:50  $g\ ml^{-1}$  (Siriluk and Thongchat, 2016) ตั้งไว้ 7 d ทำการกรองถ่านกัมมันต์ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 41 นำน้ำวัดค่าความเป็นกรดเป็นเบสด้วยเครื่องวัดรุ่น Consort C830

## 3 ผลและวิจารณ์

### 3.1 การศึกษาสมบัติเบื้องต้นของกลบ

จากการวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นของกลบที่ใช้ในการทดลองพบว่าหลังจากอบที่อุณหภูมิ  $110^{\circ}C$  เป็นเวลา 24 h ได้ร้อยละของผลที่ได้เท่ากับ 95.21%

### 3.2 การศึกษาอุณหภูมิในการคาร์บอนซ์กลบ

ศึกษาสมบัติของอุณหภูมิเหมาะสมในการคาร์บอนซ์ของกลบที่อุณหภูมิต่างกัน 350 450 550 650 และ  $750^{\circ}C$  เป็น

เวลา 60 min ร้อยละของผลที่ได้ 59.07 42.4 37.75 36.24 และ 36.07% ตามลำดับ ดังผลการทดลองใน Figure 1 มีปริมาณร้อยละของคาร์บอนคงตัวดังผลการทดลองใน Table 1

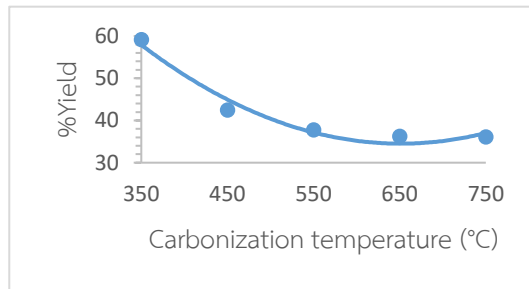


Figure 1 Effect of the carbonization temperature on yield.

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 350-750°C ที่ 350 และ 450°C สารระเหยในวัสดุชีวมวลอาจยังไม่สลายเป็นคาร์บอนคงตัวที่ 750°C มีปริมาณต่ำ ปริมาณร้อยละผลที่ได้ต่ำ ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การคาร์บอนไอโซอยู่ในช่วง 550-650°C สามารถเขียนกราฟแสดงแนวโน้มของร้อยละคาร์บอนคงตัวดังผลการทดลองใน Figure 2

Table 1 Effect of carbonization temperatures.

Temperature (°C)	%Weight			
	Moisture	Volatile matter	Fixed carbon	Ash
350	5.63 ±0.03	35.75 ±0.17	32.59 ±0.02	24.03 ±0.15
450	6.43 ±0.03	21.93 ±0.24	40.15 ±0.26	31.50 ±0.15
550	5.38 ±0.11	14.99 ±0.12	34.98 ±0.34	44.65 ±0.25
650	6.23 ±0.04	11.81 ±0.53	41.78 ±0.51	40.18 ±0.07
750	4.01 ±0.04	8.74 ±0.35	39.59 ±0.50	47.66 ±0.16

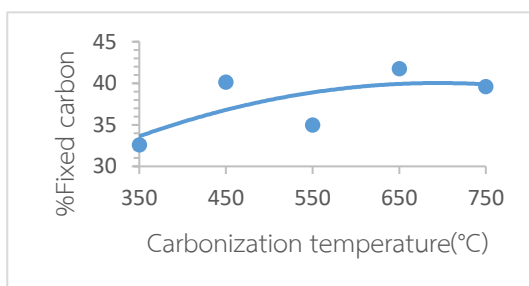


Figure 2 Effect of carbonization temperature on the fixed carbon.

### 3.3 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้นถ่านชาร์

นำถ่านชาร์ที่ผ่านคาร์บอนไอโซที่เหมาะสมกระตุ้นด้วยเตาไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 800 W เป็นเวลา 0 5 10 15 20 และ 30 min วิเคราะห์หาพื้นที่ผิวด้วยวิธี BET ผลการทดลองได้ดังผลการทดลองใน Table 2

Table 2 The BET analysis for activated carbon.

Activation time (min)	Surface area (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )
0	222.7
5	243.0
10	307.7
15	343.7
20	339.6
25	306.1

สามารถเขียนกราฟดังผลการทดลองใน Figure 3 พบว่าที่เวลา 15 min มีปริมาณพื้นที่ผิวสูงสุด เท่ากับ 343.7 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) จากการศึกษาลักษณะโครงสร้างอสังฐานวิทยาและรูปร่างลักษณะของผงถ่านกัมมันต์จากกล้วยด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) แสดงดังผลการทดลองใน Figure 4 โดยถ่ายภาคตัดขวางกำลังขยาย 10,000 เท่า

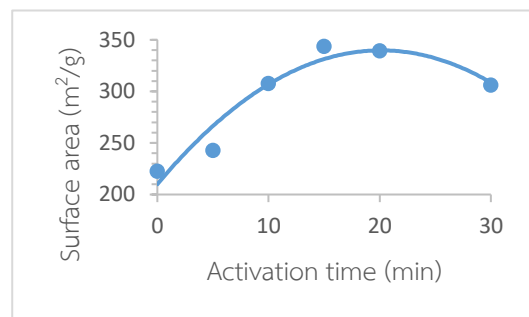


Figure 3 Effect of activated time on surface area.

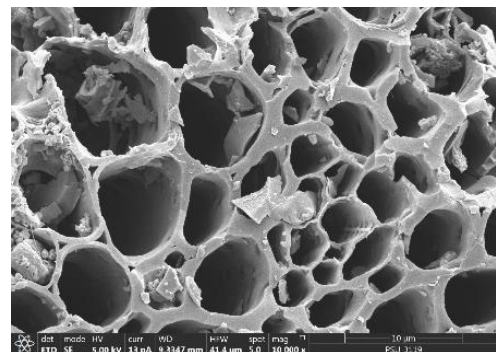


Figure 4 SEM Photographs at x10,000 magnification.

3.4 การศึกษาการปรับความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำทิ้งหลังการผลิตยางแผ่นด้วยถ่านกัมมันต์จากแกลบ

ผลการวัดค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำทิ้งหลังการผลิตยางแผ่นโดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ปริมาณที่ปริมาณ 0:50 1:50 3:50 และ 5:50 g ml<sup>-1</sup> ตั้งทิ้งไว้ 7 วัน ดังผลการทดลองใน Figure 5 ทำการวัดความเป็นกรดเป็นเบสได้ค่าดังแสดงใน Table 3



Figure 5 Activated carbon from rice husk to treat acidic wastewater.

Table 3 Effect weight of activated carbon on pH.

Weight of activated carbon (g)	pH after 7 days
0.0	5.97 ± 0.01
1.0	6.26 ± 0.06
3.0	6.42 ± 0.04
5.0	6.66 ± 0.03

4 สรุป

จากการศึกษาปัจจัยอุณหภูมิการเผาที่มีผลต่อร้อยละของคาร์บอนคงตัวโดยร้อยละคาร์บอนจะเพิ่มตามอุณหภูมิที่เผาจนถึงอุณหภูมิอยู่ในช่วง ที่ 650°C เป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม เมื่ออุณหภูมิสูงมากกว่านี้ปริมาณร้อยละของถ่านจะมีค่ามาก ส่วนที่สองการเป็นการผลิตถ่านกัมมันต์นำถ่านชาร์ที่คาร์บอนไนซ์ที่เหมาะสม แช่สารละลายอิมิตัว ZnCl<sub>2</sub> เป็นเวลา 24 h และกระตุ้นด้วยไมโครเวฟที่ 800 W เป็นเวลา 0-30 min ทดสอบพื้นที่ผิวด้วยวิธี BET ที่เวลา 15 min มีปริมาณพื้นที่ผิวสูงสุดเท่ากับ 343.3 m<sup>2</sup> g จากการถ่ายภาพด้วย SEM รูพรุนที่เกิดขึ้นมีลักษณะกลมเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในระดับไมโครเมตร ส่วนสุดท้ายFนำถ่านกัมมันต์จากแกลบที่มีพื้นที่ผิวสูงสุดเติมในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแผ่นเพื่อบำบัดน้ำเสียที่มีฤทธิ์เป็นกรดจากกระบวนการผลิตยางแผ่นโดยศึกษาปริมาณการใช้ถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมพบว่าที่ปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมในการดูดซับเท่ากับ 0.1 g ml<sup>-1</sup> ให้ค่า pH อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด

5 กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

6 เอกสารอ้างอิง

วัชรไชย ขมินทกุล, สุจิตรา กันยาริลาศ, พีรยา บุญสำเร็จ. 2558. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นและการตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสียด้วยตนเอง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แหล่งข้อมูล: [http://cac.pcd.go.th/images/ptechResource/PublishDoc/2558-CAC\\_treatment/CAC\\_manual-58.pdf](http://cac.pcd.go.th/images/ptechResource/PublishDoc/2558-CAC_treatment/CAC_manual-58.pdf). เข้าถึงเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2562.

วารุณี ศุภเสวตศิริธัญ. 2542. การคืนสภาพถ่านกัมมันต์ที่ใช้แล้ว. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2548. แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมยางแผ่นรมควัน. ISBN: 974-9669-83-5, 3/8.

กำพล ประทีปชัยกุล, ไพโรจน์ ศิริรัตน์, พีระพงศ์ ทิมสกุล 2549. การพัฒนาห้องอบยางแผ่นรมควันแบบประหยัด พลังงาน สำหรับกลุ่มสหกรณ์. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Laddawan, A., Supattra, I., Sumrit, M. 2008. Production of activated carbon from sugarcane leave. NU Science Journal, 210-220.

Nuchjira, D., Onpailin, S., Sirinuch, C. 2015. Preparation of activated carbon from macadamia shell by microwave irradiation activation. Energy Procedia 79, 727-732.

Saragi, M., Bhattachayya, S., Behera, R.C. 2009. Effect of temperature on morphology and phase transformation of nanocrystalline silica obtained from rice husk. Phase Transition 82(5), 377-386.

Somjai, K. 2002. A Study of Activated Carbon Production from Rice Huck. KKU Engineering Journal 29, 87-100.

Siriluk, T., Thongchat, C. 2516. Synthesis activated carbon from coffee residue by using microwave radiation. Ladkrabang Engineering Journal 33, 37-41.

Thongchat, C. 2016. Synthesis activated carbon from coffee residue by using microwave radiation. Ladkrabang Engineering Journal 33, 36-41.

Threethawat, S. 2014. Optimum conditions of activated carbon production from mimosa pigra L. using sodium chloride and zing chloride activation. KKU Engineering Journal, 527-535.

Varunee, S. 1999. Regeneration of Spent Activated Charcoal. Master's thesis. Bangkok, Thailand: Chemical Engineering, Chulalongkorn University.