การศึกษาถ่านกัมมันต์จากวัตถุดิบธรรมชาติโดยใช้เตาชีวมวล

The Study ofActivated CarbonfromNaturalMaterialsBy usingthe BiomassStoves

พีรวัตร ลือสัก[1]วรพจน์ ศิริรักษ์
[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
99 หมู่ 10 ตำบลทรายขาวอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57210 โทรศัพท์ 0-5372-9600-5 E-mail: Peerawat_ie@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาถ่านกัมมันต์จากวัตถุดิบธรรมชาติโดยใช้เตาชีวมวลสำหรับใช้เป็นตัวดูดซับสารพิษในกระบวนการกรองน้ำ โดยถ่านคาร์บอนไนซ์สามารถเตรียมได้จากการเผาซังข้าวโพดและแกลบ มีกระบวนการวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ คือ การหาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ โดยใช้อุณหภูมิสำหรับการเผาเฉลี่ย 750 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการเผา 4,5 และ 6 ชั่วโมง และทำการแช่ด้วยสารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ใช้ระยะเวลาในการแช่ 1 , 1.5 และ 2 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่าถ่านกัมมันต์ที่ได้จากวัตถุดิบจากธรรมชาติทั้งสอง ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของซังข้าวโพดที่มีค่าที่ดีสุดคือใช้ระยะเวลาในการเผา 6 ชั่วโมง ระยะเวลาในการแช่ด้วยสารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์2 ชั่วโมง มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ 1142 ±4มิลลิกรัมต่อกรัม และ ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของแกลบที่มีค่าที่ดีสุดคือใช้ระยะเวลาในการเผา 6 ชั่วโมง ระยะเวลาในการแช่ด้วยสารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์2 ชั่วโมง มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์1130±3มิลลิกรัมต่อกรัม

คำสำคัญ: ถ่านกัมมันต์,ไอโอดีนนัมเบอร์,เผาถ่านชีวมวล

Abstract

This research is to study activated carbon from natural materials by using biomass stoves for use as absorbent toxins in water. Carbonize carbon was prepared by burning corn cobs and husks. The property of activated carbon was analyzed by determination of iodine number. The average temperature of burning is at 750°C for 4,5 and 6 hours and then aging with potassium hydroxide for 1, 1.5 and 2 hours. The results reveal that activate carbon can be obtained from both materials the optimum iodine number value for corn cobs by burning for 6 hours and aging with potassium hydroxide for 2 hours was 1142 ±4 mg/g. The optimum iodine number value for husks by burning for 6 hours andagingwith potassium hydroxide for 2 hours was 1130 ±3 mg/g which is comparable to ASTM standard.

Keywords: Activated carbon, Iodine number, Biomass burning

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันในประเทศไทยมีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่เป็นจำนวนมากซึ่งกระจายอยู่ในทุกๆภาคของประเทศไทยตั้งแต่อุตสาหกรรมขนาดเล็กไปจนถึงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ซึ่งโรงงานอุสาหกรรมเหล่านี้มักเกิดมลสารที่เป็นพิษที่ออกมาสู่ชั้นบรรยากาศและสารปนเปื้อนที่ลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาตินอกจากภาคอุตสาหกรรมเหล่านี้แล้ว ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์รวมทั้งการสะสมในแม่น้ำและชั้นบรรยากาศเมื่อเราสูดเอาอากาศหรือดื่มน้ำที่มีสารพิษปนเปื้อนสารพิษเหล่านี้จะสะสมในร่างกายเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงระดับที่มนุษย์จะป่วยเป็นโรคเนื่องจากมลพิษของมลสารเหล่านี้ถ้าสามารถลดมลพิษที่จะปะปนอยู่ในชั้นบรรยากาศลงได้จะทำให้อัตราการเจ็บป่วยลดลงซึ่งถ่านกัมมันต์ก็เป็นตัวดูดซับสารพิษชนิดหนึ่งที่สามารถดูดซับเอาสารพิษมาเก็บไว้ในตัวถ่านทำให้ปริมาณสารพิษที่อยู่ในชั้นบรรยากาศลดลง ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์นั้นมีอยู่หลายชนิดเช่น อ้อย แกลบ ซังข้าวโพด มันสำปะหลัง ฯลฯ เป็นต้น ดังนั้นจึงสามารถนำวัสดุที่เหลือใช้จากภาคการเกษตรมาใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์ก่อให้เกิดการใช้ผลิตผลอย่างคุ้มค่า อีกทั้งเป็นการช่วยลดการตัดต้นไม้เพื่อนำมาใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์และช่วยลดมลพิษทางอากาศได้อีกทางหนึ่ง

การผลิตถ่านกัมมันต์สามารถผลิตได้จากพืชไร่ เช่น จากแกลบ ซังข้าวโพด ฯลฯ ที่สามารถผลิตขึ้นมาเพื่อให้มนุษย์ทุกคนได้ปลอดภัยจากมลสารต่าง ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะใช้บำบัดหรือกำจัดมลสารที่ปนเปื้อนเหล่านี้ที่อยู่ในแม่น้ำหรืออยู่ในบรรยากาศโดยอาศัยการดูดซับของถ่านกัมมันต์ ดั้งนั้นในโครงงานจากแนวคิดที่จะช่วยลดมลพิษ สารมลทินต่างๆจึงเป็นที่มาของการคิดผลิตถ่านกัมมันต์เพื่อลดสารพิษและสารมลทินต่างๆเพื่อลดปัญหาการเกิดมลพิษ และใช้วัสดุที่เหลือจากข้าวและข้าวโพดมาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์โดยใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ (แกลบและซังข้าวโพด)

3. ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 โครงสร้างผลึกของถ่านกัมมันต์

จากการศึกษาถ่านกัมมันต์ที่ผ่านมาพบว่ามีโครงสร้างเป็นกลุ่มของคาร์บอนมีลักษณะคล้ายกราไฟต์ (Graphite) แต่แตกต่างกันที่พื้นที่ผิวภายในของถ่านกัมมันต์ซึ่งมีกราไฟต์มากมายประกอบด้วยแผ่นชั้นที่เกิดจากอะตอมของคาร์บอนซึ่งเรียงตัวกับแบบหกเหลี่ยมด้านเท่า(Regular Hexagons) ระยะห่างระหว่างอะตอมคาร์บอนในแต่ละชั้นมีขนาด1.42 อังสตรอมโครงสร้างของถ่านกัมมันต์แตกต่างจากกราไฟต์ ซึ่งจะมีโครงสร้างเป็นผลึกที่เล็กมาก (MicroCrystallites) ประกอบด้วยวงหกเหลี่ยมด้านเท่าของอะตอมคาร์บอนผสมกันเส้นผ่านศูนย์กลางของชั้นคาร์บอนที่สร้างผลึกเล็กๆมีขนาดประมาณ 150อังสตรอมและระยะทางระหว่างผลึกเล็กๆนี้มีค่าระหว่าง 20-50 อังสตรอม

3.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์ส่วนใหญ่ได้จากธรรมชาติเช่นเมล็ดหรือเปลือกของพืชวัตถุดิบที่ดีควรมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ วัตถุดิบที่นิยมใช้ผลิตถ่านกัมมันต์สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

3.2.1 วัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบสูงมีองค์ประกอบคาร์บอนสูงกว่า 60 % เป็นวัตถุดิบที่ถูกเผาโดยธรรมชาติหรือเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเผา

3.2.2 วัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบต่ำส่วนใหญ่เป็นส่วนประกอบของพืชได้แก่ไม้เปลือกของไม้กะลามะพร้าวเมล็ดของผลไม้หรืออาจเป็นพวกพลาสติกและหนังสัตว์วัตถุดิบกลุ่มนี้มีราคาต่ำและมีปริมาณมากแต่ต้องผ่านกระบวนการเผาให้เป็นถ่านก่อนนำมากระตุ้นจึงจะได้ถ่านกัมมันต์ที่ดี

3.3 กระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์

โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ

3.3.1 การทำให้ได้ขนาด (Granulation) เป็นขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบให้มีขนาดที่เหมาะสมโดยเฉพาะในการผลิตถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดหรือกรณีที่ใช้วัตถุดิบซึ่งมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบสูงเมื่อนำวัตถุดิบมาบดและคัดขนาดจนได้ขนาดตามต้องการแล้วส่วนที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดที่ต้องการจะนำไปผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ชนิดผงหรืออัดเป็นแท่งสำหรับใช้ในถังปฏิกรณ์การคัดขนาดก่อนการเผากระตุ้นที่อุณหภูมิสูงนี้เหมาะสำหรับวัตถุดิบที่มีการหดตัวน้อยได้แก่ถ่านหินกะลามะพร้าว และ เปลือกวอลนัทเป็นต้นถ้าวัตถุดิบมีการหดตัวสูงควรนำไปเผาให้เป็นถ่านก่อนแล้วจึงทำการคัดขนาดต่อไป

3.3.2 การทำให้เป็นถ่าน (Carbonization) เป็นขั้นตอนการเผาไล่ธาตุอื่นๆที่ไม่ใช่คาร์บอนในวัตถุดิบออกไปถ่านที่ได้จะมีปริมาณของคาร์บอนสูงขึ้นโดยทำการเผาภายใต้ภาวะออกซิเจนต่ำหรือไร้ออกซิเจนด้วยความร้อนประมาณ 300-600°C สารที่สลายตัวส่วนใหญ่เป็นสารที่ไม่ใช่ธาตุคาร์บอนได้แก่ธาตุไฮโดรเจนธาตุออกซิเจนที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุดิบแต่คาร์บอนบางส่วนจะเกิดการเผาไหม้ได้เป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอื่นๆซึ่งสลายตัวในขณะเผาให้เป็นถ่านด้วยเช่นเมทานอลกรดน้ำส้มและน้ำมันดิบเป็นต้นในช่วงแรกของการเผาไอน้ำจะระเหยออกไปวัตถุดิบจึงแห้งขึ้นจนกระทั่งอุณหภูมิสูงถึง 170°C สารอินทรีย์บางส่วนจะสลายตัวพร้อมกับการเกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และกรดน้ำส้มที่อุณหภูมิ 270- 290°C จะเกิดการเผาสลายสารอินทรีย์และเกิดความร้อนขึ้นด้วยในช่วงนี้จะเกิดน้ำมันดินเมทานอลและสารประกอบอื่นๆขึ้นมากมายและเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 300°C ก็จะเกิดเป็นถ่านกล่าวคือเนื้อของวัตถุดิบจะเปลี่ยนเป็นสีดำแต่ยังคงมีสารอื่นๆปนอยู่ทำให้ได้ถ่านที่มีคุณภาพต่ำซึ่งเรียกว่าหัวถ่านแต่ถ้าทำการเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 600°C พบว่าถ่านที่ได้จะสูญเสียน้ำหนักคาร์บอนมากเกินไปดังนั้นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำให้เป็นถ่านจะอยู่ระหว่าง 300-600°C ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบแต่อย่างไรก็ตามถ่านที่ผลิตได้ยังมีความสามารถในการดูดซับต่ำมากเพราะการทำให้เป็นถ่านที่อุณหภูมิ 300-600°C เท่านั้นจึงยังคงมีน้ำมันดิบ (Tar) ตกค้างอยู่ภายในรูพรุนหรือเกาะอยู่ที่ผิวของถ่านดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการเผากระตุ้นถ่านที่ได้เพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซับต่อไปถ่านที่มีคุณภาพดีควรมีลักษณะดังนี้

- มีสีดำ (Uniformly black)
- ปลายที่หักมีลักษณะแหลมคม (Sharp)
- เมื่อเคาะหรือตกกระทบพื้นต้องมีเสียงดังกังวานคล้ายโลหะ
- ปราศจากฝุ่นผงไม่มีขี้เถ้าและส่วนที่ยังไม่เป็นถ่านติดอยู่
- มีปริมาณคาร์บอนคงตัวอยู่มากมีความชื้นน้อย

3.3.3 การเผากระตุ้น (Activation) การเผากระตุ้นเป็นขั้นตอนที่ทำให้ถ่านมีความพรุนมากขึ้นและช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสจำเพาะเป็นการกำจัดน้ำมันดินให้หลุดออกจากถ่านทำให้พื้นที่ผิวของถ่านมีอะตอม

การกระตุ้นด้วยสารเคมี(Chemical Activation) เป็นกระบวนการกระตุ้นโดยใช้สารเคมีเป็นตัวกระตุ้นซึ่งสารเคมีที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นสารละลายกรดหรือเกลือของโลหะเช่นกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) สังกะสีคลอไรด์ ($ZnCl_2$) โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) โปแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) โปแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) เป็นต้นเมื่อแช่ถ่านทิ้งไว้ในสารเคมีก่อนนำมาเผากระตุ้นสารประกอบที่เหลือตกค้างบนผิวถ่านบางส่วนจะละลายออกจากถ่านจากนั้นถ่านจะดูดซับเอาสารละลายนั้นเข้าไปแทรกตัวอยู่ตามรูพรุนบนผิวถ่านเมื่อนำถ่านไปเผาที่อุณหภูมิสูงจะเกิดการสลายตัวของสารประกอบเหล่านี้และเปลี่ยนเป็นแก๊สระเหยออกไปทำให้เกิดรูพรุนขึ้นมากมายการกระตุ้นด้วยสารเคมีจะใช้อุณหภูมิต่ำกว่าการกระตุ้นทางกายภาพส่วนใหญ่ใช้อุณหภูมิเผากระตุ้นประมาณ 500-800°C

ตารางที่ 3.1 สารเคมีที่ใช้เป็นสารกระตุ้นในการเตรียมถ่านกัมมันต์

ชนิดที่เป็นกรด	ชนิดที่เป็นด่าง	ชนิดที่เป็นเกลือ
กรดบอริก H_3BO_3	โซเดียมไฮดรอกไซด์ HaOH	เฟอร์ริกคลอไรด์ $FeCl_2$
กรดฟอสฟอริก H_3PO_4	แคลเซียมไฮดรอกไซด์ $CaCl_2$	ซิงค์คลอไรด์ K_2S
กรดไนตริก HNO_3	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ KOH	โพแทสเซียมไทโอไซยาเนต KSCN
กรดซัลฟูริก H_2SO_2		แคลเซียมฟอสเฟต $Ca_3(PO_4)_2$
		แคลเซียมคลอไรด์ $Cacl_2$

การกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เมื่อนำเอาวัตถุดิบที่ต้องการมาทำเป็นถ่านกัมมันต์ มาผสมกับสารละลายที่มีไอออนของโพแทสเซียมไอออนของาตุดังกล่าวจะแทรกเข้าไปอยู่ในโครงสร้างของวัตถุดิบเมื่อให้ความร้อนโพแทสซียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนในวัตถุดิบ กลไกของการกระตุ้นด้วยโพแทสเซียม เพื่อให้ได้ถ่านกัมมันต์พื้นที่ผิวสูง

3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดและศึกษา คุณสมบัติรวมทั้งการใช้งานของถ่านกัมมันต์ที่ได้ วิธีการที่ใช้เตรียมถ่านกัมมันต์คือวิธีการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ ซึ่งมีตัวแปรที่ศึกษาคือ อุณหภูมิเวลาและอัตราส่วนของวัตถุดิบ:ซิงค์คลอไรด์ ที่ใช้กระตุ้น คุณสมบัติของถ่านที่ทำการวิเคราะห์คือ ค่าไอโอดีน ค่าการฟอกสีเมธิลลีนบลู ความชื้น ปริมาณร้อยละของผลผลิต พื้นที่ผิว และมีการทดลองนำ ไปใช้ในการฟอกสีด้วย จากผลการทดลองพบว่าซังข้าวโพดสามารถที่จะเปลี่ยนเป็นถ่านกัมมันต์ได้เมื่อถูกกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ ปริมาณร้อยละของผลผลิตและคุณสมบัติขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เวลา และอัตราส่วนของวัตถุดิบ:ซิงค์คลอไรด์ที่อัตราส่วน 1:2 อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เวลาการเผา 3 ชั่วโมง มีปริมาณร้อยละของผลผลิตคือ 62.82 ค่าไอโอดีนอยู่ในเกณฑ์ 800-900 มิลลิกรัมต่อกรัมค่าการฟอกสีเมธิลลีนบลู 120-180 มิลลิกรัมต่อกรัม พื้นที่ผิว 1,000 ตารางเมตรต่อกรัมประสิทธิภาพการฟอกสีปานกลาง สำหรับอุณหภูมิการกระตุ้น 600 และ 800องศาเซลเซียสจะได้ถ่านซึ่งมีคุณสมบัติดีกว่าถ่านที่ถูกกระตุ้นทีอุณหภูมิ 400องศาเซลเซียส แต่ปริมาณร้อยละของผลผลิตต่ำกว่าที่ 400 องศาเซลเซียส การเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

จะสิ้นเปลืองเวลาพลังงานมากกว่าที่ 600 องศาเซลเซียส เมื่อกระตุ้นถ่านด้วยอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส อัตราส่วนวัตถุดิบ : ซิงค์คลอไรด์ 1:4 ถ่านกัมมันต์ที่ได้จะมีค่าไอโอดีน 960-1,075 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการฟอกสีเมธิลลีนบลู 230-300 มิลลิกรัมต่อกรัม พื้นที่ผิว 1,140-1,300 ตารางเมตรต่อกรัม ประสิทธิภาพการฟอกสีดีกว่าที่400องศาเซลเซียส ปริมาตรร้อยละผลผลิต 52.41 [1]

การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยกระตุ้น ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก เพื่อนำมาใช้ในการดูดซับโลหะโครเมียม (VI) ที่ปนเปื้อน ในน้ำเสียจากอุตสาหกรรม ทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์ ได้แก่ อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเผาให้เป็นถ่านและการเผากระตุ้น และวิเคราะห์ คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ ได้แก่ ค่าการดูดซับไอโอดีน พื้นที่ผิวสัมผัสจำเพาะ และหมู่ฟังก์ชันของถ่านกัมมันต์ จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต ถ่านกัมมันต์คือ การเผาให้เป็นถ่านที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 1 ชั่วโมงในสภาวะ อับอากาศและการเผากระตุ้นที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง ถ่านกัมมันต์ที่ ได้มีค่าการดูดซับไอโอดีนเท่ากับ 1,050 มิลลิกรัมต่อกรัม มีพื้นที่ผิวสัมผัสจำเพาะเท่ากับ 975 ตารางเมตรต่อกรัม และมีหมู่ฟังก์ชันที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบจำนวนมาก จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ในการดูดซับโครเมียม(VI) พบว่าถ่าน กัมมันต์สามารถดูดซับโครเมียม (VI) ได้ดีที่สุด เมื่อสารละลายโครเมียมมีค่าความเป็นกรด ด่างเริ่มต้นเท่ากับ 2.5 กล่าวคือ ถ่านกัมมันต์ซึ่งทำการเผากระตุ้นที่อุณหภูมิ 800 C°เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง สามารถดูดซับโครเมียม (VI) ได้เท่ากับร้อยละ 69.80 ในขณะที่ ถ่านกัมมันต์อ้างอิง YAO 12/40 สามารถดูดซับโครเมียม (VI)ได้เพียงร้อยละ 56.96 เท่านั้น เกิดปฏิกิริยารีดักชันจากโครเมียม (VI) เป็นโครเมียม (III) ในระหว่างกระบวนการดูดซับน้อย กว่าถ่านกัมมันต์อ้างอิง YAO 12/40 [2]

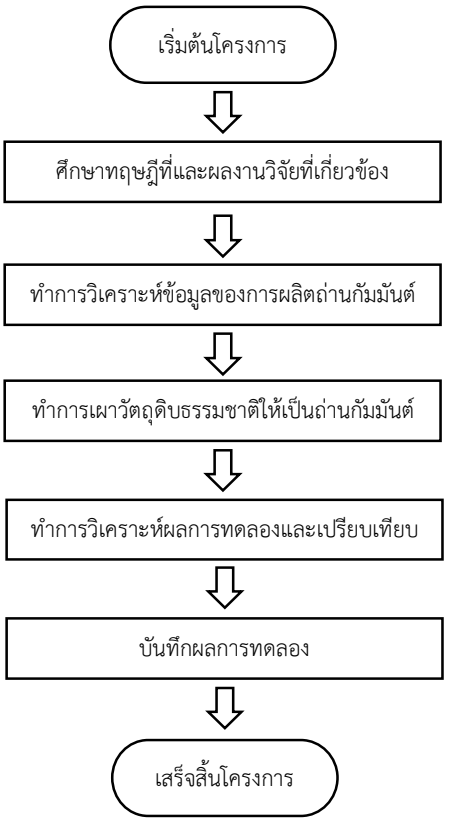
การผลิตถ่านคาร์บอนไนต์จากลูกหูกวางเพื่อดูดซับมลพิษโดยมีการเตรียมถ่านกัมมันต์จากลูกหูกวางโดยถ่านคาร์บอนไนซ์สามารถเตรียมได้จากการเผาลูกหูกวางที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ขณะที่ถ่านกัมมันต์เตรียมได้โดยการกระตุ้นถ่านคาร์บอนไนซ์ด้วยกรดซัลฟูริกด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อวิเคราะห์พื้นที่ผิวของการดูดซับในถ่านสังเคราะห์ทั้งสองชนิดด้วยเครื่องบลูเนอร์ เอลเม็ทเทลเลอร์ (Brunauer Emmett Teller, BET) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)พบว่า ผลที่ได้สอดคล้องกันคือ พื้นที่ผิวและรูพรุนของถ่านคาร์บอนไนซ์มีขนาดเล็กกว่าถ่านกัมมันต์ งานวิจัยนี้ยังได้ศึกษาผลของปริมาณตัวดูดซับขนาดของตัวดูดซับค่าความเป็นกรดด่าง อัตราเร็วรอบและเวลาในการปั่นกวนที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดซับนอกจากนี้ได้ศึกษากลไกการดูดซับด้วยไอโซเทอร์มแบบแลงเมียร์และแบบเฟรนดิช ของการดูดซับของสารละลายไอโอดีน จากกลไกการดูดซับไอโอดีน พบว่าค่า R^2ของถ่านกัมมันต์จากลูกหูกวางสอดคล้องกับ ไอโซเทอร์มฟรุนดิช ซึ่งแสดงกลไกการดูดซับไอโอดีนเป็นแบบหลายชั้นส่วนถ่านคาร์บอไนซ์และถ่านกัมมันต์การค้าจะมีค่า R^2 สอดคล้องกับไอโซเทอร์มแลงเมียร์ แสดงว่ากลไกการดูดซับไอโอดีนเป็นแบบชั้นเดียว [3]

การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลาตาลโตนด ได้ดำเนินงาน 2 วิธี คือวิธีทางเคมี และวิธีทางฟิสิกส์ โดยทั่วไป การผลิตถ่านกัมมันต์ในระดับอุตสาหกรรม นิยมใช้วิธีทางฟิสิกส์ คือใช้ก๊าซออกซิไดซ์ในฟลูอิไดซ์เบด เพราะมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่า จากการทดลองพบว่า การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลาตาลโตนดด้วยวิธีทางเคมีควรคาร์โบไนซ์กะลาตาลโตนดที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง เพื่อให้บดได้ง่าย และมีผลน้อยที่สุดต่อคุณภาพของถ่านกัมมันต์ที่ได้สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์ คือใช้ถ่านที่มีขนาด 1.68 - 2.38 มิลลิเมตร ผสมกับสารละลายซิงค์คลอไรด์เข้มข้น ร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ใช้อัตราส่วนของสารละลายซิงค์คลอไรด์ต่อถ่านเท่ากับ 3 : 2 แช่ถ่านเป็นเวลานาน 72 ชั่วโมง แล้วนำไปกระตุ้นด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 500องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จะได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิว 1,600 ถึง 1,700 ตารางเมตรต่อกรัม ค่าไอโอดีน 1,100 ถึง 1,200 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าเมทธิลีนบลู 350 ถึง 400 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าเถ้าร้อยละ 2 – 5 โดยน้ำหนัก ค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้ 40 ถึง 50 สำหรับการผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีทางฟิสิกส์ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือใช้ถ่านกะลาตาลโตนดซึ่งคาร์โบไนซ์ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ขนาด 1.19 - 1.68 มิลลิเมตร กระตุ้นด้วยก๊าซผสมระหว่างก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลกับไอน้ำอิ่มตัวยิ่งยวดที่มีความเร็ว 6.44 เมตรต่อวินาที ในฟลูอิไดซ์เบด ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิว 1,800 - 1,900 ตารางเมตรต่อกรัม ค่าไอโอดีน 1,000 - 1,300 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าเมทธิลีนบลู 250 - 350 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าเถ้า ร้อยละ 10 - 15 โดยน้ำหนัก, ค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้ 30 – 40 [4]

การถ่านกัมมันต์จากไม้โกงกางได้ดำเนินงาน 2 ขั้นตอนคือ คาร์บอไนเซชั่นและการกระตุ้นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ขั้นตอนแรกทำการคาร์บอไนซ์ในเครื่องคาร์บอไนเซอร์ ตัวแปรที่ศึกษาคืออุณหภูมิ 250 - 400องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์ 20-60 นาทีพบว่าภาวะที่เหมาะสมในการคาร์บอไนซ์ คือ อุณหภูมิเบด 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ได้ผลิตภัณฑ์เป็นถ่านไม้ร้อยละ 38.07 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 71.44 สารระเหยร้อยละ 23.02 และ เถ้าร้อยละ 5.54 ขั้นที่ 2 การกระตุ้นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ มีตัวแปรที่ศึกษาคือ อุณหภูมิ 700-850 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการกระตุ้น 30, 60, 90 และ120 นาที ขนาดอนุภาคถ่าน < 0.355 , 0.355-0.6 , 0.6-1.18 , 1.18-2.36 , 2.36-4.75 มิลลิเมตร พบว่า ภาวะที่เหมาะสมในการกระตุ้น คือ อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียสที่เวลา 60 นาทีขนาดอนุภาค 0.6-1.18 มิลลิเมตร ปริมาณการป้อนอากาศและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 5 ลิตรต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ ด้วยปริมาณไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่มากเกินพอได้ผลิตภัณฑ์เป็นถ่านกัมมันต์ร้อยละ 27.47 มีพื้นที่ผิวจำเพาะทั้งหมด 639.74 ตารางเมตรต่อกรัม โดยแบ่งเป็นพื้นที่ผิวรูพรุนชนิดแมคโครพอร์ 156.50 ตารางเมตรต่อกรัม พื้นที่ผิวรูพรุนชนิดไมโครพอร์ 483.24 ตารางเมตรต่อกรัม ค่าการดูดซับไอโอดีน 675.14 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าการดูดซับเมทธิลีนบลู 254.73 มิลลิกรัมต่อกรัม และเมื่อนำถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากภาวะที่เหมาะสมนี้ไปทำการดูดซับไดโครเมตไอออนพบว่ามีค่าความจุในการดูดซับ 66.23 และ 59.52 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่ pH 1 และ pH 2 ตามลำดับ [5]

4. วิธีดำเนินงาน

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลสามารถทำเป็นแผนภูมิขั้นตอนวิธีการดำเนินงานได้ดังนี้



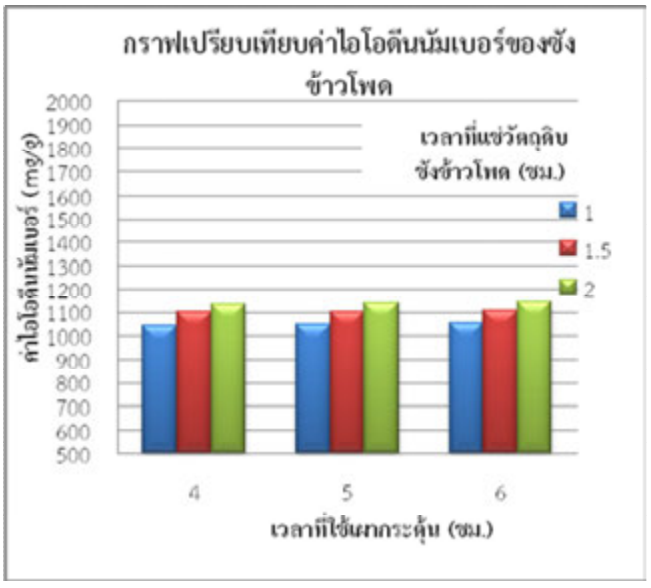
5. ผลการศึกษา/การทดลอง

ผลการทดลองหาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดและแกลบในแต่ละการทดลองพบว่ามีค่าไอโอดีนนัมเบอร์อยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐาน ASTM Standard Method

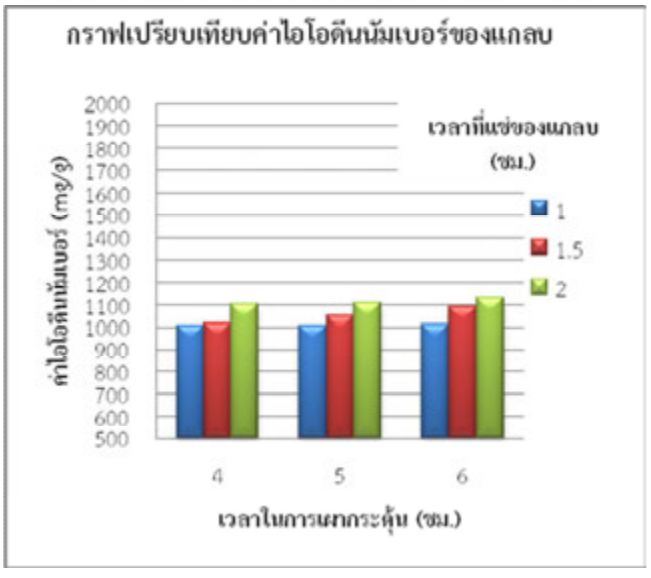
ตารางที่ 5.1 ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของซังข้าวโพดและแกลบ

เวลาที่แช่สารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (ชั่วโมง)	อุณหภูมิในการเผากระตุ้นโดยเฉลี่ย (°C)	เวลาที่ใช้ในการเผากระตุ้น (ชั่วโมง)	ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของซังข้าวโพด mg/g	ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของแกลบ mg/g
1	750	4	1041 ±1	1005 ±1
		5	1047 ±1	1008 ±1
		6	1052 ±1	1010 ±1
1.5	750	4	1098 ±2	1020 ±1
		5	1102 ±2	1050 ±1
		6	1108 ±3	1090 ±2
2	750	4	1133 ±3	1101 ±2
		5	1139 ±4	1109 ±3
		6	1142 ±4	1130 ±3

จากตารางที่ 5.1 ผลการทดลองหาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดและแกลบจะเห็นได้ว่าค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของซังข้าวโพดและแกลบมีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันมากแต่ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของซังข้าวโพดจะมีค่ามากกว่าแกลบเพราะซังข้าวโพดมีขนาดรูพรุนที่มากกว่าแกลบโดยการแช่สารโพแตสเซียมไฮดอกไซด์ 2 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ย 750 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเผากระตุ้น 6 ชั่วโมง ได้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของซังข้าวโพดและแกลบมากที่สุดคือ 1142 ±4 และ 1130 ±3 ตามลำดับ ซึ่งค่าไอโอดีนนัมเบอร์ที่ได้จะมีค่าที่แตกต่างกันมากอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 5.1 กราฟเปรียบค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของซังข้าวโพด



รูปที่ 5.2 กราฟเปรียบค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของแกลบ

ตารางที่ 5.2ตารางมาตรฐาน ASTM standard method (American Society for Testing and Materials standard methods)

ขนาดของถ่านคาร์บอไนต์ (mesh)	ไอโอดีนนัมเบอร์ (mg/g)	พื้นที่ผิว (m^2/g)
S-180	1,048	1,120
S-181	937	990
S-182	1,134	1270
S-183	1,005	1,115
S-184	937	1,010
S-185	592	600
S-186	1,109	1,350
S-187	520	590
S-188	865	920

6. การอภิปรายผล

การวิจัยนี้เป็นการหาค่าการดูดซับไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์โดยการหาค่าการดูดซับไอโอดีนนัมเบอร์ที่ดีที่สุดของถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดและแกลบโดยใช้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพของการดูดซับ ซึ่งการออกแบบการทดลองนี้ประกอบด้วยการวิเคราะห์หาค่าการดูดซับไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ที่ได้ ฉะนั้นการใช้สูตรในการคำนวณหาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์จึงมีความจำเป็นมาก เพราะจะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านกัมมันต์

7. สรุปและข้อเสนอแนะ

1. ในการเผากระตุ้นให้เป็นถ่านนั้นควรมีการเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาให้สูงขึ้น

2. ในการศึกษาความสามารถในการดูดซับสารต่างๆ ควรศึกษาในสภาวะที่แตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิในการเผากระตุ้นเพิ่มขึ้น หรือการแช่สารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น สภาวะเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการดูดซับได้

3. ควรมีการศึกษาการนำถ่านกัมมันต์ที่ใช้แล้ว มาฟื้นฟูสภาพให้กลับมาใช้ได้ใหม่หรือนำไปทดลองดูดซับสารอื่นๆต่อ เพื่อใช้ความสามารถในการดูดซับที่เหลือหลังจากดูดซับสารชนิดแรก

8. กิตติกรรมประกาศ

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

9. การอ้างอิง

[1] พงศธร โควัคชาภรณ์."ถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพด".จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต.วิศวกรรมศาสตร์(วิศวกรรมเคมี). 2537.

[2] พลัฏฐ์ โสภณากิจโกศล."การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวเพื่อใช้ในการดูดซับโลหะโครเมียม(VI)".มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.บัณฑิตวิทยาลัย. วิศวกรรมศาสตร์(วิศวกรรมเคมี), 2544.

[3] ปัญญา มณีจักร์."การเตรียมถ่านกัมมันต์จากลูกหูกวา". ภาควิชาเคมี,คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรังสิต, ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 หน้าที่ 119-128,พฤษภาคม, 2555.

[4] บุญชัย ตระกูลมหชัย."การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลาตาลโตนดในฟลูอิไดซ์เบด.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.บัณฑิตวิทยาลัย.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต.วิทยาศาสตร์(เคมีเทคนิค).2536.

[5] นิชชรี นิลนนท์."การผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้โกงกางด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและคาร์บอนไดออกไซด์".จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.บัณฑิตวิทยาลัย.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์(เคมีเทคนิค).2540.