

การเตรียม ลักษณะจำเพาะ และการประยุกต์ใช้ดูดซับตะกั่ว
ของถ่านกัมมันต์ไผ่ตงลิ้มแล้ง
Preparation, Characterization and Application for Lead
Adsorption of *Dendrocalamus Asper* Backer Bamboo
Activated Carbon

ลักขณา โชติธรรม¹ พนิดา สุมานะตระกูล² และพนิดา กังซุ่น^{2*}
Lakana Chotitham¹, Panita Sumanatrakul² and Panita Kongsune^{2*}

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อเตรียมและศึกษาลักษณะจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากไผ่ตงลิ้มแล้ง เพื่อนำไปใช้ในการกำจัดสารละลายตะกั่ว โดยศึกษาผลของตัวกระตุ้น ได้แก่กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) วิธีการให้ความร้อนด้วยเทคนิครีฟลักซ์และเครื่องไมโครเวฟ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่ว และปริมาณถ่านกัมมันต์ที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซับสารละลายตะกั่วและวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของถ่านกัมมันต์ไผ่ตงลิ้มแล้งด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (FTIR) จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์ไผ่ตงลิ้มแล้งคือ ให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟเป็นเวลา 10 นาที โดยได้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงสุดเท่ากับ 1265 มิลลิกรัมต่อกรัม จากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วในน้ำสังเคราะห์ พบว่า เมื่อใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ 0.25 กรัม ในสารละลายตะกั่วเข้มข้น 10 ppm ระยะเวลาสัมผัส 8 นาที ได้ร้อยละการดูดซับสูงสุด

คำสำคัญ: ถ่านกัมมันต์ ไผ่ตงลิ้มแล้ง วิธีไมโครเวฟ

¹ นิสิตสาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

² อ.ดร., สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

* Corresponding author: e-mail:panita487@hotmail.com

Abstract

The objectives of this research were to prepare and characterize *Dendrocalamus Asper* Backer bamboo activated carbon and to investigate the lead removal efficiency. The effects of activators as phosphoric acid (H_3PO_4) and potassium hydroxide (KOH) by using heating methods as reflux and microwave radiation, initial concentration of lead(II) ions, and adsorbent dosage were examined. In addition, functional group characterization of the prepared adsorbent was performed by using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). The optimized condition for prepared activated carbon was heated with microwave radiation for 10 minutes. Under this condition, the highest iodine was release at the highest level of 1,265 mg/g indicating the highest adsorption capacity. Moreover, the maximum lead ions adsorption was obtained at activated carbon dosage of 0.25 g with a contact time of 8 minutes and concentration of 10 ppm lead illustrated the appropriate conditions for lead removal efficiency by adsorption.

Keywords: Activated Carbon, *Dendrocalamus Asper* Backer Bamboo, Microwave Method

บทนำ

ถ่านกัมมันต์คือผลิตภัณฑ์ของคาร์บอนที่ได้จากการนำถ่านมาผ่านกระบวนการทางเคมีหรือกายภาพ เพื่อเพิ่มรูพรุนภายในโครงสร้างถ่าน โดยถ่านกัมมันต์สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นสารดูดซับเนื่องจาก มีพื้นที่ผิวดูดซับสูง ทำให้มีสมบัติการดูดซับที่ดี เช่นใช้ในการกำจัดกลิ่น สี หรือแก๊ส ซึ่งจะใช้ในรูปของผงหรือเม็ดก็ได้ โดยทั่วไปการเลือกวัสดุที่จะนำมาเตรียมเป็นถ่านกัมมันต์นั้นต้องมีคุณสมบัติคือเป็นวัสดุที่มีราคาถูก มีปริมาณคาร์บอนสูง มีปริมาณสารอินทรีย์และเถ้าต่ำ โดยในปัจจุบันการนำวัสดุชีวมวลต่างๆ มาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์เริ่มเป็นที่ยอมรับและให้ความสนใจกันมากขึ้น ซึ่งถ่านกัมมันต์จากวัสดุชีวมวลที่นิยมใช้ ได้แก่ ไม้ไผ่ [1] ชี้อ้อย [2] ลำต้นฝ้าย [3] เปลือกสับปะรด [4] และเปลือกส้ม [5] เป็นต้น เนื่องจากวัสดุเหล่านี้มีราคาถูกทำให้ต้นทุนการผลิตถ่านกัมมันต์ต่ำลง ไม้ไผ่ตงส้มแล้งเป็นวัสดุชีวมวลอีกชนิดหนึ่ง ที่นิยมนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ เนื่องจากมีเนื้อไม้หนาและตันหรือเกือบตัน ไม้กลางเหมือนไม้ทั่วไปทำให้มีปริมาณคาร์บอนสูง มีปริมาณสารระเหยได้ต่ำ สามารถหาได้ง่ายและราคาถูกเนื่องจากไม้ตงส้มแล้งมีการส่งเสริมให้ปลูกในพื้นที่จังหวัดพัทลุง ดังนั้นหากนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์น่าจะได้อัตราการผลิตที่มากเมื่อเทียบกับวัสดุชีวมวลอื่นๆ

วิธีการเตรียมถ่านกัมมันต์โดยทั่วไปนั้นจะใช้เตาเผาอุณหภูมิสูง [6] เพื่อให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีคุณสมบัติดังนี้ คือ คุณสมบัติที่ (1) มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักและมีปริมาณสูง (2) มีปริมาณสารระเหยได้ต่ำ (3) มีคุณสมบัติคงที่ (4) สามารถหาได้ง่ายและราคาถูก [7] ซึ่งวิธีการเตรียมถ่านกัมมันต์ให้ได้ตามคุณสมบัติดังกล่าวด้วยกระบวนการทางเคมีนั้น จะต้องให้ความร้อนถ่านที่อุณหภูมิสูง ใช้เวลาในการให้ความร้อนที่นานและต้องใช้น้ำมันหรือแก๊สในกระบวนการให้ความร้อน ซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและค่าใช้จ่ายในการผลิตถ่านกัมมันต์ ดังนั้นการเตรียมถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีการรีฟลักซ์ [8] และวิธีไมโครเวฟ [1-5] ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากวิธีการรีฟลักซ์ มีข้อดี คือ ไม่ต้องใช้แก๊ส น้ำมันหรือแก๊สในระบบและประหยัดพลังงานได้ดีกว่าการใช้เตาเผาอุณหภูมิสูง เนื่องจากใช้เวลาในการให้ความร้อนน้อยกว่า ส่วนข้อดีของวิธีไมโครเวฟ คือ ใช้เวลาในการให้ความร้อนที่น้อยกว่าวิธีการรีฟลักซ์และเตาเผาอุณหภูมิสูง ทำให้สามารถประหยัดทั้งพลังงานและเวลา ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะเตรียมถ่านกัมมันต์ไม้ตงส้มแล้ง โดยใช้วิธีการรีฟลักซ์เปรียบเทียบกับ

กับวิธีไมโครเวฟ เพื่อดูดซับสารละลายตะกั่ว โดยตะกั่วถือเป็นโลหะหนักที่มีอันตรายมากอันดับต้นๆชนิดหนึ่ง [9] สำหรับพืชเฉียบพลันของตะกั่ว จะเกิดอาการทางสมอง และมีโอกาสมีความผิดปกติทางระบบประสาท ในเด็กทำให้กลายเป็นปัญญาอ่อน ส่วนพืชเรื้อรังจะแสดงอาการทางประสาท มีอาการปวดศีรษะ นอนไม่หลับตาพร่าเกิดภาพหลอน โลหิตจางเนื่องจากเม็ดเลือดแดงถูกทำลาย เบื่ออาหาร กล้ามเนื้ออ่อนล้า ตับอักเสบ ไต พิกการ ปวดข้อกระดูก อัมพาต [10] ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการนำถ่านไม้ไฟ [11] มาทำการดูดซับตะกั่วบ้างแล้ว

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจจะลดปริมาณตะกั่วด้วยวิธีการดูดซับโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากไม้เต็งส้มแล้ง โดยใช้วิธีการรีฟลักซ์เปรียบเทียบกับวิธีไมโครเวฟ ในการเตรียมถ่านกัมมันต์และใช้กรดฟอสฟอริกและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารกระตุ้นเพื่อเพิ่มความเป็นรูพรุนของถ่านกัมมันต์ โดยขั้นแรกจะศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์ได้แก่วิธีในการเตรียมถ่านกัมมันต์ เวลาและชนิดของสารกระตุ้นที่เหมาะสม จากนั้นศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของถ่านกัมมันต์ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหยได้ ปริมาณคาร์บอนคงตัวและวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวด้วยวิธี FTIR เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์แล้วนำถ่านกัมมันต์นั้นมาศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วโดยผลของปริมาณของถ่านกัมมันต์ เวลาในการสัมผัสและความเข้มข้นของสารละลายตะกั่วที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วสูงสุด

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมถ่านกัมมันต์

1.1 การเตรียมถ่านไม้ไฟเต็งส้มแล้ง

นำไม้ไฟมาล้างให้สะอาดเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ที่ผิวไม้ไฟและตากให้แห้ง นำไปเผาในเตาเผา โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส จากนั้นนำถ่านไม้ไฟมาลดขนาดและบดให้ละเอียดจนสามารถผ่านตะแกรงร่อนขนาด 150 ไมโครเมตร แล้วอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และนำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น

1.2 การเตรียมถ่านกัมมันต์ไม้ไฟเต็งส้มแล้ง โดยหาสารกระตุ้น และเวลาที่เหมาะสม

นำถ่านที่ผ่านการคัดขนาดแล้วมากระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุดิบต่อสารกระตุ้นเท่ากับ 1:4 ให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ล้างถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้โดยวิธีการกรองแบบลดความดันด้วยน้ำสะอาดจนมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6-7 อบถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง วิเคราะห์ค่าดูดซับไอโอดีนสำหรับถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสารเคมีทั้งสองชนิด โดยพิจารณาจากค่าการดูดซับไอโอดีนที่สูงที่สุดด้วยวิธีการตามมาตรฐาน ASTM D 4607-94 [6] โดยจะทำการทดลอง 2 ชั่วโมง เมื่อได้ตัวกระตุ้นที่เหมาะสมเปลี่ยนเป็นหาเวลาที่เหมาะสมวิธีการรีฟลักซ์เป็นเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง ส่วนวิธีไมโครเวฟจะทำการทดลองเช่นเดียวกันกับวิธีการรีฟลักซ์ แต่จะใช้เวลาในการให้ความร้อนที่ 5, 10 และ 15 นาที

2. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากไม้ไฟเต็งส้มแล้ง

2.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของถ่านกัมมันต์ ตามมาตรฐาน ASTM D3173-95

อุ่นเตาให้มีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส อบถ่านกัมมันต์พร้อมฝาปิดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ในโถดูดความชื้นจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง เติมถ่านกัมมันต์น้ำหนัก 1 กรัม ในถ้วยกระเบื้องที่เตรียมไว้ นำไปอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส จนถ่านมีน้ำหนักคงที่ คำนวณปริมาณความชื้นจากสมการที่ (1)

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสารตัวอย่างก่อนอบ} + \text{น้ำหนักสารตัวอย่างหลังอบ}}{\text{ปริมาตรไอโอดีนที่ปีเปต}} \times 100 \quad (1)$$

2.2 วิเคราะห์ปริมาณเถ้า ตามมาตรฐาน ASTM D3174-95

เผาถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาปิดที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ในโถดูดความชื้นจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องเติมถ่านกัมมันต์น้ำหนัก 1 กรัม ในถ้วยกระเบื้องที่เตรียมไว้ นำไปเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส โดยเปิดฝาขณะเผา จนถ่านมีน้ำหนักคงที่คำนวณปริมาณเถ้าจากสมการที่ (2)

$$\text{ร้อยละของเถ้า} = \left(\frac{\text{น้ำหนักสารตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักสารตัวอย่างเริ่มต้น}} \right) \times 100 \quad (2)$$

2.3 วิเคราะห์ปริมาณสารระเหยได้ ตามมาตรฐาน ASTM D3175-95

เผาถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาปิดที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ในโถดูดความชื้นจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องเติมถ่านกัมมันต์น้ำหนัก 1 กรัม ในถ้วยกระเบื้องที่เตรียมไว้ นำไปเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส โดยปิดฝาขณะเผาเป็นเวลา 7 นาที นำถ้วยกระเบื้องพร้อมสารในฝาปิดออกจากเตาเผาทันที ตั้งทิ้งไว้ในสภาพบรรยากาศประมาณ 20 นาที ตั้งทิ้งไว้ในโถดูดความชื้นจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง บันทึกน้ำหนักสารหลังเผา เผาซ้ำจนกระทั่งสารมีน้ำหนักคงที่ คำนวณปริมาณสารระเหยได้จากสมการที่ (3)

$$\text{ร้อยละของสารระเหยได้} = \left(\frac{\text{น้ำหนักสารตัวอย่างก่อนเผา}-\text{น้ำหนักสารตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักสารตัวอย่างก่อนเผา}} \right) \times 100 \quad (3)$$

2.4 คำนวณปริมาณคาร์บอนคงตัว จากผลต่างระหว่างปริมาณเถ้ากับปริมาณสารระเหยได้ ดังสมการที่ (4)

$$\text{ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว} = 100 - (\text{ร้อยละของเถ้า}-\text{ร้อยละของสารระเหยได้}) \quad (4)$$

3. การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่ว โดยวิเคราะห์หาปริมาณของถ่านกัมมันต์ เวลาในการสัมผัสและความเข้มข้นของสารละลายตะกั่วที่เหมาะสมในการดูดซับตะกั่วในน้ำสังเคราะห์

นำถ่านกัมมันต์ไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ซึ่งถ่านกัมมันต์ที่ 0.10, 0.25, 0.50 และ 0.75 กรัมใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายตะกั่วที่ความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20 ppm ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปเขย่าที่ความเร็ว 240 รอบต่อนาที เป็นเวลา 180 นาที โดยจะเก็บที่ช่วงเวลา 2, 4, 6, 8, 10, 15, 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที กรองแยกถ่านด้วยวิธีกรองแบบลดความดัน โดยทิ้งสารละลายในช่วงแรกออกไปจนกระทั่งกระดาษกรองอิมมัวด้วยสารละลาย จึงรองรับสิ่งที่กรองได้ด้วยหลอดทดลองขนาดเล็ก นำสารละลายก่อนและหลังผ่านการดูดซับไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) (Perkin-Elmer Analyst 700 Atomic Absorption Spectrometer) จากนั้นคำนวณหาประสิทธิภาพการดูดซับ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลของการเตรียมถ่านกัมมันต์ไม่ดงลิ้มแล้ง

1.1 ผลของสารกระตุ้นที่เหมาะสม

จากผลการทดลอง พบว่า การใช้สารกระตุ้นที่เป็นกรดฟอสฟอริกจะให้ค่าไอโอดีนนมเบอร์เท่ากับ 2,082 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งมีค่าที่สูงกว่าสารกระตุ้นที่เป็นโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์มีค่าเท่ากับ 882 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าไอโอดีนนมเบอร์คือการนำเอาสารไอโอดีนมาวัดค่าความพรุนของถ่านกัมมันต์ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพเบื้องต้นของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากวัสดุชนิดเดียวกัน ดังนั้นจึงเลือกกรดฟอสฟอริกเป็นสารกระตุ้นในการเตรียมถ่านกัมมันต์ไม่ดงลิ้มแล้งเนื่องจากให้ค่าไอโอดีนนมเบอร์มากกว่ามีแนวโน้มที่จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับมากกว่า

1.2 ผลของเวลาในการให้ความร้อนที่เหมาะสม

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อใช้กรดฟอสฟอริกเป็นสารกระตุ้นในการเตรียมถ่านกัมมันต์ไม่ดงลิ้มแล้งเวลาในการให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์ที่เวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง ให้ค่าไอโอดีนนมเบอร์เท่ากับ 1,971, 2,082 และ 2,285 มิลลิกรัมต่อกรัม และวิธีการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่เวลา 5 10 และ 15 นาที มีค่าไอโอดีนนมเบอร์เท่ากับ 1,138, 1265, และ 1,397 มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อทำการเพิ่มเวลาในการให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์จะเห็นได้ว่าค่าไอโอดีนนมเบอร์จะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการให้ความร้อนด้วยวิธีการไมโครเวฟเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นค่าไอโอดีนก็เพิ่มขึ้นเนื่องจากการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกพร้อมกับการให้ความร้อนเป็นการกระตุ้นให้สารกระตุ้นเข้าไปแทรกตัวในโครงสร้างและปลดปล่อยสารอินทรีย์ออกจากภายในโครงสร้างของถ่านกัมมันต์ จึงเกิดความเป็นรูพรุนมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับไอโอดีนสูงขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามค่าไอโอดีนนมเบอร์ที่ได้ที่เวลาต่างๆ นั้นแตกต่างกันไม่มากนัก จึงเลือกที่เวลา 1 ชั่วโมงด้วยวิธีการรีฟลักซ์และเลือกที่เวลา 10 นาที ด้วยวิธีไมโครเวฟเป็นเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์จากไม่ดงลิ้มแล้ง และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าระหว่างการให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์และวิธีไมโครเวฟ ต่อการเผาถ่านกัมมันต์ปริมาณ 3 กรัม พบว่า วิธีไมโครเวฟมีจำนวนหน่วยไฟฟ้าเท่ากับ 0.06 คิดเป็นเงิน 0.4914 บาท ในขณะที่วิธีรีฟลักซ์มีค่าเท่ากับ 2.4 หน่วย คิดเป็นเงิน 19.65 บาท ดังนั้นจึงให้ความร้อนแก่ถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีไมโครเวฟในการนำไปศึกษาต่อเนื่องจากประหยัดเวลาและค่าไฟฟ้า

2. ผลของคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของถ่านกัมมันต์ไม่ดงลิ้มแล้ง

2.1 องค์ประกอบแบบประมาณร้อยละโดยน้ำหนัก

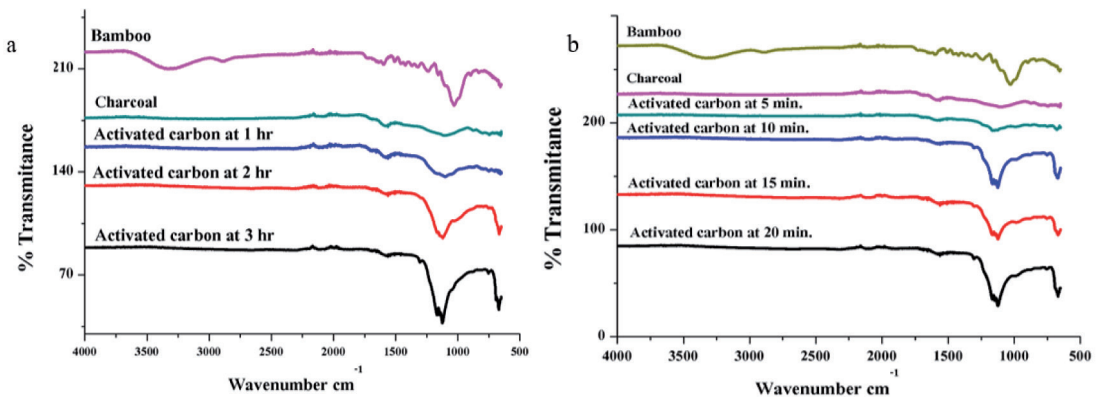
ผลของการทดลอง พบว่า ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหยได้มีค่าน้อย และปริมาณคาร์บอนคงตัวมีค่ามากนั้น จะมีผลต่อร้อยละของผลผลิตที่ได้กล่าวคือถ่านกัมมันต์ที่ใช้มีปริมาณคาร์บอนมากก็เตรียมเป็นถ่านกัมมันต์ได้มากหรือร้อยละของผลผลิตมาก แต่ถ่านกัมมันต์ที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวน้อยแต่มีสารระเหยได้มากแสดงตอนเตรียมเป็นถ่านกัมมันต์เมื่อให้ความร้อนก็จะมีสารอินทรีย์ถูกปล่อยออกจากโครงสร้างมากเหลือเป็นร้อยละของผลผลิตน้อย ซึ่งจากผลขององค์ประกอบแบบประมาณร้อยละโดยน้ำหนัก พบว่า ไม่ดงลิ้มแล้งที่เตรียมด้วยเทคนิคไมโครเวฟมีความชื้นร้อยละ 2 ปริมาณเถ้าร้อยละ 2.4 ปริมาณสารระเหยได้ร้อยละ 3.6 และปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 94 และไม่ดงลิ้มแล้งที่เตรียมด้วยเทคนิครีฟลักซ์มีความชื้นร้อยละ 2 ปริมาณเถ้าร้อยละ 3 ปริมาณสารระเหยได้ร้อยละ 5.55 และปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 91.45 ดังตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากไม่ดงลิ้มแล้งมีปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้าและปริมาณสารระเหยได้ ต่ำ ในขณะที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงมาก ดังนั้นไม่ดงลิ้มแล้งจึงเหมาะที่จะเตรียมเป็นถ่านกัมมันต์เพราะได้ร้อยละของผลผลิตมากสูงมาก ทั้งนี้กรดฟอสฟอริกก็เป็นอีกหนึ่งความสำคัญที่มีส่วนช่วยในการกำจัดสารระเหยได้ที่เหลืออยู่ในถ่านกัมมันต์ได้ดี ทำให้ได้ปริมาณคาร์บอนคงตัวที่สูง ซึ่งคาร์บอนคงตัวเป็นค่าที่แสดงถึงส่วนที่เหลือของถ่านกัมมันต์หลังจากที่กำจัดความชื้น เถ้า และสารระเหยได้ออก โดยการสลายตัวของโครงสร้างซึ่งหลุดออกไปในรูปสารระเหย

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณ

วิธีการให้ความร้อน	องค์ประกอบแบบประมาณร้อยละโดยน้ำหนัก			
	ปริมาณความชื้น	ปริมาณเถ้า	ปริมาณสารระเหยได้	ปริมาณคาร์บอนคงตัว
รีฟลักซ์	2	3	5.55	91.45
ไมโครเวฟ	2	2.4	3.6	94

2.2 วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ด้วยวิธี FTIR

สเปกตรัมจากเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี แสดงดังภาพที่ 1 โดยถ่านกัมมันต์ได้ตั้งลิ้มแล้งที่ให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์แสดงในภาพ (a) และวิธีไมโครเวฟแสดงในภาพ (b) พบว่าลักษณะสเปกตรัมที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าถ้าเป็นพีคของไผ่ตั้งลิ้มแล้ง (Bamboo) จะปรากฏแถบของการสั่นในช่วง 3000-4000 cm^{-1} ช่วง 2800 cm^{-1} ช่วง 1600-1500 cm^{-1} และช่วง 1000 cm^{-1} เป็นการสั่นของหมู่ O-H หมู่ C-H หมู่ C=O และหมู่ C-O ตามลำดับ [12] ซึ่งเป็น สารอินทรีย์หรือปริมาณสารระเหย เช่น น้ำ เซลลูโลส เอสเทอร์ แอลดีไฮด์และคีโตน ที่เป็นองค์ประกอบของไผ่ตั้งลิ้มแล้ง เมื่อนำไผ่ตั้งลิ้มแล้งมาเผาเป็นถ่าน (Charcoal) ปรากฏว่าแถบของการสั่นในช่วง 3000-4000 cm^{-1} ช่วง 2800 cm^{-1} หายไปและแถบของการสั่นในช่วง 1600-1500 cm^{-1} และช่วง 1000 cm^{-1} ลดลง แสดงว่าสารอินทรีย์หรือปริมาณสารระเหยจะถูกกำจัดออกไปมาก และเมื่อให้ความร้อนนานขึ้นรวมกับการทำปฏิกิริยากับสารกระตุ้นกรดฟอสฟอริก พบว่า แถบของการสั่นในช่วง 1000 cm^{-1} ลดลงเรื่อยๆ และชิไปเกิดพีคที่แถบการสั่นช่วง 1100-1200 cm^{-1} แทนและแถบการสั่นสูงขึ้นเมื่อให้ความร้อนนานขึ้น รวมถึงเกิดพีคที่ตำแหน่ง 600-500 cm^{-1} ควบคู่มาด้วย ซึ่งแถบของการสั่นที่ 1200-1100 cm^{-1} เป็นการสั่นของหมู่ C-O และแถบของการสั่นในช่วง 600-500 cm^{-1} เป็นการสั่นของหมู่ C-X โดย X เป็นไปได้ว่าจะเป็น P เนื่องจากการกระตุ้นทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างสารกระตุ้นกับโครงสร้างของถ่านกัมมันต์เป็นการแทรกตัวของสารกระตุ้นในโครงสร้างถ่านกัมมันต์ทำให้โครงสร้างถ่านกัมมันต์มีรูพรุนเพิ่มขึ้น



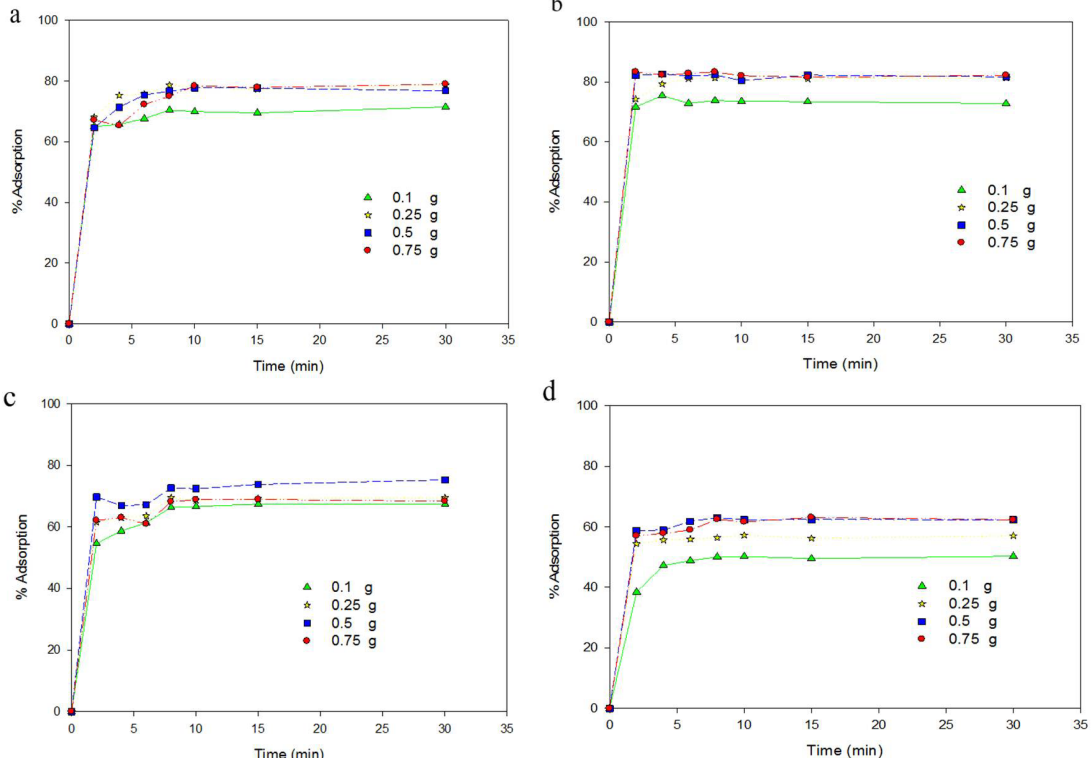
ภาพที่ 1 แสดงสเปกตรัม FTIR ของถ่านกัมมันต์จากไผ่ตั้งลิ้มแล้ง โดยการให้ความร้อนด้วย (a) วิธีการรีฟลักซ์ และ (b) วิธีไมโครเวฟ

3. ปริมาณถ่านกัมมันต์ เวลา และความเข้มข้นสารละลายตะกั่วที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับ

จากผลการทดลองเมื่อใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ไผ่ตั้งลิ้มแล้งของถ่านกัมมันต์ไผ่ตั้งลิ้มแล้งที่เตรียมโดยใช้กรดฟอสฟอริกเป็นตัวกระตุ้นและให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟเป็นเวลา 10 นาทีปริมาณ 0.1, 0.25, 0.5 และ 0.75 กรัม ในการดูดซับ

สารละลายตะกั่วความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20 ppm แสดงดังภาพที่ 2 พบว่าปริมาณถ่านกัมมันต์ไผ่ดองส้มแล้งเพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพในการในการดูดซับเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยถ่านกัมมันต์ไผ่ดองส้มแล้ง 0.1 กรัมมีประสิทธิภาพในการในการดูดซับน้อยที่สุดแต่เมื่อปริมาณตัวดูดซับเพิ่มขึ้นเป็น 0.25, 0.5 และ 0.75 กรัม ประสิทธิภาพของการดูดซับเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยถ่านกัมมันต์ไผ่ดองส้มแล้ง 0.75 กรัม ความเข้มข้นสารละลายตะกั่ว 10 ppm มีประสิทธิภาพในการในการดูดซับสูงสุดร้อยละ 82 อย่างไรก็ตามที่น้ำหนัก 0.5 และ 0.75 กรัม มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหรือไม่แตกต่างจากน้ำหนัก 0.25 กรัม อาจเนื่องจากปริมาณตัวดูดซับที่มากเกินไป ซึ่งการเพิ่มปริมาณเป็นการเพิ่มตำแหน่งที่ว่างไว้ (Active Site) ในการดูดซับให้มีความสามารถในการดูดซับที่ผิวของตัวดูดซับมากขึ้น แต่เมื่อถึงจุดๆ หนึ่ง พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ทั้งนี้อาจเกิดสาเหตุมาจากความเข้มข้นของไอออนในน้ำตัวอย่างสังเคราะห์ลดลง จึงทำให้การแพร่ของไอออนจากสารละลายเข้าสู่ตำแหน่งที่ว่างไว้ลดลง ในขณะที่ปริมาณตัวดูดซับที่เหลือมีประสิทธิภาพในการในการดูดซับไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกถ่านกัมมันต์ไผ่ดองส้มแล้งน้ำหนัก 0.25 กรัม เป็นปริมาณตัวดูดซับที่เหมาะสม และ 8 นาที เป็นเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับ เนื่องจากการดูดซับเริ่มเข้าสู่สมดุลแล้ว นั่นคือประสิทธิภาพการดูดซับไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเกือบคงที่ กล่าวคือ อัตราการดูดซับมีค่าเท่ากับอัตราการคายออก

ส่วนความเข้มข้นที่เหมาะสมงานวิจัยนี้เลือกความเข้มข้นสารละลายตะกั่วที่ 10 ppm เนื่องจากมีมีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงสุดที่ร้อยละ 83 เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 15 และ 20 ppm การดูดซับตะกั่วมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากความสามารถในการดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับมีการอิ่มตัวหรืออยู่ในสภาวะที่ปริมาณตัวดูดซับน้อยกว่าปริมาณของตะกั่วที่ความเข้มข้นสูงจึงทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับลดลง



ภาพที่ 2 แสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์ไผ่ดองส้มแล้งที่ความเข้มข้น 5 (a), 10 (b), 15 (c) และ 20 (d) ppm โดยใช้น้ำหนักถ่านปริมาณ 0.1, 0.25, 0.5 และ 0.75 กรัม

สรุปผลการวิจัย

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากไม้ตงลิ้มแล้งพบว่าเมื่อใช้กรดฟอสฟอริกเป็นสารกระตุ้นที่จะให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์เท่ากับ 2,082 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งมีค่าที่สูงกว่าเมื่อใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารกระตุ้นซึ่งมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ 882 มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อเปรียบเทียบวิธีการให้ความร้อนด้วยวิธีฟลักซ์และวิธีไมโครเวฟพบว่าวิธีฟลักซ์ให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงกว่าแต่วิธีไมโครเวฟประหยัดทั้งเวลาและค่าไฟฟ้ากว่าวิธีฟลักซ์มากคิดเป็นเงินประมาณ 19 บาทต่อการเผาถ่านกัมมันต์ 3 กรัม เวลาในการให้ความร้อนเพียง 10 นาที งานวิจัยนี้จึงเลือกวิธีเตรียมถ่านกัมมันต์จากไม้ตงลิ้มแล้งด้วยวิธีให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ ซึ่งไม้ตงลิ้มแล้งที่เตรียมด้วยเทคนิคไมโครเวฟมีปริมาณความชื้นร้อยละ 2 ปริมาณแฉัรร้อยละ 2.4 ปริมาณสารระเหยได้ร้อยละ 3.6 และปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 94 ดังนั้นไม้ตงลิ้มแล้งจึงเหมาะที่จะเตรียมเป็นถ่านกัมมันต์เพราะได้ร้อยละของผลผลิตมากสูงมาก เนื่องจากมีปริมาณคาร์บอนคงตัวที่สูง เมื่อนำถ่านกัมมันต์ที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดพบว่า แถบของการสั่นในช่วง $3000-4000\text{ cm}^{-1}$ ช่วง 2800 cm^{-1} หายไปและแถบของการสั่นในช่วง $1600-1500\text{ cm}^{-1}$ และช่วง 1000 cm^{-1} ลดลง แสดงว่าสารอินทรีย์หรือปริมาณสารระเหยจะถูกกำจัดออกไป เกิดพีคที่แถบการสั่นช่วง $1100-1200\text{ cm}^{-1}$ และ $600-500\text{ cm}^{-1}$ แทน ซึ่งเป็นการสั่นของหมู่ C-O และหมู่ C-X โดย X เป็นไปได้ว่าจะเป็น P แสดงว่ามีการแทรกตัวของสารกระตุ้นในโครงสร้างถ่านกัมมันต์ทำให้โครงสร้างถ่านกัมมันต์มีรูพรุนเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วที่เหมาะสม คือ น้ำหนักถ่านกัมมันต์ 0.25 กรัม ความเข้มข้นของตะกั่ว 10 มิลลิกรัมต่อลิตรที่เวลา 8 นาที

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ (1) ทุนงบประมาณรายได้ 2558 ทุนวิจัยร่วมบัณฑิต ในหัวข้อวิจัยไอโซโทมและจลนพลศาสตร์การดูดซับเมทิลีนบลูด้วยถ่านกัมมันต์ไม้ตงลิ้มแล้ง (2) ทุนบัณฑิตวิทยาลัย ในหัวข้อวิทยานิพนธ์ การเตรียม ลักษณะจำเพาะ และการดูดซับตะกั่วของถ่านกัมมันต์ไม้ตงลิ้มแล้ง ขอขอบคุณ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Liu, Q.S., Zheng, T., Wang, P. and Guo, L. (2010). "Preparation and characterization of activated carbon from bamboo by microwave-induced phosphoric acid activation", **Industrial Crops and Products**. 31, 233-238.
- [2] Foo, K.Y. and Hameed, B.H. (2012). "Mesoporous activated carbon from wood sawdust by K_2CO_3 activation using microwave heating", **Bioresource Technology**. 111, 425-432.
- [3] Deng, H., Li, G., Yang, H., Tang, J.P. and Tang, J. (2010). "Preparation of activated carbon from cotton stalk by microwave assisted KOH and K_2CO_3 activation", **Chemical Engineering Journal**. 163, 373-381.
- [4] Foo, K.Y. and Hameed, B.H. (2012). "Porous structure and adsorptive properties of pineapple peel based activated carbons prepared via microwave assisted KOH and K_2CO_3 activation", **Micro porous and Mesoporous Materials**. 148, 191-195.
- [5] Foo, K.Y. and Hameed, B.H. (2012). "Preparation characterization and evaluation of adsorptive properties of orange peel based activated carbon via microwave induced K_2CO_3 activation", **Bioresource Technology**. 104, 679-686.

- [6] รุจิรา ปิ่นแก้ว. (2556). การผลิตและการเตรียมถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดเพื่อใช้ในการดูดซับมีเทน. สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- [7] รัชฎาพร วัชรวิชานันท์และกมณชนก วงศ์สุขสิน. (2012). การวิเคราะห์และปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาล เพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและการอุปโภคบริโภคในเขตตำบลหนองบัวศาลาและตำบลหนองระเวียง จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- [8] ปรินทร์ เต็มญารศิลป์. (2551). การเตรียมและการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์จากไม้ตองและไม้หมาจู้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเคมี ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [9] ยุพดี เส้นขาว. (2557). “การกำจัดไอออนแคดเมียมและตะกั่วจากน้ำเสียด้วยมะขามและเปลือกทับทิม”, วารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 22(2), 184-201.
- [10] Chena, W.F., Pana, L., Chenb, L.F., Yua, Z., Wang, Q. and Yan, C.C. (2014). Comparison of EDTA and SDS as potential surface impregnation agents for lead adsorption by activated carbon. **Applied Surface Science**. 309, 38–45.
- [11] Wang, Y.S., Tsai, H. M., Lo, F. S. and Tsai, J. M. (2008). “Effect of manufacturing condition on the adsorption capacity of heavy metal ions by Makino bamboo charcoal”, **Journal of Bioresource Technology**. 99, 7027-7033.
- [12] Stuart, B. (2004). Infrared spectroscopy: fundamentals and applications. **John Wiley & Sons, Ltd.**