

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดเหลือทิ้ง โดยการกระตุ้นทางเคมีด้วย
โซเดียมไฮดรอกไซด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

The Preparation of Activated Carbon from Waste Corncob Using
Chemical Activation by Sodium Hydroxide
and Potassium Hydroxide

ศิวัช ตั้งประเสริฐ* และสำเร็จ นราแก้ว

ศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมทางเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100

บทคัดย่อ

ถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดสามารถเตรียมโดยการกระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เพื่อหาสภาวะการกระตุ้นที่เหมาะสมระหว่างอัตราส่วนซังข้าวโพดกับสารกระตุ้นและอุณหภูมิการกระตุ้นถ่านกัมมันต์ถูกนำไปตรวจสอบโดยวัดค่าการดูดซับไอโอดีน ปริมาณเถ้า ความชื้น และขนาดรูพรุนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมถ่านกัมมันต์ซังข้าวโพดคือ กระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ อัตราส่วนคือ 1 : 4 และเผากระตุ้นที่ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ถ่านกัมมันต์มีค่าการดูดซับไอโอดีนเท่ากับ 979.57 มิลลิกรัมต่อกรัม ร้อยละเถ้าเท่ากับ 62.17 ร้อยละความชื้นเท่ากับ 4.83 และมีขนาดรูพรุนเท่ากับ 0.93 ± 0.25 ไมโครเมตร ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 900-2547)

คำสำคัญ : ถ่านกัมมันต์ ซังข้าวโพด การกระตุ้นทางเคมี

Abstract

The activated carbon was produced from corncobs that were prepared by soaking in sodium hydroxide or potassium hydroxide. The activated condition was optimised in terms of the ratio of corncob to the activation medium and heating temperature. The activated carbon was tested by the iodine absorption, ash, moisture and porous size using SEM. The optimum condition involved activation in potassium hydroxide at ratio of 1:4 and heat 600 °C for 3 h. The activated carbon absorbed iodine at a rate of 979.57 milligrams per gram, was 62.17% ash, has a moisture content of 4.83%, and pore size was 0.93 ± 0.25 μm . This activated carbon passed the benchmark from The Thai Industrial Standard Institute (TISI. 900-2004)

Keywords : Activated carbon, Corncob, Chemical activation

บทนำ

จังหวัดลำปางมีพื้นที่ทางการเกษตรทั้งหมด 1,086,818 ไร่ โดยมีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จำนวน 197,276 ไร่ กระจายไปทุกอำเภอ โดยปลูกมากที่สุดอยู่ที่ อำเภอวังเหนือ รองลงมาคือ อำเภองาว โดยผลผลิตจะออกสู่ตลาดตั้งแต่ปลายเดือน กันยายน – ธันวาคม (สำนักงานการเกษตรลำปาง 2559, สำนักงานพาณิชย์จังหวัดลำปาง 2561) เมื่อทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตเสร็จสิ้นพบว่ามีซังข้าวโพดเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตรอยู่มาก ซึ่งส่วนใหญ่จะทำลายทิ้ง เพื่อเตรียมพื้นที่ในการทำการเกษตรครั้งต่อไปโดยการเผาซังข้าวโพดจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดปัญหาหมอกควันและมลพิษทางอากาศ (รุจิรา 2556) ทางผู้วิจัยจึงมีความคิดนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์เพื่อเพิ่มมูลค่าทางการเกษตรต่อไป

ถ่านกัมมันต์เป็นถ่านที่นำมาผ่านกระบวนการคาร์บอนไนซ์โดยการเผาและใช้แรงดันที่อุณหภูมิสูง หรือการเผากระตุ้นทางเคมีซึ่งอุณหภูมิที่ใช้จะต่ำกว่าแต่ใช้สารเคมีกระตุ้น เช่น ซิงค์คลอไรด์ หรือ โซเดียมคลอไรด์ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีดำ มีรูพรุนสูง มีพื้นที่ผิวเป็นจำนวนมากทำให้สามารถดูดซับอนุภาคของสารได้ดี กล่าวคือ ถ่านกัมมันต์ 1 กรัม สามารถมีพื้นที่ผิวภายในโดยรวมระหว่าง 500-1,500 ตารางเมตร (วรลักษณ์ 2553) วัตถุประสงค์ในการผลิตส่วนใหญ่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มาผ่านกระบวนการกระตุ้น เช่น กะลามะพร้าว ชานอ้อย กะลาปาล์ม ไม้ไผ่ หรือพวกถ่านหินประเภทลิกไนต์ เป็นต้น (ปานฉัตร 2554) ถ่านกัมมันต์สามารถนำไปใช้ได้หลากหลาย เช่น ในอุตสาหกรรมน้ำตาล อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม ทั้งยังใช้ในการดูดซับสี กลิ่นก๊าซ หรือโลหะหนัก ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย (สัมพันธ์ และคณะ 2559) งานวิจัยนี้จึงเป็นการนำเอาของเหลือทิ้งทางการเกษตรคือ ซังข้าวโพดมาเป็นวัตถุประสงค์ในการผลิตถ่านกัมมันต์ โดยใช้วิธีกระตุ้นทางเคมีโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากเป็นสารเคมีที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น และกระบวนการที่ใช้ในการทำถ่านกัมมันต์เหมือนงานวิจัยอื่น ๆ เพียงแต่งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้อุปกรณ์ที่สามารถหาได้ในชุมชน เช่น อุปกรณ์ที่ใช้ใส่ถ่านเผาคือหม้อดินเผา ส่วนเตาเผาเป็นการประยุกต์ใช้จากเตาเผาเซรามิกมือสอง โดยคาดหวังให้ถ่านกัมมันต์ที่ทำการเตรียมขึ้นมาผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 900-2547) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2547) เพื่อนำไปใช้ต่อยอดในเชิงพาณิชย์ และยังเป็นการลดปัญหามลพิษทางอากาศได้อีกทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อเตรียมและทดสอบการดูดซับสารละลายไอโอดีนตามมาตรฐาน ปริมาณแก้วตามมาตรฐาน ความชื้นตามมาตรฐานและขนาดรูพรุนของถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดที่กระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

วิธีดำเนินการวิจัย

นำซังข้าวโพดมาสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 1-2 เซนติเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นแล้วนำมาเผาให้เป็นถ่านซังข้าวโพดที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นแล้วนำมาแช่กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) อัตราส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 1 : 2, 1 : 4 และ 1 : 6 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง กรองแล้วนำมาอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเผากระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิ 600, 700 และ 800 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที นำถ่านกัมมันต์ที่ได้มาล้างน้ำให้มี pH เป็นกลางแล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงโดยแสดงสภาวะการทดลองในตารางที่ 1 นำถ่านกัมมันต์ที่ได้มาทำการวิเคราะห์สมบัติดังนี้ 1) วิเคราะห์ค่าการดูดซับไอโอดีนตามมาตรฐาน ASTM D4607-94 2) วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นตามมาตรฐาน ASTM D3173-95 3) วิเคราะห์หาปริมาณแก้วตามมาตรฐาน ASTM D3174-95 และ 4) วิเคราะห์หาขนาดของรูพรุนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และนำไปเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 900-2547)

ตารางที่ 1 แสดงสภาวะการเตรียมถ่านกัมมันต์

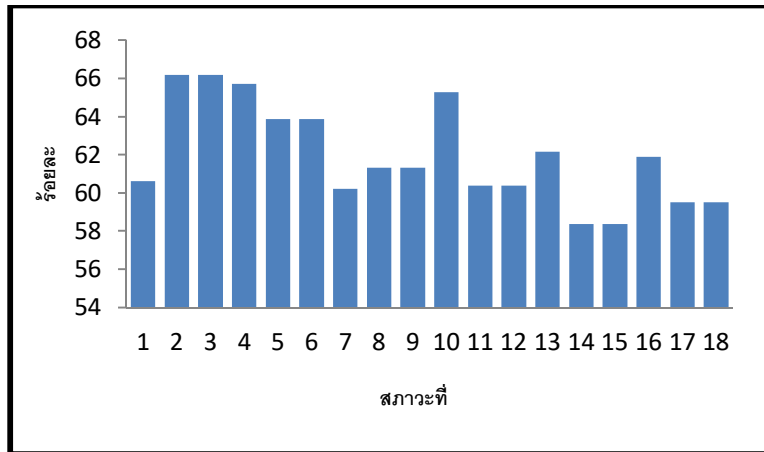
สภาวะ ที่	สาร กระตุ้น	อัตราส่วน โดย น้ำหนัก ของถ่าน ต่อสาร กระตุ้น	อุณหภูมิ กระตุ้น (C°)	สภาวะ ที่	สาร กระตุ้น	อัตราส่วน โดย น้ำหนัก ของถ่าน ต่อสาร กระตุ้น	อุณหภูมิ กระตุ้น (C°)
1	NaOH	1:2	600	10	KOH	1:2	600
2			700	11			700
3			800	12			800
4		1:4	600	13		1:4	600
5			700	14			700
6			800	15			800
7		1:6	600	16		1:6	600
8			700	17			700
9			800	18			800

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

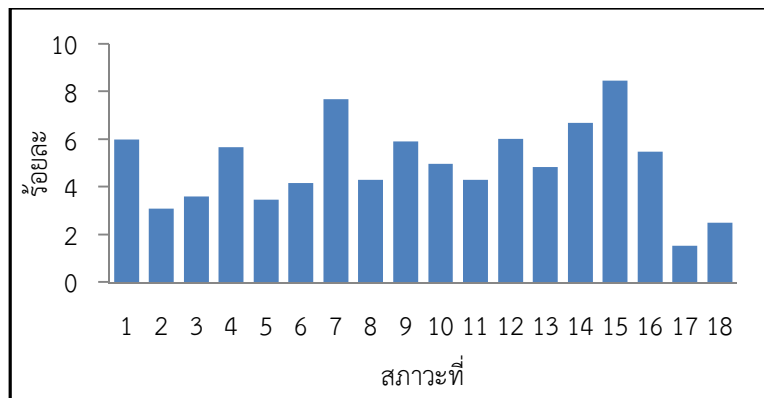
การเตรียมและศึกษาสมบัติของถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดเหลือทิ้งจากการเกษตรกรรม โดยวิธีการกระตุ้นทางเคมีด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยเริ่มจากการเผาซังข้าวโพดที่เป็นของเหลือทิ้งจากการเกษตรกรรมให้กลายเป็นถ่านที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ได้เป็นถ่านซังข้าวโพดสีดำ เมื่อนำไปทำการกระตุ้นและนำมาวิเคราะห์หาค่าร้อยละเถ้า ร้อยละความชื้น และหาค่าการดูดซับไอโอดีนจะได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2 และภาพที่ 1-3

ตารางที่ 2 แสดงค่าร้อยละเถ้า ร้อยละความชื้น และหาค่าการดูดซับไอโอดีน จากสถานะการเตรียมถ่านกัมมันต์จากขังข้าวโพด

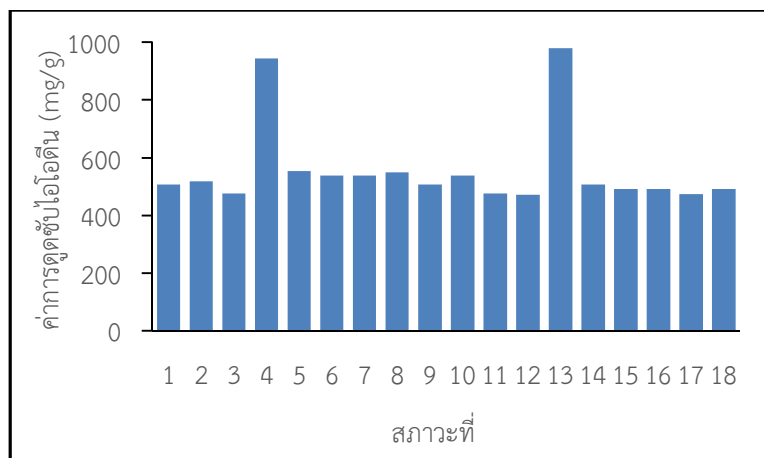
สถานะที่	ร้อยละเถ้า	ร้อยละความชื้น	ค่าการดูดซับไอโอดีน (mg/g)
1	60.63±2.83	6.00±0.59	507.73
2	66.21±2.24	3.08±0.14	520.27
3	66.21±2.24	3.61±1.11	476.48
4	65.74±1.20	5.68±0.59	945.75
5	63.89±0.95	3.45±0.22	554.50
6	63.89±0.95	4.17±0.85	539.01
7	60.22±4.23	7.68±1.66	538.36
8	61.33±4.85	4.31±1.49	551.25
9	61.33±4.85	5.92±1.05	507.22
10	65.29±0.53	4.96±3.43	539.26
11	60.40±2.47	4.30±2.67	476.48
12	60.40±2.47	6.01±0.07	471.84
13	62.16±4.20	4.83±2.61	979.57
14	58.38±2.80	6.69±1.18	508.12
15	58.38±2.80	8.46±4.27	492.22
16	61.89±0.99	5.49±1.62	492.82
17	59.53±1.42	1.54±0.17	475.80
18	59.53±1.42	2.49±1.38	491.73



ภาพที่ 1 แสดงค่าร้อยละได้จากสภาวะการเตรียมถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพด



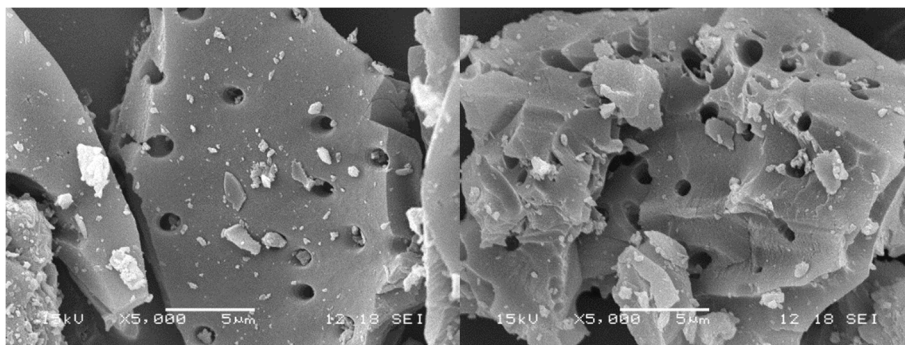
ภาพที่ 2 แสดงค่าร้อยละความชื้นจากสภาวะการเตรียมถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพด



ภาพที่ 3 แสดงค่าการดูดซับไอโอดีน จากสภาวะการเตรียมถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพด

จากการทดลองที่ได้พบว่าค่าร้อยละเถ้าอยู่ระหว่าง 58–67 ส่วนร้อยละความชื้นอยู่ระหว่าง 1–9 และค่าการดูดซับไอโอดีนมีค่าอยู่ระหว่าง 470–980 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งจากเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 900–2547) กำหนดว่าถ่านกัมมันต์จะต้องมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์มากกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม และมีร้อยละความชื้นน้อยกว่า 8 ทำให้ถ่านกัมมันต์ที่ทำการสังเคราะห์ขึ้นมาามีเพียง 2 สภาวะที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือ ถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดที่ถูกกระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 1 : 4 เผากระตุ้นที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทั้งคู่ที่ได้ค่าการดูดซับไอโอดีนคือ 945.75 และ 979.57 มิลลิกรัมต่อกรัม และร้อยละความชื้นเท่ากับ 5.6850 ± 0.5913 กับ 4.8314 ± 2.6186 ตามลำดับ กล่าวคือถ้ามีปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มากพอส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาการกระตุ้นกับพื้นผิวถ่านได้ดีทำให้โครงสร้างรูพรุนของถ่านกัมมันต์ขยายออก ส่งผลให้ความพรุนของถ่านกัมมันต์เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าการดูดซับไอโอดีนเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารกระตุ้น แต่ถ้าอัตราส่วนเพิ่มมากเกินไปจะทำให้ค่าการดูดซับไอโอดีนกลับมีค่าลดลง แสดงว่าปริมาณสารกระตุ้นที่มากเกินไปจะไปอุดปิดรูพรุนบางส่วนภายในของถ่านกัมมันต์ ส่งผลให้ความพรุนของถ่านกัมมันต์ลดลงความสามารถในการดูดซับก็ลดลง (Weerachanchai et al., 2007) ส่วนผลของอุณหภูมิพบว่าที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮดรอกไซด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ กับถ่านจากซังข้าวโพด เกิดได้ดีส่งผลให้ความพรุนของถ่านกัมมันต์เพิ่มขึ้น (Punsuwan and Tangsathikulchai, 2006) แต่เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 600 องศาเซลเซียสที่ทุกสภาวะการเตรียมถ่านกัมมันต์ที่ได้กลับมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์มีค่าลดลงเนื่องจากการหดตัวของโครงสร้างรูพรุนทำให้ผนังของรูพรุนยุบตัวและเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของโครงสร้างรูพรุนปริมาณรูพรุนและพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์จึงลดลงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการดูดซับลดลง (Kaustubha et al., 2005, Serkan et al., 2006 and Tsai et al., 2001)

นำถ่านกัมมันต์ที่ได้ตามมาตรฐานมาทำการหาขนาดของรูพรุนด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนได้รูปดังภาพที่ 4 เมื่อทำการวิเคราะห์ขนาดของรูพรุนจากการกระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ได้ค่าเท่ากับ 1.13 ± 0.16 และ 0.93 ± 0.25 ไมโครเมตร ตามลำดับ ได้ว่าขนาดรูพรุนของถ่านกัมมันต์ที่ถูกกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์มีขนาดเล็กกว่าถ่านกัมมันต์ที่ถูกกระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งทำให้โอกาสที่จะเกิดมีรูพรุนจำนวนมากส่งผลให้มีพื้นที่ในการดูดซับไอโอดีนได้มากกว่า แต่เนื่องจากขนาดของรูพรุนไม่แตกต่างกันมากนักทำให้ค่าการดูดซับไอโอดีนของทั้งสองสารกระตุ้นที่ได้ใกล้เคียงกันคือ 945.75 และ 979.57 มิลลิกรัมต่อกรัม ของสารกระตุ้นโซเดียมไฮดรอกไซด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ตามลำดับ



ภาพที่ 4 แสดงรูพรุนของถ่านกัมมันต์ที่ถูกกระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ซ้าย) และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (ขวา)

สรุปผลการวิจัย

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดที่เป็นของเหลือทิ้งโดยวิธีการกระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ พบว่าสภาวะการเตรียมถ่านกัมมันต์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 900-2547) คือ สภาวะจากการกระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ อัตราส่วนคือ 1 : 4 และเผากระตุ้นที่ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และสภาวะที่ดีที่สุดของการทดลองนี้คือกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ อัตราส่วนคือ 1 : 4 เผากระตุ้นที่ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ได้ถ่านกัมมันต์มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์เท่ากับ 979.57 มิลลิกรัมต่อกรัม ร้อยละเถ้าเท่ากับ 62.17 ร้อยละความชื้นเท่ากับ 4.83 และมีขนาดรูพรุนเท่ากับ 0.93 ± 0.25 ไมโครเมตร

เอกสารอ้างอิง

- ปานฉัตร กลัดเจริญ. 2554. การผลิตและทดสอบถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการแยกสลายไผ่รวมด้วยความร้อน. [วิทยานิพนธ์]. [เชียงใหม่] : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รุจิรา ปิ่นแก้ว. 2556. การผลิตและการเตรียมถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดเพื่อใช้ในการดูดซับ. เอกสารงานวิจัย สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- วรลักษณ์ คุณทะสิงห์. 2553. การใช้คลื่นอุลตราโซนิกช่วยกระบวนการคายสารดูดซับสำหรับระบบดูดซับแบบของแข็งที่ใช้ถ่านกัมมันต์และเมทานอล. [วิทยานิพนธ์]. [เชียงใหม่] : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- สัมพันธ์ สร้อยกล่อม อัจฉรา แสนฟ้างำ จุฑามาศ ทิพย์เนตร และ โสภา กลิ่นจันทร์ . 2559. การผลิตถ่านกัมมันต์จากชีวมวลเปลือกมังคุดเพื่อกำจัดโลหะหนักการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54(2) : 119-125.
- สำนักงานการเกษตรลำปาง. 2559. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 18 เมษายน 2561]. เข้าถึงได้จาก <http://www.lampang.doae.go.th>
- สำนักงานพาณิชย์จังหวัดลำปาง. 2561. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 18 เมษายน 2561]. เข้าถึงได้จาก <http://www.dit.go.th>
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 900-2547) ถ่านกัมมันต์. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม เล่มที่ 121 ตอนที่ 79ง.
- Mohanty, K., Jha, M., Meikap, B. C. and Biswas, M. N. 2005. Preparation and Characterization of Activated Carbons from Terminalia Arjuna Nut with Zinc Chloride Activation for the Removal of Phenol from Wastewater. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 44 : 4128-4138.
- Punsuwan, N. and Tangsathitkulchai, C. 2014. Product Characterization and Kinetics of Biomass Pyrolysis in a Three-Zone Free-Fall Reactor. *International Journal of Chemical Engineering* 10.
- Weerachanchai, P., Tangsathitkulchai, C. and Tangsathitkulchai, M. 2007. Fuel Properties and Chemical Compositions of Bio-Oils from Biomass Pyrolysis, SAE Technical Paper, 2007-01-2024.
- Timur, S., Ikizoglu, E. and Yanik, J. 2006. Preparation of Activated Carbons from Oreganum Stalks by Chemical Activation. *Energy and Fuels* 20 : 2636-2641.
- Tsai, W. T., Chang, C. Y., Lee, S. L. and Wang, S. Y. 2001. Thermogravimetric Analysis of Corn Cob Impregnated with Zinc Chloride for Preparation of Activated Carbon. *Journal of Thermal Analysis Calorimetry* 63 : 351-357.