

การผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกแมคคาเดเมียที่กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ Preparation of Activated Carbon from Macadamia Nut Shells by Sodium Chloride

กรวิชัย โยธวงษ์¹ ลดาวัลย์ สิงห์เงา¹ และ วิมลนันท์ พงศ์ภัทรกานต์^{2*}

Korrawit Yothawong¹ Ladawan Singngao¹ and Wimonnant Pongpatrakant^{2*}

¹นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย ประเทศไทย 42000

²อาจารย์สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย ประเทศไทย 42000

¹Student, Program of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University, Loei Province, Thailand, 42000

²Lecturer, Program of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University, Loei Province, Thailand, 42000

*Corresponding author: wimonnant@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกแมคคาเดเมียที่กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5 10 15 และ 20 %w/v ในอัตราส่วน 1:1 1:2 และ 1:3 ผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกแมคคาเดเมีย คือ การนำเปลือกแมคคาเดเมียที่กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 20 %w/v ใช้อัตราส่วนของเปลือกแมคคาเดเมียต่อโซเดียมคลอไรด์เท่ากับ 1:3 w/w แช่เป็นเวลา 24 hr และนำไปเผาด้วยเตาเผาแบบไร้ควัน มีค่าการดูดซับไอโอดีนเท่ากับ 856.43 mg/g และถ่านจากเปลือกแมคคาเดเมีย (ไม่ได้กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์) มีค่าการดูดซับไอโอดีน 888.04 mg/g ซึ่งมีค่าการดูดซับไอโอดีนใกล้เคียงกัน และมีค่าการดูดซับไอโอดีนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก. 900/2547) จากนั้นนำถ่านกัมมันต์ที่สภาวะเหมาะสมไปศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการดูดซับสีเมทิลีนบลู พบว่าปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสม คือ 0.12 g พีเอชที่เหมาะสม คือ 7 มีร้อยละการดูดซับสีเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์จากเปลือกแมคคาเดเมียเท่ากับ 87 และร้อยละการดูดซับสีเมทิลีนบลูของถ่านจากเปลือกแมคคาเดเมียเท่ากับ 90 ที่เวลาเข้าสู่สมดุล 1 hr ดังนั้นถ่านจากเปลือกแมคคาเดเมียและถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ 20 %w/v มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีเมทิลีนบลูใกล้เคียงกัน และเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำไปประยุกต์ใช้ในการกำจัดสีย้อมผ้าก่อนปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อมได้

คำสำคัญ: ถ่านกัมมันต์ เปลือกแมคคาเดเมีย สีเมทิลีนบลู การดูดซับ โซเดียมคลอไรด์

Abstract

In this work, preparation procedure of activated carbon from macadamia nut shells with sodium chloride concentrations were 5 10 15 and 20% w/v with 1:1 1:2 and 1:3 ratio of activation. The optimal conditions for the preparation were observed that macadamia nut shells were activated by 20% w/v sodium chloride and the ratio of the macadamia nut shells and sodium chloride was 1:3 by weight and then soaked for 24 hr. The iodine number of the prepared activated carbon from macadamia nut shells by sodium chloride was 856.43 mg/g. and activated carbon from macadamia nut shells iodine number was 888.04 mg/g. These iodine number were higher than the Thai Industrial Standard Institute level, TIS 900-2004. Additionally, some factors that affecting on the methylene blue adsorption were found that the appropriate amount of activated carbon to adsorb methylene blue was 0.12 g at pH 7. Percentage of adsorption of methylene blue of activated macadamia nut shell carbon and macadamia nut shell

charcoal were 87 and 90, respectively. The activated macadamia carbon has potential for applying in dye adsorption before released into the environment.

Keywords: Activated carbon, Macadamia nut shells, Methylene blue, Adsorption, Sodium Chloride

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยสามารถปลูกแมคคาเดเมียได้เพียง 3 จังหวัดเท่านั้น คือจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย และจังหวัดเลย ในอำเภอภูเรือและนาแห้ว จังหวัดเลย สามารถปลูกแมคคาเดเมียได้เป็นจำนวนมาก เกษตรกรมีการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากแมคคาเดเมีย โดยผลแมคคาเดเมียจะถูกกะเทาะเปลือกออกแล้วนำเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อภายในไปขายหรือทำการแปรรูปต่างๆ ทำให้มีเปลือกแมคคาเดเมียเหลือทิ้งจำนวนมาก เกษตรกรจึงนำเปลือกแมคคาเดเมียมาเผาถ่านขายเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งถ่านจากเปลือกแมคคาเดเมียมีความหนาแน่นรวมของถ่านน้อย มีรูพรุนสูง สามารถนำมาทำเป็นถ่านกัมมันต์ได้

ถ่านกัมมันต์ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา อาทิเช่น เป็นตัวกรองสารพิษในการทำน้ำกาก ใช้ในกระบวนการผลิตสารเคมีให้บริสุทธิ์ โดยส่วนมากจะถูกใช้เป็นตัวดูดซับ เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวสูง ทำให้ถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดี และสามารถสังเคราะห์ให้มีโครงสร้างรูพรุน โครงสร้างรูพรุนของถ่านกัมมันต์เกิดจากการกระตุ้นทางกายภาพหรือทางเคมี ในงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการกระตุ้นทางเคมี โดยใช้ตัวกระตุ้นคือ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เนื่องจากเป็นตัวกระตุ้นที่มีประสิทธิภาพ ราคาไม่แพง หาซื้อได้ง่าย และช่วยลดต้นทุนในการผลิตถ่านกัมมันต์ได้ แหล่งพลังงานที่ใช้ในปัจจุบันได้จากฟอสซิล เช่น ถ่านหิน ปิโตรเลียม และแก๊สธรรมชาติ ซึ่งมีจำนวนน้อยมาก ดังนั้นจึงมีพลังงานทดแทนเพื่อช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย ลดปัญหามลพิษในสิ่งแวดล้อมนอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีพลังงานทดแทนหลายชนิด อาทิเช่น เตาแก๊สชีวมวล เตาเผาแบบไร้ควัน เตาเผาแบบถัง 200 L เป็นต้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกแมคคาเดเมียที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีปริมาณมาก โดยใช้วิธีการกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 5 10 15 และ 20% w/v เป็นเวลา 24 hr และใช้เตาเผาแบบไร้ควัน ซึ่งเป็นเตาเผาประหยัดพลังงานที่ถูกประดิษฐ์ขึ้นเผาให้ความร้อนจนได้เป็นถ่านกัมมันต์ จากนั้นวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ ได้แก่ การหาค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร (Bulk density) การหาค่าการดูดซับไอโอดีน (Iodine number) และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับสีเมทิลีนบลูที่สภาวะต่าง ๆ ตามลำดับ จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นแนวคิดของคณะผู้วิจัยที่จะพัฒนาคุณภาพของถ่านกัมมันต์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ต้นทุนการผลิตต่ำและสามารถที่จะควบคุมมาตรฐานผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามความต้องการได้ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการนำไปผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกแมคคาเดเมียที่ราคาถูกไปใช้กับเกษตรกรที่ทำการเพาะปลูกแมคคาเดเมีย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

นำเปลือกแมคคาเดเมียมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำไปผึ่งให้แห้งด้วยแสงแดด แบ่งเปลือกแมคคาเดเมียบางส่วนมาบด โดยใช้เครื่องบดขนาดใหญ่ แล้วนำมาร้อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 0.5×0.5 cm จะได้เปลือกแมคคาเดเมียแห้งที่เหมาะสม

2. การกระตุ้นทางเคมี

เตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 5 %w/w แช่เปลือกแมคคาเดเมียด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ในอัตราส่วน 1:1 (เปลือกแมคคาเดเมีย 250 g : โซเดียมคลอไรด์ 250 mL) 1:2 (เปลือกแมคคาเดเมีย 250 g : โซเดียมคลอไรด์ 500 mL) และ 1:3 (เปลือกแมคคาเดเมีย 250 g : โซเดียมคลอไรด์ 750 mL) โดยน้ำหนัก ในบีกเกอร์ขนาด 1,000 mL เป็นเวลา 24 hr จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น เพื่อกำจัดสารเคมีที่ตกค้าง จนกระทั่งน้ำล้างมีสภาพเป็นกลาง นำเปลือก

แมคคาเดเมียอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 2 hr จนแห้งสนิท จากนั้นทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์เป็น 10 15 และ 20 %w/w ตามลำดับ

3. การเตรียมถ่านกัมมันต์

ในการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกแมคคาเดเมีย เป็นขั้นตอนการนำไปให้ความร้อนที่สภาพไร้อากาศในเตาเผาแบบไร้ควัน โดยนำเปลือกแมคคาเดเมียที่ผ่านการกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งด้วยเครื่องชั่งแบบละเอียด 4 ตำแหน่ง ประมาณ 200 g ใส่ในถ้วยกระเบื้องและปิดฝา แล้วนำไปเผาด้วยเตาเผาแบบไร้ควัน เป็นเวลา 2 hr จากนั้นปิดเตาและปล่อยให้ถ่านกัมมันต์เย็นตัว กระทั่งอุณหภูมิลดลงจนถึงอุณหภูมิห้อง นำถ่านกัมมันต์ ซึ่งน้ำหนักที่แน่นอน แล้วทำการบดถ่านกัมมันต์ให้ละเอียด ใช้ตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh และนำไปใส่ถุงพลาสติกเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้น

4. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านกัมมันต์

4.1 การวิเคราะห์ความหนาแน่นเชิงปริมาตร ตามวิธี JIS 1474-1975

4.2 วิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ ตามมาตรฐาน ASTM D4607-86

ซึ่งถ่านกัมมันต์ 1 g ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมกรดไฮโดรคลอริก 5 mL ปิดจุกเขย่าให้เข้ากัน เปิดจุกแล้วต้มตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ปิเปตสารละลายไอโอดีน 50 mL ใส่ลงในขวดที่มีถ่านกัมมันต์ ปิดจุกเขย่าให้เข้ากัน กรองแยกถ่านกัมมันต์ออกจากสารละลาย และปิเปตสารละลายนี้ 20 mL แล้วนำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต โดยใช้น้ำแบ่งเป็นอินดิเคเตอร์

5. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับสีเมทิลีนบลู

5.1 การสร้างกราฟมาตรฐานของสีเมทิลีนบลู

เตรียมสารละลายสีเมทิลีนบลู ความเข้มข้น 1 2 4 6 8 และ 10 ppm นำสารละลายสีเมทิลีนบลูไปสแกนหาความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสมในการดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max}) โดยใช้น้ำกลั่นเป็นแบลนด์ (Blank) ด้วยเครื่องอัลตราไวโอเลต-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ จากนั้นสร้างกราฟมาตรฐานการดูดกลืนแสงของสีเมทิลีนบลู (Figure 1)

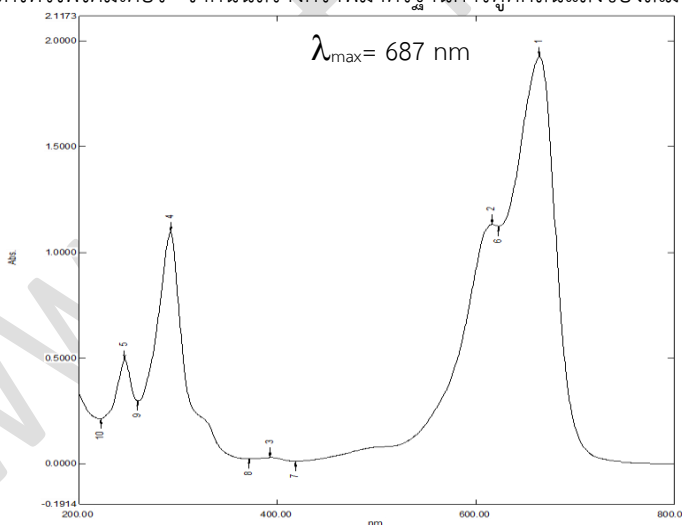


Figure 1 Maximum wavelength of adsorption methylene blue

5.2 การศึกษาความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมของสารละลายสีเมทิลีนบลู

ซึ่งน้ำหนักถ่านกัมมันต์ ประมาณ 0.05 g ใส่ลงในสารละลายเมทิลีนบลูความเข้มข้น 10 ppm 50 mL ให้มี pH 2 - 10 โดนปรับ pH ให้ได้ตามต้องการด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 M และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 M จากนั้นนำไปเขย่าในเครื่อง Orbital Shaker 200 rpm/min ใช้เวลา 2 hr. กรองถ่านกัมมันต์ออกจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง เพื่อหาความเข้มข้นที่เหลือจากการดูดซับ โดยใช้เครื่องอัลตราไวโอเลต-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่นแสงที่สีเมทิลีนบลูดูดกลืนสูงสุด นำค่าที่ได้มาคำนวณหาการดูดซับเมทิลีนบลู ดังสมการที่ 1

$$q_1 = \frac{C_0 - C_1}{m} \times v \quad (1)$$

เมื่อ

C_0 = ความเข้มข้นของสารละลายเริ่มต้น (ppm)

C_1 = ความเข้มข้นของสารละลายที่เวลาในการดูดซับใดๆ (ppm)

q_1 = ค่าการดูดซับ (mg/g)

V = ปริมาตรสารละลายที่ใช้ในการดูดซับ (L)

m = น้ำหนักถ่านกัมมันต์ที่ใช้การดูดซับ (g)

5.3 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับสีเมทิลีนบลู

ชั่งผงถ่านกัมมันต์หนัก 0.05 g เติมสารละลายสีเมทิลีนบลูความเข้มข้น 10 ppm ปริมาตร 50 mL นำไปเขย่า 200 rpm/min เป็นเวลา 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 90 และ 120 นาที ตามลำดับ กรองถ่านกัมมันต์ออก จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง เพื่อหาความเข้มข้นที่เหลือจากการดูดซับ โดยใช้เครื่องอัลตราไวโอเล็ต-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่นแสงที่สีเมทิลีนบลูดูดกลืนสูงสุด นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าการดูดซับเมทิลีนบลูตั้งสมการที่ 1

5.4 การศึกษาปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสม

ชั่งน้ำหนักผงถ่าน โดยเปลี่ยนน้ำหนักของถ่านกัมมันต์เป็น 0.02 - 0.16 g เติมสารละลายสีเมทิลีนบลูความเข้มข้น 10 ppm ปริมาตร 50 mL นำไปเขย่า 200 rpm/min เป็นเวลา 2 hr. กรองถ่านกัมมันต์ออก จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง เพื่อหาความเข้มข้นที่เหลือจากการดูดซับ โดยใช้เครื่องอัลตราไวโอเล็ต-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่นที่สีดูดกลืนสูงสุด นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าการดูดซับเมทิลีนบลูตั้งสมการที่ 1

5.5 การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายสีเมทิลีนบลูที่เหมาะสม

ชั่งผงถ่านกัมมันต์ 0.12 g เติมสารละลายสีเมทิลีนบลูความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm ปริมาตร 50 mL จากนั้นนำไปเขย่า 200 rpm/min เป็นเวลา 2 hr. กรองถ่านกัมมันต์ออก จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง เพื่อหาความเข้มข้นที่เหลือจากการดูดซับ โดยใช้เครื่องอัลตราไวโอเล็ต-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่นที่สีย้อมผ้าดูดกลืนสูงสุด นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าการดูดซับเมทิลีนบลูตั้งสมการที่ 1

ผลการวิจัย

1. ลักษณะทางกายภาพของเปลือกแมคคาเดเมีย



Figure 2 Photograph a) Macadamia nut shells b) Grounded macadamia nut shells (0.5x0.5 cm)

จาก Figure 2a) รูปถ่ายของเปลือกแมคคาเดเมียที่ผ่านการล้างทำความสะอาด จากนั้นทำการบดด้วยเครื่องบดจะได้เปลือกแมคคาเดเมียดัง Figure 2b)

2. สมบัติทางกายภาพของถ่านกัมมันต์จากเปลือกแมคคาเดเมีย

2.1 ร้อยละผลผลิตถ่านกัมมันต์

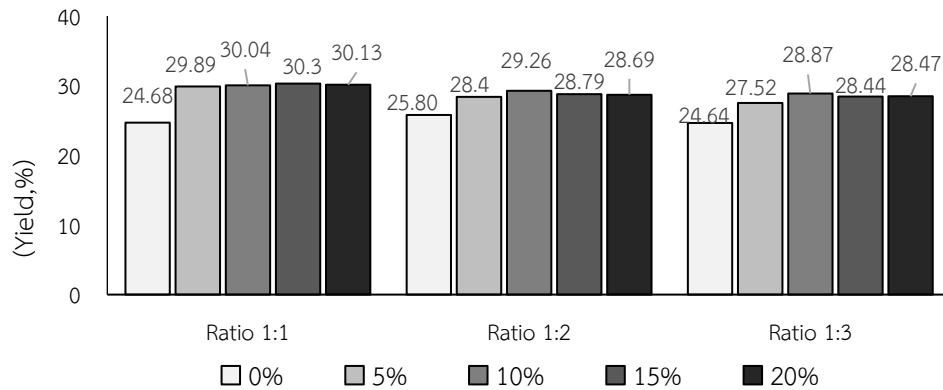


Figure 3 Percent yield of macadamia nut shells activated with NaCl 0 – 20%w/v and various ratio

จาก Figure 3 พบว่า ร้อยละผลผลิตถ่านที่ไม่ผ่านการกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์น้อยกว่าร้อยละผลผลิตถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20 %w/v แต่ร้อยละผลผลิตถ่านที่ผ่านการกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์แต่ละความเข้มข้นจะมีค่าร้อยละผลผลิตถ่านที่ใกล้เคียงกันในช่วง 27-30 %

2.2 ความหนาแน่นเชิงปริมาตร

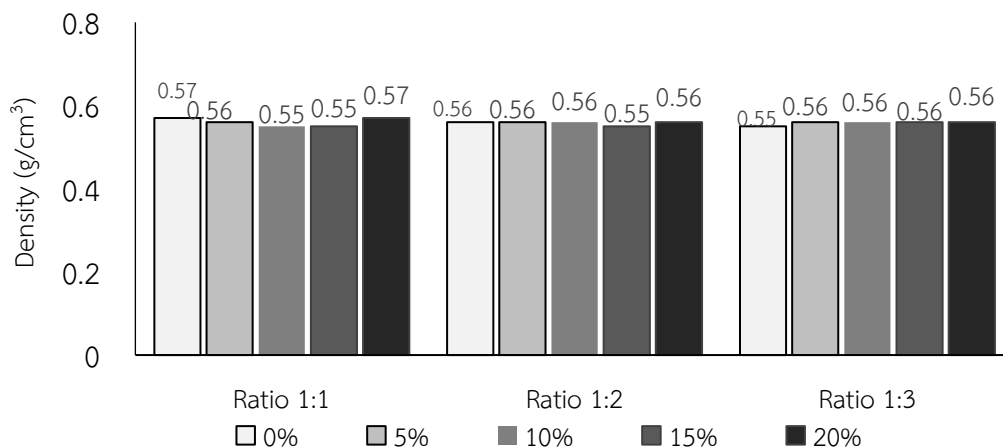


Figure 4 Density of activated macadamia carbon using sodium chloride 0-20 % and various ratio

จาก Figure 4 พบว่าถ่านไม่ได้กระตุ้นและกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ มีความหนาแน่นเชิงปริมาตรของถ่านกัมมันต์มีใกล้เคียง อยู่ในช่วง 0.55 - 0.57 g/cm³ และพบว่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรของถ่านกัมมันต์อยู่ในช่วง 0.20 – 0.75 g/cm³ ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.900-2547) ที่กำหนดไว้

3. สมบัติทางเคมีของถ่านกัมมันต์

3.1 ค่าการดูดซับไอโอดีน

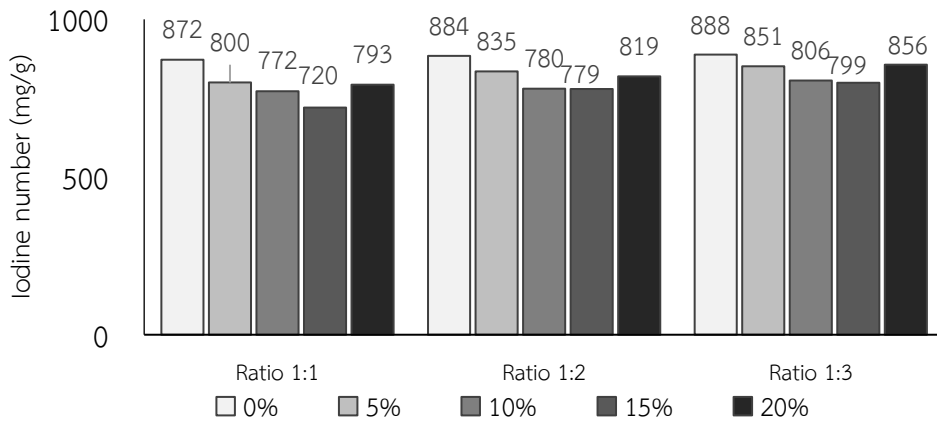


Figure 5 Iodine number of activated macadamia carbon using NaCl 0-20 % and various ratio

จาก Figure 5 พบว่าถ่านเปลือกแมคคาเดเมียให้ค่าการดูดซับไอโอดีน คือ 888 mg/g รองลงมาคือถ่านกัมมันต์จากเปลือกแมคคาเดเมีย ให้ค่าการดูดซับไอโอดีน เท่ากับ 856 mg/g ค่าการดูดซับไอโอดีนของชนิดถ่านทั้งสองสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.900-2547) กำหนดไว้คือ ไม่น้อยกว่า 600 mg/g

4. ประสิทธิภาพในการดูดซับสีเมทิลีนบลู

4.1 ผลการศึกษาความเป็นกรดต่างที่เหมาะสมในการดูดซับสีเมทิลีนบลู

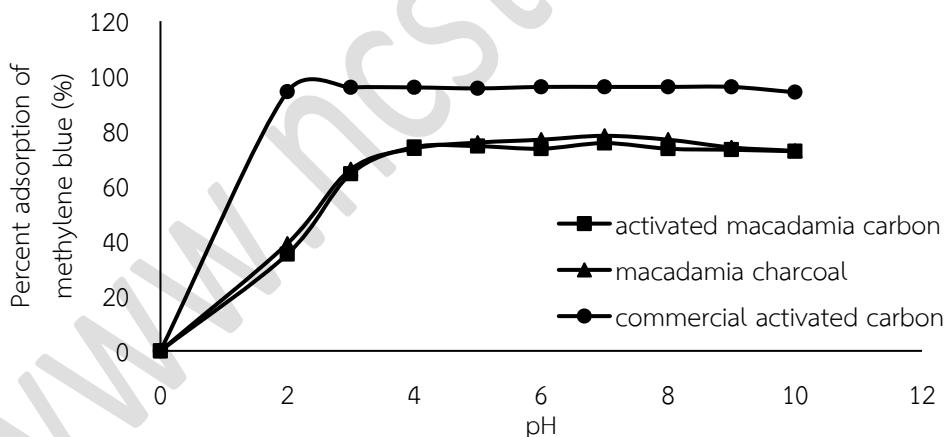


Figure 6 pH and percent adsorption of methylene blue of macadamia charcoal, activated macadamia carbon, and commercial activated carbon

จาก Figure 6 พบว่าแนวโน้มของประสิทธิภาพการดูดซับเพิ่มขึ้น เมื่อ pH เพิ่มขึ้น ถ่านกัมมันต์ทางการค้า ถ่านกัมมันต์จากเปลือกแมคคาเดเมียและถ่านเปลือกแมคคาเดเมียสามารถดูดซับสีเมทิลีนบลูได้สูงสุดที่ pH เท่ากับ 7 โดยมีร้อยละการดูดซับเท่ากับ 96, 75 และ 78 ตามลำดับ

เนื่องจากสีเมทิลีนบลูเป็นสีย้อมเบส การดูดซับบนตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นจึงเกิดได้ดีในสารละลายที่มี pH สูง และ pH กลาง ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Al-Degs et al. (2008) ความสามารถในการดูดซับสีย้อมบนตัวดูดซับขึ้นอยู่กับประจุบนผิวของตัวดูดซับและประจุของสีย้อมเมื่อละลายน้ำ ในสารละลาย pH ≤ 4 ความสามารถในการกำจัดจะลดลงเนื่องจากสารดูดซับมีประจุบวกและโมเลกุลของสีย้อมมีประจุเป็นกลางหรือมีประจุบวก

ซึ่งการดูดซับสีย้อมแล้วความสามารถในการกำจัดจะมี pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง pH 6-8 เนื่องจากในช่วง pH นี้พื้นผิวของถ่านกัมมันต์จะเป็นประจุลบและสีย้อมเป็นประจุบวกจึงทำให้ตัวดูดซับและสีย้อมดูดซับได้ดี

4.2 ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับสีเมทิลีนบลู

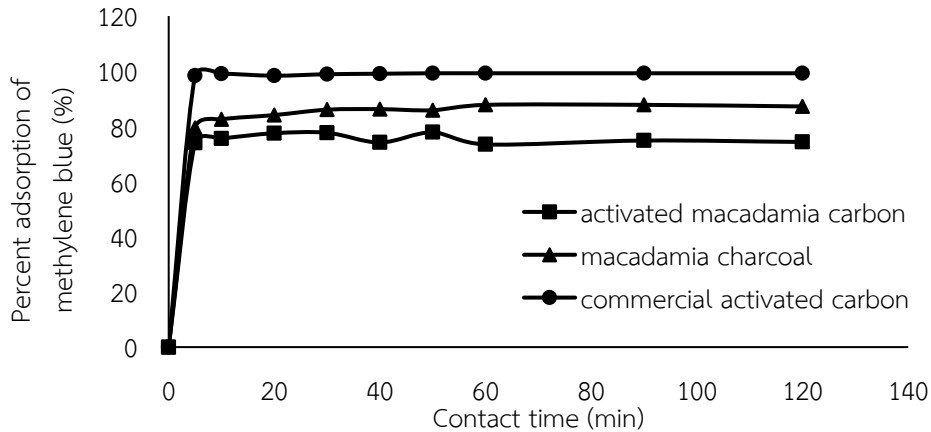


Figure 7 Contact time and percent adsorption of methylene blue of macadamia charcoal, activated macadamia carbon, and commercial activated carbon

จาก Figure 7 พบว่าประสิทธิภาพการดูดซับสารละลายสีเมทิลีนบลูเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 5-10 min หลังจากนั้นประสิทธิภาพดูดซับจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ซึ่งร้อยละการดูดซับของถ่านกัมมันต์ทางการค้าสูงสุดคือ 99 ที่เวลาเข้าสู่สมดุล 20 min ส่วนร้อยละการดูดซับของถ่านกัมมันต์และถ่านจากเปลือกแมคคาเดเมียสูงสุด คือ 77 และ 87 ตามลำดับ ที่เวลาเข้าสู่สมดุล 60 min Dhananasekaran et al., (2016) ศึกษาผลของเวลาในการดูดซับโดยความเข้มข้นของสีย้อมคงที่ ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน (5-50 min) พบว่า เปอร์เซ็นต์การกำจัดสีย้อมเพิ่มขึ้นอย่างมากในระยะเริ่มแรกขณะที่เวลาในการดูดซับผ่านไป เปอร์เซ็นต์การกำจัดสีย้อมจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงจุดดุลยภาพแล้วคงที่

4.3 ผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการดูดซับสีเมทิลีนบลู

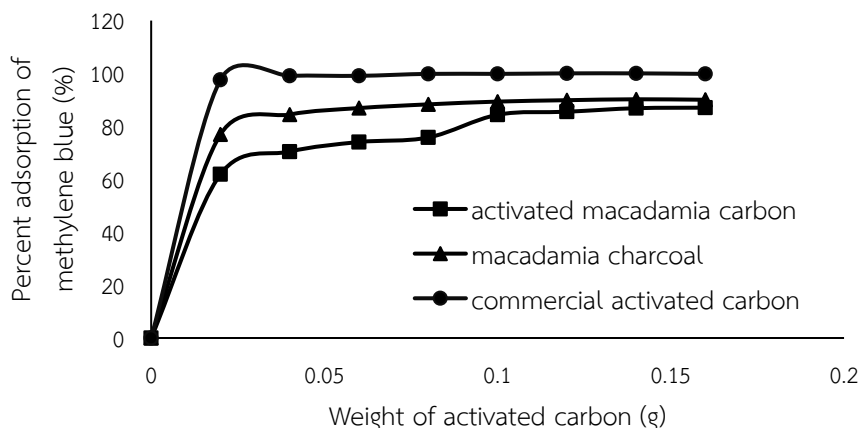


Figure 8 Weight and percent adsorption of methylene blue of macadamia charcoal, activated macadamia carbon, and commercial activated carbon

จาก Figure 8 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์ (0.02 – 0.16 g) ประสิทธิภาพในการดูดซับสารละลายสีเมทิลีนบลูเพิ่มขึ้น ดังนั้นปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมในการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลู คือ 0.12 g และปริมาณถ่านกัมมันต์ทางการค้าคือ 0.04 g ร้อยละการดูดซับสูงสุดของถ่านกัมมันต์ทางการค้า ถ่านกัมมันต์และถ่านเปลือกแมคคาเดเมีย คือ 100 , 87 และ 90 ตามลำดับ Iqbal and Ashiq (2008) อธิบายว่าเมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับจะทำให้การดูดซับเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างตัวดูดซับกับสารละลาย

4.4 ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายสีเมทิลีนบลูที่เหมาะสม

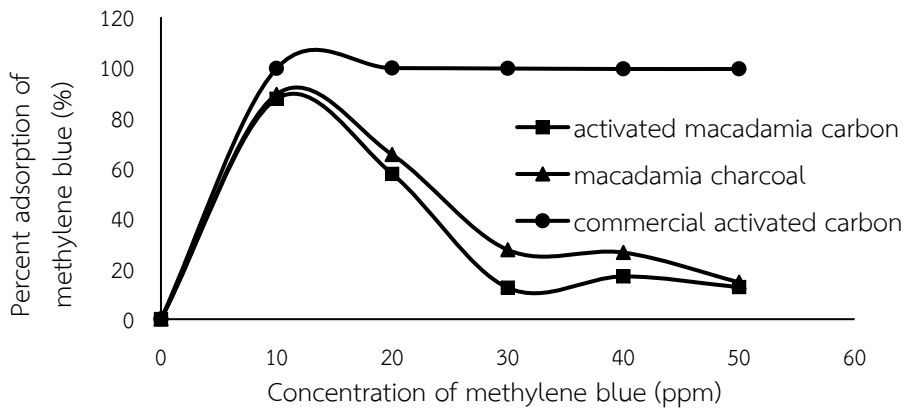


Figure 9 Concentration of methylene blue and percent adsorption of methylene blue of macadamia charcoal, activated macadamia carbon, and commercial activated carbon

จาก Figure 9 พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายสีเมทิลีนบลูทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับหรือปริมาณดูดซับจำเพาะที่สมดุล ของถ่านกัมมันต์ทางการค้าคงที่ ไม่ลดลงมีร้อยละการดูดซับ คือ 99 ส่วนถ่านกัมมันต์จากเปลือกแมคคาเดเมีย และถ่านเปลือกแมคคาเดเมียมีประสิทธิภาพการดูดซับหรือปริมาณดูดซับจำเพาะที่สมดุลลดลง โดยมีร้อยละการดูดซับ คือ 87 และ 89 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dhananasekaran et al., (2016) พบว่าร้อยละการดูดซับลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสีย้อม (สีเมทิลีนบลู สีโบรโมเฟนอลบลู และสีซีไอไลต์บรีด) เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของสารสีย้อม และสารดูดซับ โดยความเข้มข้นของสีย้อมเริ่มต้นจะมีร้อยละของการดูดซับสูงและจะเข้าสู่ระบบมีความสมดุล หลังจากจุดดุลยภาพและสารสีย้อมจะมีความอิ่มตัวอยู่ในสารละลาย เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสีย้อมจะพบว่าร้อยละการดูดซับลดลง

วิจารณ์ผลการวิจัย

ร้อยละผลิตภัณธ์ของถ่านกัมมันต์เปลือกแมคคาเดเมียมากกว่าถ่านเปลือกแมคคาเดเมีย ความหนาแน่นของถ่านเปลือกแมคคาเดเมียและถ่านกัมมันต์มีค่าใกล้เคียงกัน และค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ทางการค้าให้ค่าการดูดซับไอโอดีนสูงสุด คือ 1,098.56 mg/g ถ่านเปลือกแมคคาเดเมียและถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากเปลือกแมคคาเดเมียมีค่าใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามถ่านทั้งสองชนิดมีค่าการดูดซับไอโอดีนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณธ์อุตสาหกรรม มอก . 900/2547 กำหนดไว้คือ 600 mg/g ดัง Table 1

Table 1 Percent yield, density, and iodine number of activated macadamia nutshells carbon with various ratio sodium chloride activation and commercial activated carbon

Ratio	Conc. NaCl (%w/v)	%Yield (%)	Density (g/cm ³)	Iodine number (mg/g)
1:1	0%	24.68±0.19	0.57±0.002	871.75±2.92
	5%	29.89±0.08	0.56±0.001	799.85±3.60
	10%	30.04±0.10	0.55±0.005	772.46±4.59
	15%	30.30±0.08	0.55±0.007	720.37±4.67
	20%	30.13±0.04	0.57±0.002	793.21±450
1:2	0%	25.80±0.15	0.56±0.001	884.10±3.66
	5%	28.40±0.07	0.56±0.003	834.93±2.77
	10%	29.26±0.03	0.56±0.004	779.78±2.95
	15%	28.79±0.06	0.55±0.003	779.23±1.16
1:3	20%	28.69±0.12	0.56±0.001	819.05±5.10
	0%	24.64±0.07	0.55±0.002	888.04±5.59
	5%	27.52±0.12	0.56±0.003	851.01±3.06
	10%	28.87±0.09	0.56±0.001	806.11±7.91
ถ่านกัมมันต์ ทางการค้า	15%	28.44±0.14	0.56±0.004	798.66±3.32
	20%	28.47±0.05	0.56±0.006	856.43±4.50
	-	-	-	1,098.56±0.77

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองผลิตถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากเปลือกแมคคาเดเมียที่กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5 10 15 และ 20 %w/v ในอัตราส่วน 1:1 1:2 และ 1:3 พบว่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านจากเปลือกแมคคาเดเมียมีค่าการดูดซับไอโอดีนคือ 888.04 mg/g และถ่านกัมมันต์จากเปลือกแมคคาเดเมีย 856.43 mg/g แต่ถ่านจากเปลือกแมคคาเดเมียมีการดูดซับไอโอดีนสูงกว่า 4 % เนื่องจากถ่านกัมมันต์จากเปลือกแมคคาเดเมียที่กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ ในงานวิจัยของเจ้อจันทน์ (2556) การกระตุ้นด้วยสารเคมี เมื่อนำไปให้ความร้อนจะยังคงมีสารองค์ประกอบบางชนิดที่ไม่สามารถสลายตัวออกไปได้ ทำให้ไปดบังประจุที่ใช้ในการดูดซับ และงานวิจัยของสิริกาญจน์ และคณะ (2554) การกระตุ้นด้วยสารเคมี เช่น โซเดียมคลอไรด์จะทำให้ผิวของถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติเป็นกลางให้ประจุบวกและประจุลบ ซึ่งถ่านกัมมันต์ที่ไม่ได้กระตุ้นจะมีหมู่ฟังก์ชันเป็นเบสเมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้ประจุลบ ดังนั้นเมื่อนำถ่านกัมมันต์จากเปลือกแมคคาเดเมียที่กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ไปดูดซับสารละลายไอโอดีนและสารละลายสีเมทิลีนบลูที่มีประจุบวก สารองค์ประกอบเหล่านั้นจึงไปดบังประจุทำให้การดูดซับได้ไม่ดีเมื่อเทียบกับถ่านจากเปลือกแมคคาเดเมียที่เป็นประจุลบ อย่างไรก็ตามค่าการดูดซับไอโอดีนมากกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.900/2547 กำหนดไว้คือ 600 mg/g ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถผลิตถ่านกัมมันต์โดยผ่านการกระตุ้นและไม่ผ่านการกระตุ้นได้ ทำให้ประหยัดเวลา ลดต้นทุนในการผลิตถ่านกัมมันต์ และสามารถสร้างอาชีพให้แก่เกษตรกรได้ นอกจากนี้เมื่อนำถ่านกัมมันต์ที่ได้ไปศึกษาการดูดซับสีเมทิลีนบลู พบว่าถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับสีเมทิลีนบลูได้ดี และเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำไปประยุกต์ใช้ในการกำจัดสีย้อมผ้าก่อนปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อมได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ในการให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงอุตสาหกรรม. 2547. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์**. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- เจือจันทร์ เกตษา. 2556. **ผลของอุณหภูมิคาร์บอนในเข้ขันต่อสมบัติของถ่านชาร์และถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว**. รายงานวิจัยวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สิริกาญจน์ นุ่นปุย และคณะ. 2554. **การบำบัดน้ำเสียโรงพิมพ์ออฟเซตโดยใช้ถ่านซีเสื่อ**. คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ASTM DESIGNATION: D4607-94. 2017. Standard Test Method for Determination of Iodine Number of Activated Carbon.
- Al-Degs, Y. S., El-Barghouthi, M. I., El-Sheikh, A. H. and Walker, G. M. 2008. Effect of solution pH, ionic strength, and temperature on adsorption behavior of reactive dyes on activated carbon. **Dyes and Pigments**, 77(1): 16-23.
- Dhananasekaran, S., Palanivel, R. and Pappu, S. 2016. Adsorption of methylene blue, bromophenol blue, and coomassie brilliant blue by α -chitin nanoparticles. **Journal of Advanced Research**, 7(1): 113-124.
- Iqbal, M. J. and Ashiq, M. N. 2008. Adsorption of dyes from aqueous solutions on activated charcoal. **Journal of Hazardous Materials**, 139(1): 57-66.
- JIS K 1474-1975. 2017. Standard Test Method for Activated Carbon.