



KKU Engineering Journal

<http://www.en.kku.ac.th/enjournal/th/>

การผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกถั่วลิสงโดยการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกและพลังงานไมโครเวฟ

Production of activated carbon from peanut hill using phosphoric acid and microwave activation

วีระวัฒน์ คลอวุฒิมินทร์ และ พรสวรรค์ อัสวาเสงรัตน์*

Weerawat Clowutimon and Pornsawan Assawasaengrat*

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 10520

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand.

Received March 2014

Accepted September 2014

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกถั่วลิสงโดยการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกและพลังงานไมโครเวฟศึกษาอุณหภูมิในการคาร์บอนไนซ์ที่ 300 350 400 และ 450 องศาเซลเซียส เวลาในการคาร์บอนไนซ์ที่ 30 60 และ 90 นาที พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการคาร์บอนไนซ์ คืออุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ได้ปริมาณผลที่ได้ของผลิตภัณฑ์ 38.99 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์บอนคงตัว 68.68 เปอร์เซ็นต์จากนั้นทำการกระตุ้นถ่านชาร์ที่ได้ด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตรและพลังงานไมโครเวฟโดยศึกษาอัตราส่วนน้ำหนักรถ่านชาร์ต่อปริมาตรกรดฟอสฟอริก 1:1 1:2 และ 2:1 กำลังไฟฟ้าของเตาไมโครเวฟในการกระตุ้นที่ 300 500 และ 700 วัตต์ และเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นในเตาไมโครเวฟ 30 60 และ 90 วินาที พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการกระตุ้น คือ ที่อัตราส่วนน้ำหนักรถ่านชาร์ต่อปริมาตรกรดฟอสฟอริกเป็น 1:2 ใช้กำลังไฟฟ้าของเตาไมโครเวฟ 700 วัตต์ และกระตุ้นเป็นเวลานาน 90 วินาที จะได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวและปริมาณรูพรุนสูงสุดเท่ากับ 303.1 ตารางเมตรต่อกรัม และ 0.140 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัมตามลำดับ มีประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีนสูงสุดคือ 418 มิลลิกรัมไอโอดีนต่อกรัมถ่านกัมมันต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกเพียงอย่างเดียว พบว่า มีประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีนเพิ่มขึ้น 31 เปอร์เซ็นต์และสอดคล้องกับผลการศึกษาพื้นที่ผิวและปริมาณรูพรุนที่พบว่ามีค่าสูงขึ้น หลังจากผ่านการกระตุ้นร่วมโดยใช้พลังงานไมโครเวฟ

คำสำคัญ : ถ่านกัมมันต์ เปลือกถั่วลิสง การกระตุ้นด้วยไมโครเวฟ

Abstract

The optimum conditions for preparing activated carbon from peanut hulls by phosphoric acid and microwave activation were studied. Factors investigated in this study were temperature of carbonization at 300, 350, 400 and 450 °C, and time of carbonization at 30, 60 and 90 minutes. The optimum yield was observed that carbonization temperature of 400°C and time at 60 minutes, respectively. The yield of charcoal was 39% and the fix carbon was 69%. Then the charcoal was activated by phosphoric acid and microwave irradiation,

* Corresponding author. Tel.: +66-2329-8360-3 Ext. 140

Email address: weerawat_c@yahoo.com (Clowutimon, W.), kkpomsa@kmitl.ac.th* (Assawasaengrat, P.)

doi: 10.14456/kkuenj.2015.19

respectively. The effect of the weight per volume ratios of charcoal to activating acid (1:1, 1:2 and 2:1(W/V)), microwave power at (activated 300, 500 and 700 watts), and activated time (30, 60 and 90 seconds) were studied. The results showed that the optimum conditions for activating peanut charcoal were 1:2 (W/V) charcoal per activating acid, microwave power 700 watts for 90 seconds. The results yielding maximum surface area by BET method was 303.1 m²/g and pore volume was 0.140 cm³/g. An efficiency of maximum iodine adsorption was 418 mg iodine/g activated carbon. Comparing the adsorption efficiency of non- irradiated and irradiated activated carbon, the efficiency of irradiated activated carbon improved up to 31%, due to its larger surface area and pore volume.

Keywords : Activated carbon, Peanut hull, Microwave activation

1. บทนำ

ถ่านกัมมันต์ เป็นถ่านที่มีความพรุน มีพื้นที่ผิวสูง นิยมใช้เป็นตัวดูดซับโดยใช้ดูดสี ดูดกลิ่น สารปนเปื้อนต่าง ๆ และสารประกอบอินทรีย์ทั้งในรูปของเหลวและก๊าซ [1-2] การผลิตถ่านกัมมันต์ทำได้โดยการนำเอาวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น กะลามะพร้าว แกลบ เปลือกถั่วลิสง มาผ่านกระบวนการคาร์บอนไนท์ให้กลายเป็นถ่านชาร์แล้วนำมากระตุ้นเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุน การกระตุ้นถ่านกัมมันต์แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การกระตุ้นทางกายภาพ ซึ่งใช้ความร้อนสูง 800 - 1000°C และการกระตุ้นทางเคมี ซึ่งใช้สารเคมีควบคู่กับการใช้ความร้อน ซึ่งใช้พลังงานและระยะเวลาน้อยกว่าการกระตุ้นทางกายภาพ การใช้เตาไมโครเวฟในการกระตุ้นทางเคมี เป็นอีกทางเลือก เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการกระตุ้นน้อยกว่าการกระตุ้นทางเคมี โดยสารเคมีที่นิยมใช้ได้แก่ซิงค์คลอไรด์ แต่ซิงค์คลอไรด์ที่เหลือจากกระบวนการนั้น เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังมีสารเคมีอื่นๆ เช่น กรดฟอสฟอริก และโซเดียมไฮดรอกไซด์

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ถั่วลิสงเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูก ทำให้มีเปลือกถั่วลิสงเหลือจากอุตสาหกรรมเกษตรเป็นจำนวนมาก โดยส่วนใหญ่นำมาทำเป็นปุ๋ยธรรมชาติ แต่จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเปลือกถั่วลิสงมีความสามารถในการดูดซับสีย้อม [3] และถ่านกัมมันต์จากเปลือกถั่วลิสงสามารถดูดซับไอเบนซีน [4] ดังนั้นเปลือกถั่วลิสงจึงเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจในการนำมาผลิตถ่านกัมมันต์

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกถั่วลิสงโดยการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกและพลังงานไมโครเวฟ ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ อุณหภูมิของการคาร์บอนไนท์ เวลาในการคาร์บอนไนท์ อัตราส่วนของถ่านชาร์ต่อปริมาตรกรดฟอสฟอริก กำลังไฟฟ้าของไมโครเวฟ ระยะเวลาในการกระตุ้นด้วยไมโครเวฟ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไอเบนซีนของถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกและพลังงานไมโครเวฟและถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกเพียงอย่างเดียว

2. วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมและวิเคราะห์คุณสมบัติของเปลือกถั่วลิสง

บดเปลือกถั่วลิสงที่ล้างสะอาด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 12 เมช วิเคราะห์ปริมาณความชื้นปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย และปริมาณคาร์บอนคงตัว ของเปลือกถั่วลิสงตามมาตรฐานของ ASTM D 3173-95 ASTM D 3174-95 ASTM D 3175-95 ตามลำดับ

2.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการคาร์บอนไนท์เปลือกถั่วลิสง

บรรจุเปลือกถั่วลิสงบด 5 กรัมเข้าเครื่องปฏิกรณ์ และเผาภายใต้บรรยากาศของไนโตรเจน ด้วยอุณหภูมิ 300 350 400 และ 450 °C และระยะเวลา 30 60 และ 90 นาที วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนคงตัวและร้อยละผลได้ของถ่านชาร์ที่ได้

2.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกระตุ้นถ่านชาร์

แช่ถ่านชาร์ในกรดฟอสฟอริกเข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตรในอัตราส่วน 1:1 1:2 และ 2:1 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปกระตุ้นด้วยเตาไมโครเวฟด้วยกำลังไฟฟ้าระหว่าง 300 500 และ 700 วัตต์ เป็นเวลา 30 60 และ 90 วินาที ล้างถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยเบสและน้ำกลั่นจนเป็นกลาง นำไปอบให้แห้ง ทดสอบคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ได้ด้วยการดูดซับไอโอดีนตามมาตรฐาน ASTM D 24607-86 และวิเคราะห์พื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนด้วยวิธี BET เปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกเพียงอย่างเดียว

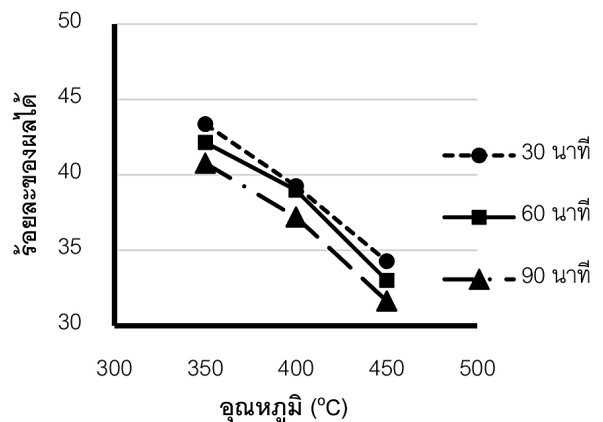
3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของเปลือกถั่วลิสง

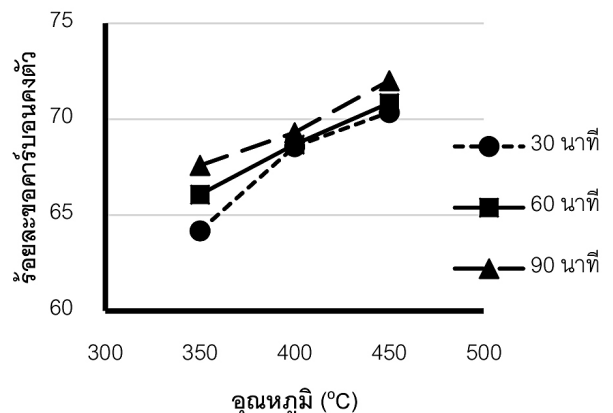
จากการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของเปลือกถั่วลิสงที่ใช้ในการทดลอง พบว่า ปริมาณความชื้น 10.36 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้า 5.19 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารระเหย 81.31 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณคาร์บอนคงตัว 3.14 เปอร์เซ็นต์

3.2 สภาวะที่เหมาะสมในการคาร์บอนไนซ์เปลือกถั่วลิสง

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิการคาร์บอนไนซ์ที่อุณหภูมิ 300 350 400 และ 450 °C ต่อร้อยละผลที่ได้ของถ่านชาร์ ดังแสดงในรูปที่ 1 พบว่าการคาร์บอนไนซ์ที่อุณหภูมิ 300 °C เปลือกถั่วลิสงบางส่วนยังไม่เปลี่ยนเป็นถ่านชาร์ แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการคาร์บอนไนซ์ ร้อยละของผลที่ได้มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงๆ ปริมาณความร้อนที่มีมากจะเป็นตัวไล่สารระเหยออกจากถ่านชาร์ ปริมาณสารระเหยที่เหลือในถ่านชาร์จึงมีค่าต่ำลง ซึ่งสอดคล้องกับผลของปริมาณคาร์บอนคงตัวที่วิเคราะห์ ดังแสดงในรูปที่ 2 แต่ทว่า การเพิ่มอุณหภูมิในการคาร์บอนไนซ์ จาก 400 เป็น 450 °C พบว่าปริมาณคาร์บอนคงตัวมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งเป็นผลมาจากการมีน้ำมันาร์อุดตันรูพรุนทำให้ไม่สามารถไล่สารระเหยออกจากถ่านชาร์ได้อีกซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Lua และ Yang ที่ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกพิทาชิโอ [5]



รูปที่ 1 ผลของอุณหภูมิการคาร์บอนไนซ์ต่อค่าร้อยละของผลที่ได้ของถ่านชาร์



รูปที่ 2 ผลของอุณหภูมิการคาร์บอนไนซ์ต่อค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านชาร์

จากการพิจารณาถ่านชาร์ที่สังเคราะห์จากเปลือกถั่วลิสง พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการคาร์บอนไนซ์ คือ ที่อุณหภูมิ 400 °C เป็นเวลานาน 60 นาที เนื่องจากเป็นภาวะที่มีร้อยละของผลที่ได้ของถ่านชาร์และปริมาณคาร์บอนคงตัวมาก ซึ่งหากใช้อุณหภูมิและเวลาในการคาร์บอนไนซ์ที่สูงกว่านี้ ก็จะได้ปริมาณคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้นไม่มากนักแต่ร้อยละของผลที่ได้กลับลดลงในอัตราส่วนที่มากกว่าอีกทั้งที่อุณหภูมิและเวลาการคาร์บอนไนซ์สูงๆ ยังเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่า

3.3 การกระตุ้นถ่านชาร์

จากการศึกษาผลของอัตราส่วนของน้ำหนักรถถ่านชาร์ต่อปริมาตรกรดฟอสฟอริกเข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตรที่อัตราส่วน 1:1 1:2 และ 2:1 และนำไปกระตุ้นต่อด้วยพลังงานไมโครเวฟ โดยวัดประสิทธิภาพของตัวดูดซับด้วยการดูดซับไอโอดีนให้ผลการทดลองดังรูปที่ 3 จากรูปที่ 3 พบว่าที่เวลา 90 นาที อัตราส่วนของน้ำหนักรถถ่านชาร์ต่อปริมาตรกรดฟอสฟอริกเป็น 1:2 เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากที่อัตราส่วน 1:1 และ 2:1 ปริมาณกรดที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาไม่เพียงพอ กับปริมาณถ่านชาร์ทำให้ความสามารถในการกำจัดน้ำมันที่ดูดซับในรูปของผล ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพในการดูดซับไอโอดีนลดลงด้วย จากงานวิจัยของ Jagtoyen and Derbishire [6] พบว่ากรดฟอสฟอริกมีหน้าที่สำคัญในการกระตุ้นให้เกิดถ่านกัมมันต์โดยกรดฟอสฟอริกจะทำหน้าที่ในการสลายสารอินทรีย์จากสารโมเลกุลใหญ่ให้เป็นสารโมเลกุลเล็ก และเมื่อถูกเผาทำให้สารอินทรีย์ดังกล่าวสลายตัวได้ง่ายขึ้น ซึ่งส่งผลให้ถ่านชาร์มีรูพรุนมากขึ้น และทำให้เกิดการจัดเรียงตัวของโครงสร้างคาร์บอนในลักษณะเป็นร่างแห

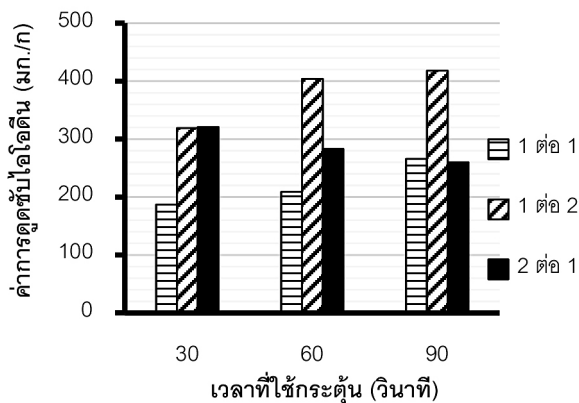
การศึกษามูลของกำลังไฟฟ้าที่ 300 500 และ 700 วัตต์ ในการกระตุ้นต่อประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักรถถ่านชาร์ต่อปริมาตรกรดฟอสฟอริกที่เหมาะสมในการกระตุ้นซึ่งได้จากผลการทดลองข้างต้น คือ อัตราส่วน 1:2 แสดงดังรูปที่ 4 พบว่ากำลังไฟฟ้าของไมโครเวฟ 700 วัตต์ ที่เวลา 90 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกระตุ้นถ่านกัมมันต์ เมื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซับสารละลายไอโอดีนมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากที่กำลังไฟฟ้าสูงปฏิกิริยาระหว่างกรดฟอสฟอริกซึ่งเป็นสารกระตุ้นจะเกิดปฏิกิริยาได้ดี ทำให้เกิดรูพรุนแบบเมโซพอร์ได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลให้องค์ประกอบที่เป็นสารระเหย และน้ำมันที่ลอยบนเปลือกถังลึกลงตัวออกจากถ่านกัมมันต์

การศึกษาเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นในไมโครเวฟต่อประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านกัมมันต์โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักรถถ่านชาร์ต่อปริมาตรกรดฟอสฟอริกคือ 1:2

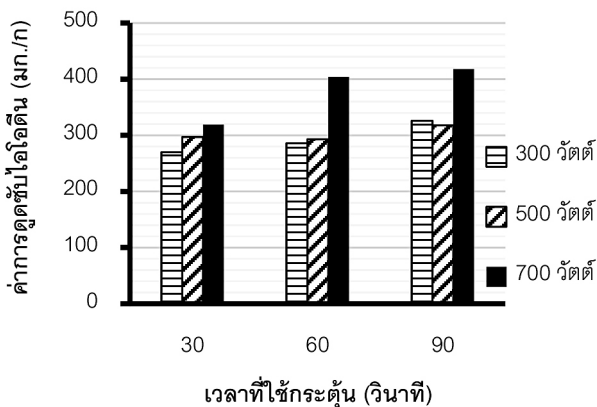
พบว่า การเพิ่มระยะเวลาในการกระตุ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพในการดูดซับไอโอดีนมีค่าเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มคงที่ เนื่องจากสามารถกำจัดสารระเหยและน้ำมันที่ลอยออกจากรูพรุนของถ่านกัมมันต์ได้มากขึ้น แต่หากใช้ระยะเวลาในการกระตุ้นมากเกินไป จะทำให้รูพรุนของถ่านกัมมันต์สูญเสียโครงสร้าง ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับมีค่าลดลง [7] ส่วนผลการศึกษาผลของกำลังไฟฟ้าที่ 300 500 และ 700 วัตต์ ในการกระตุ้นต่อประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์พบว่า เมื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซับสารละลายไอโอดีนมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากที่กำลังไฟฟ้าสูงปฏิกิริยาระหว่างกรดฟอสฟอริกซึ่งเป็นสารกระตุ้นจะเกิดปฏิกิริยาได้ดี ทำให้เกิดรูพรุนแบบเมโซพอร์ได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลให้องค์ประกอบที่เป็นสารระเหย และน้ำมันที่ลอยบนเปลือกถังลึกลงตัวออกจากถ่านกัมมันต์ได้ดียิ่งขึ้น [8] โดยสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกระตุ้นถ่านกัมมันต์คือ ที่กำลังไฟฟ้าของไมโครเวฟ 700 วัตต์ ที่เวลา 90 นาที และสามารถวัดประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีนได้เท่ากับ 418 มิลลิกรัมไอโอดีนต่อกรัมตัวดูดซับ

3.4 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ด้วยวิธี BET

จากการศึกษาพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากถ่านชาร์ด้วยอัตราส่วนน้ำหนักรถถ่านชาร์ต่อปริมาตรกรดฟอสฟอริก 1:2 และกำลังไฟฟ้าของเตาไมโครเวฟ 700 วัตต์ ด้วยวิธีการของ BET ผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 1 ซึ่งจากตาราง พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยอัตราส่วนน้ำหนักรถถ่านชาร์ต่อปริมาตรกรดฟอสฟอริก 1:2 และกำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ เป็นเวลา 90 วินาที มีพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนสูงสุด เท่ากับ 303.1 ตารางเมตรต่อกรัม และ 0.140 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองดูดซับไอโอดีน เนื่องจากพื้นที่ผิวเป็นปัจจัยที่สำคัญของการดูดซับ โดยเมื่อพื้นที่ผิวของตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถในการดูดซับมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 3 ผลของอัตราส่วนของถ่านชาร์ตต่อปริมาณกรดฟอสฟอริกต่อประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ ที่กระตุ้นด้วยพลังงานไมโครเวฟ 700 วัตต์



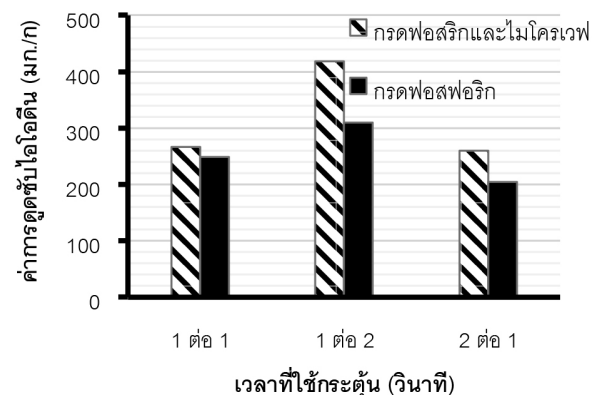
รูปที่ 4 ผลของกำลังไฟฟ้าของเตาไมโครเวฟและระยะเวลาการกระตุ้นต่อประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วน 1:2

ตารางที่ 1 พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วนน้ำหนักของถ่านชาร์ตต่อปริมาณกรดฟอสฟอริก 1:2 และกำลังไฟฟ้า 700 วัตต์

เวลาที่ใช้ในการกระตุ้น (วินาที)	พื้นที่ผิวจำเพาะ (m ² /g)	ปริมาตรรูพรุน (cm ³ /g)	ขนาดรูพรุน (Å ^o)
30	16.3	0.041	19.22
60	86.9	0.068	14.30
90	303.1	0.140	13.89

3.5 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกและพลังงานไมโครเวฟ และถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกเพียงอย่างเดียว

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยพลังงานไมโครเวฟ และถ่านกัมมันต์ที่ไม่ผ่านการกระตุ้นด้วยพลังงานไมโครเวฟแสดงดังรูปที่ 5 โดยจากรูป พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยพลังงานไมโครเวฟมีประสิทธิภาพในการดูดซับไอโอดีนสูงกว่าถ่านกัมมันต์ที่ไม่ผ่านการกระตุ้นด้วยพลังงานไมโครเวฟ เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูง ทำให้สามารถทะลุผ่านถ่านชาร์ตและเกิดความร้อนขึ้นภายในอนุภาคของถ่านชาร์ตได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังช่วยกำจัดน้ำมันหยาบและสารระเหยที่อุดตันอยู่ในรูพรุนของถ่านชาร์ต ทำให้ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีประสิทธิภาพในการดูดซับเพิ่มขึ้น โดยที่อัตราส่วนของน้ำหนักถ่านชาร์ตต่อปริมาณกรดฟอสฟอริก 1:2 ถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยพลังงานไมโครเวฟมีประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีนเพิ่มขึ้น 31 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 5 ผลการเปรียบเทียบการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกในอัตราส่วนต่างๆ ที่กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์เวลา 90 วินาที

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของถ่านกัมมันต์จากวัสดุธรรมชาติอื่นๆ

วัสดุที่ใช้ ในการ เตรียมถ่าน กัมมันต์	พื้นที่ผิวจำเพาะ (m ² /g)	ปริมาตรรูพรุน (cm ³ /g)	อ้างอิง
เปลือกพิทาชิโอ	700.53	0.375	[9]
เปลือกส้ม	1140.45	0.615	[10]
ปาล์มไฟเบอร์	707.79	0.380	[11]
ฟางข้าว	1250	0.601	[12]
ต้นสน	2044	0.933	[12]
เปลือกปาล์ม น้ำมัน	1253.5	0.830	[13]

4. สรุป

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกระตุ้นถ่านกัมมันต์จากเปลือกถั่วลิสงด้วยพลังงานไมโครเวฟพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการคาร์บอนไนซ์ คือ อุณหภูมิ 400 °C เป็นเวลา 60 นาที ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ 38.99 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณคาร์บอนคงตัว คือ 68.68 เปอร์เซ็นต์ โดยการเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการคาร์บอนไนซ์มีแนวโน้มทำให้ถ่านชาร์มีปริมาณเถ้าและคาร์บอนคงตัวสูงขึ้น สภาวะที่เหมาะสมในการกระตุ้นถ่านชาร์ คือ ที่อัตราส่วนของน้ำหนักถ่านชาร์ต่อปริมาตรกรดฟอสฟอริก 1:2 กำลังไฟฟ้าของเครื่องไมโครเวฟ 700 วัตต์ และระยะเวลาการกระตุ้น 90 วินาที โดยตัวดูดซับที่ได้มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 303.1 ตารางเมตรต่อกรัม ปริมาตรรูพรุน 0.140 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ขนาดรูพรุนของรูพรุน 13.89 อังสตรอม และสามารถดูดซับไอโอดีนได้ 418 มิลลิกรัมไอโอดีนต่อกรัมตัวดูดซับ และการถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยพลังงานไมโครเวฟมีประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีนเพิ่มขึ้น 31% เมื่อเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกเพียงอย่างเดียว แต่อย่างไรก็ตาม ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ยังมีพื้นที่ผิวจำเพาะน้อย เมื่อเทียบกับถ่านกัมมันต์มาตรฐาน ดังนั้นจึงอาจจะต้องมีการศึกษาปัจจัยอื่นๆ เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Mohamed MM. Acid dye removal: comparison of surfactant-modified mesoporous FSM-16 with activated carbon derived from rive husk. Journal of Colloid and Interface Science 2004;272:28-34.
- [2] Liou T, Wu S. Characteristics of microporous/mesoporous carbons prepared from rice husk under base- and acid-treated conditions. Journal of Hazardous Materials 2009;171: 693-703.
- [3] Phaerakkakit R, Laohadej S. A study of conditions for preparing activated carbon from betel nut by steam and zinc chloride activation [BEng thesis]. Bangkok: King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabong; 2008. (In Thai).
- [4] Ngoenyen J, Pakornsit B, Pitiyon B. Production of high quality activated carbon from sunflower seed shell [BSc thesis].. Bangkok: Kasetsart University; 2006. (In Thai).
- [5] Lua, AC, Yang, T. Effects of vacuum pyrolysis conditions on the characteristics of activated carbons derived from pistachio-nut shell. J Colloid Interface Sci 2004;276:364-372.
- [6] Jagtoyen M, Derbisshire F. Activated carbons from yellow poplar and white oak by H₃PO₄ activation. Carbon 1998;36:1085-1097.
- [7] Ania CO, Menendez JA, Parra JB, Pis JJ. Microwave-induced regeneration of activated carbons polluted with phenol: a comparison with conventional thermal regeneration. Carbon 2004;42:1383-1387.

- [8] Liu XT, Quan X, Bo LL, Chen S, Zhao YZ. Simultaneous pentachlorophenol decomposition and granular activated carbon regeneration assisted by microwave irradiation. *Carbon* 2004;42:415-422.
- [9] Foo KY, Hameed BH. Preparation and characterization of activated carbon from pistachio nut shells via microwave-induced chemical activation. *Biomass and Bioenergy* 2011;25:3257-3261.
- [10] Foo KY, Hameed BH. Preparation, characterization and evaluation of adsorptive properties of orange peel based activated carbon via microwave induced K_2CO_3 activation. *Bioresource Technology* 2012;104:679-686.
- [11] Foo KY, Hameed BH. Microwave-assisted preparation of oil palm fiber activated carbon for methylene blue adsorption. *Chemical Engineering Journal* 2011;166:792-795.
- [12] Mao H, Zhuo D, Hashisho Z, Wang S, Chen H, Wnag H. Constant power and constant temperature microwave regeneration of toluene and acetone loaded on microporous carbon from agricultural residue. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 2015;21:516-525.
- [13] Hesas RH, Arami-Niya A, David W, Sahu IN. Preparation of granular activated carbon from oil palm shell by microwave-induced chemical activation: Optimisation using surface response methodology. *Chemical Engineering Research and Design* 2013;91:2447-2456.