การเปรียบเทียบคุณสมบัติถ่านกัมมันต์จากตะเกียบไม้ที่ใช้แล้วโดยการกระตุ้นทางกายภาพ

ภัฏศุภ์วิชญ์ พุ่มน้อย[1] วรวุฒิ มหากาล[1] กิตติพงษ์ เสียงเสนาะ[1*] และมัทนี เสียงเสนาะ[2]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม อำเภอเมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000

[2]กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวัดห้วยจรเข้วิทยาคม อำเภอเมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000

[*] kittipongpat@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันได้มีการนำถ่านกัมมันต์นำไปผลิตสิ่งของ เครื่องมือ เครื่องใช้ต่าง ๆ ได้อย่างมากมาย ทั้งด้านอุตสาหกรรม ด้านการเกษตร ด้านการแพทย์ ฯลฯ ซึ่งในตลาดต่างประเทศทั่วโลกมีความต้องการอย่างสูง แล้วยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบคือถ่านกัมมันต์จากจากไม้ไผ่ (ตะเกียบ) ที่ใช้แล้วให้มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก จึงได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถ่านกัมกัมมันต์จากตะเกียบไม้ที่ใช้แล้ว โดยการกระตุ้นทางกายภาพที่ความร้อนที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ในเวลาการกระตุ้น 3 ชั่วโมง แล้วศึกษาธาตุองค์ประกอบด้วยเครื่องวิเคราะห์ตัวอย่างโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-Ray Fluorescence Spectrometry รุ่น Cary Eclipse ; XRF) และนำไปเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์สำหรับห้องปฏิบัติการจากบริษัทเคมีภัณฑ์ กล่าวโดยสรุปถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่(ตะเกียบ)ที่ใช้แล้ว มีคุณสมบัติที่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดให้เป็นถ่านกัมมันต์ที่เทียบเท่าถ่านกัมมันต์สำหรับห้องปฏิบัติการจากบริษัทเคมีภัณฑ์หรือถ่านกัมมันต์สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้

คำสำคัญ: ถ่านกัมมันต์ การกระตุ้นทางกายภาพ, X-Ray Fluorescence Spectrometry

Comparison of Activated Carbon Properties from used Wooden Chopsticks by Physical Stimulation.

Patsuwit Pumnoi[1] Worawut Mahakal[1], Kittipong Siengsanoh[1*] and Mattanee Siengsanoh[2]

[1]Department of Science and Physics, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat, University, Nakhon Pathom, Thailand

[2]Department of Science, Wathuaichorakhe Witthayakhom School, Nakhon Pathom, Thailand

** kittipongpat@webmail.npru.ac.th*

Abstract

In the present, the activated carbon is used to production of various tools and appliances including industry, agriculture, medical, etc. In which the international market is highly demanded, and is an increase in the value of raw materials, namely activated carbon from bamboo (chopsticks) reused to have an increase in value. To studied the optimum conditions for the production of activated carbon from used chopsticks. Physical stimulation at heat at 800 degrees Celsius in 3 hours of stimulation, and studied element sample analysis of X-ray fluorescence techniques (X-Ray Fluorescence Spectrometry model Cary Eclipse ; XRF). Compared with activated carbon for the laboratory from chemical companies, summary of activated carbon from used bamboo (chopsticks). Qualified that can be further developed into activated carbon equivalent to activated carbon for the laboratory from chemical companies or activated carbon for used in various industries.

Keywords: Activated carbon, physical stimulation, X-Ray Fluorescence Spectrometry

1. บทนำ

ปัจจุบันถ่านกัมมันต์ได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ หลากหลายประเภททำให้มีความต้องการในปริมาณเพิ่มขึ้นต่อเนื่องทุกปี ประกอบกับกำลังการผลิตในประเทศไทยที่มีอยู่ไม่เพียงพอกับความต้องการการใช้ประโยชน์จากถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้น โดยจากข้อมูลของกรมศุลกากรพบว่าประเทศไทย มีการนำเข้าถ่านกัมมันต์จากต่างประเทศเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการบ่งชี้ให้เห็นถึงความต้องการถ่านกัมมันต์ที่เพิ่มขึ้นทุกปีได้เป็นอย่างดี สำหรับถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) เป็นวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักจึงทำให้ถ่านกัมมันต์ มีคุณลักษณะเฉพาะคือ พื้นที่ผิวสูงมาก ความพรุนสูง มีความสามารถในการดูดซับได้อย่างรวดเร็ว และมีเสถียรทางความร้อนที่ดี (ธีรดิตถ์ โพธิตันติมงคล, 2560) สำหรับธาตุคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบหลักของถ่านกัมมันต์นั้น เป็นธาตุเคมีชนิดหนึ่งที่มีรูปร่างที่หลากหลาย สามารถรวมกับธาตุชนิดอื่นแล้วเกิดเป็นสารประกอบได้หลากหลายชนิด ทั้งสารประกอบประเภทสารประกอบอินทรีย์ และสารอนินทรีย์โดยธาตุคาร์บอนอาจอยู่ในรูปของแกรไฟต์ เพชร ถ่าน หินปูน ปิโตรเลียม สำหรับธาตุคาร์บอนในรูปของแกรไฟต์ มีจุดเดือดประมาณ 3,375 องศาเซลเซียส หากเป็นเพชรมีจุดเดือดอยู่ที่ 4,827 องศาเซลเซียส การผลิตธาตุคาร์บอนให้มีคุณภาพสูง ต้องให้ความร้อนกับวัสดุที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่อุณหภูมิมากกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ซึ่งมักจะเรียกว่าถ่านกัมมันต์โดยพบว่าถ่านกัมมันต์มักจะมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักในปริมาณมากกว่า 57% จากคุณลักษณะเฉพาะดังกล่าวทำให้ถ่านกัมมันต์ถูกนำไปใช้งานในหลายรูปแบบ เช่น การกักเก็บและแยกก๊าซ การกักเก็บพลังงาน การบำบัดน้ำ และการกรองสิ่งสกปรก รวมถึงการกำจัดมลพิษอินทรีย์จากน้ำดื่ม หรือการใช้เป็น ตัวเร่งปฏิกิริยา (Chaouch et al., 2014) จากความสามารถในการดูดซับและราคาต้นทุนของถ่านจึงทำให้ถ่านกัมมันต์ถูกใช้งานเป็นตัวดูดซับที่สำคัญในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ (Fathy et al., 2012) ถ่านกัมมันต์สามารถผลิตได้จากวัสดุ หลากหลายชนิดจากผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร เช่น กะลามะพร้าวซึ่งเป็นของเสียและจะทำให้เกิดปัญหาด้านการกำจัดขยะรวมถึงจากพืช หรือ สัตว์ เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ (Ioannidou and Zabaniotou, 2007; Sayğili et al., 2015) การเตรียมถ่านกัมมันต์ คือ การทำให้คาร์บอนหรือถ่าน มีความสามารถในการดูดซับสูงขึ้นด้วยการก่อกัมมันต์เนื่องจากเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว (surface area) หรือการทำให้พื้นผิวมีความว่องไวมากขึ้น กรรมวิธีการเตรียมถ่านกัมมันต์ในปัจจุบันมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับ วัสดุที่ใช้เป็นวัตถุดิบและสมบัติที่ต้องการ โดยทั่วไปประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก คือกระบวนการทางกายภาพ และกระบวนการทางเคมี (Mohan and Pittman, 2006) สำหรับกระบวนการทางเคมี มักจะทำให้วัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์อิ่มตัวด้วยสารที่มีคุณสมบัติดูดน้ำ (dehydrating agent) ซึ่งสามารถแทรกซึมได้ทั่วถึง ทำให้ส่วนที่ไม่บริสุทธิ์ละลายได้เร็วขึ้น จากนั้นนำไปทำการแยกสลายด้วยความร้อน (Pyrolysis) ซึ่งเป็นการให้ความร้อนแก่วัตถุดิบที่อุณหภูมิสูงในสภาพ ไร้ออกซิเจนหรือมีปริมาณออกซิเจนจำกัด สำหรับกระบวนการทางกายภาพจะทำการคาร์บอไนเซชัน เพื่อเปลี่ยนวัตถุดิบให้เป็นถ่านกัมมันต์ และทำให้ถ่านกัมมันต์เกิดการพัฒนารูพรุนได้มากขึ้น โดยการออกซิไดซ์ด้วยแก๊ส เช่น แก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หรือไอน้ำ (H_2O) สำหรับงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นที่จะทำการศึกษาถึงคุณลักษณะเฉพาะด้านกายภาพของถ่านกัมมันต์จากตะเกียบไม้ไผ่ที่เป็นสิ่งที่ใช้ในการรับประทานอาหารในร้านอาหารหรืองานสำคัญต่าง ๆ ทั่วประเทศ นอกจากนั้นตะเกียบไม้ไผ่ยังมีองค์ประกอบของธาตุคาร์บอนอยู่ในเกณฑ์ มาตรฐานประกอบกับมีเส้นใยเซลลูโลสที่มีคุณภาพสูง และรูพรุนจำนวนมาก (ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก, 2558) โดยในขั้นตอนการศึกษาจะศึกษาคุณลักษณะเฉพาะด้านกายภาพของถ่านกัมมันต์จากตะเกียบไม้ไผ่เปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์จากบริษัทเคมีภัณฑ์สำหรับห้องปฏิบัติการเพื่อนำข้อมูลไปประเมินศักยภาพในการนำไปใช้งานในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร/ยา/อื่น ๆ ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไม้ไผ่ต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาถึงคุณลักษณะเฉพาะด้านกายภาพและเคมีของถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่(ตะเกียบ)ที่ใช้แล้ว
2. ศึกษาถึงคุณลักษณะเฉพาะด้านกายภาพของและเคมีถ่านกัมมันต์จากบริษัทเคมีภัณฑ์

3. เปรียบเทียบคุณลักษณะเฉพาะด้านกายภาพ ระหว่างกับถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ (ตะเกียบ) ที่ใช้แล้ว กับถ่านกัมมันต์จากบริษัทเคมีภัณฑ์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้ถ่านกัมมันต์ที่ต่างชนิดกันจำนวน 2 ชนิด คือ ถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ (ตะเกียบ) ที่ใช้แล้ว และ ถ่านกัมมันต์สำหรับห้องปฏิบัติการจากบริษัทเคมีภัณฑ์โดยในเบื้องต้นได้กำหนดรหัสของตัวอย่างเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ คือ AC-AA สำหรับถ่านกัมมันต์จากตะเกียบไม้ที่ใช้แล้ว และ AC-COM สำหรับถ่านกัมมันต์จากบริษัทเคมีภัณฑ์ตามลำดับ หลังจากนั้นถ่านกัมมันต์ ผลิตจากตะเกียบไม้ที่ใช้แล้วโดยการกระตุ้นทางกายภาพที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสกับถ่านกัมมันต์จากบริษัทเคมีภัณฑ์และนำมาทำการวิเคราะห์หาธาตุองค์ประกอบด้วยเครื่องวิเคราะห์ตัวอย่างโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-Ray Fluorescence Spectrometry รุ่น Cary Eclipse ; XRF) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ ที่อยู่ในตัวอย่างทดสอบ จะอาศัยหลักการเรื่องรังสีเอกซ์ ของตัวอย่าง โดยจะยิงรังสีเอกซ์เข้าไปในตัวอย่าง ธาตุต่าง ๆ ที่อยู่ในตัวอย่างจะดูดกลืนรังสีเอกซ์ แล้วคายพลังงานออกมา โดยพลังงานที่คาย หรือ Fluorescence ออกมานั้น จะมีค่าพลังงานขึ้นกับชนิดของธาตุที่อยู่ในตัวอย่างนั้น ๆ ทำให้สามารถแยกได้ว่าในตัวอย่างที่ทดสอบนั้นมีธาตุอะไรอยู่บ้าง โดยใช้ Detector วัดค่าพลังงานที่ออกมาจากตัวอย่าง สามารถวิเคราะห์ธาตุได้ตั้งแต่ Na-U โดยนำตัวอย่างมาบรรจุลงในภาชนะบรรจุ ตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ตัวอย่างโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-Ray Fluorescence Spectrometry รุ่น Cary Eclipse ; XRF) และทำการวิเคราะห์ตัวอย่างภายใต้เงื่อนไขของระบบ และบันทึกสเปกตรัมรังสีเอกซ์ของตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างจากฐานข้อมูลอ้างอิง

4. ผลการวิจัย

ลักษณะทางเคมีของถ่านกัมมันต์จากบริษัทเคมีภัณฑ์ (AC-COM) ที่ศึกษาจากการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเครื่องวิเคราะห์ตัวอย่างโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-Ray Fluorescence Spectrometry รุ่น Cary Eclipse ; XRF) พบว่าเมื่อวิเคราะห์เชิงคุณภาพสามารถแสดง ข้อมูลจากการวิเคราะห์ของ AC-COM ได้ดังตารางที่ 1 ซึ่งพบว่าองค์ประกอบหลักของถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิดเป็นคาร์บอนใน รูปของสารอินทรีย์ (CHO) และเมื่อวิเคราะห์ถึงธาตุองค์ประกอบอื่น ๆ ในรูปของสารอนินทรีย์ พบว่าประกอบด้วยธาตุ ซิลิคอน (Si) ฟอสฟอรัส (P) กำมะถัน (S) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมงกานีส (Mn) และ เหล็ก (Fe) เป็นธาตุองค์ประกอบ ข้อมูลจากการศึกษาด้วยเครื่องวิเคราะห์ตัวอย่างโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-Ray Fluorescence Spectrometry รุ่น Cary Eclipse ; XRF) เชิงปริมาณพบว่า AC-COM ประกอบด้วยธาตุชนิดต่าง ๆ ดังแสดงไว้ ในตารางที่ 1 ซึ่งจะพบว่า AC-COM มีธาตุองค์ประกอบหลักในรูปของสารอนินทรีย์เป็น แคลเซียมในสัดส่วน 51.58% โดย น้ำหนัก เหล็กในสัดส่วน 21.67% โดยน้ำหนัก และซิลิคอนในสัดส่วน 12.79% โดยน้ำหนัก สำหรับธาตุองค์ประกอบอื่น ๆ จะ มีปริมาณเพียงเล็กน้อย โดยธาตุอื่น ๆ ที่พบนั้น ประกอบด้วยกำมะถันในสัดส่วน 5.17% โดยน้ำหนัก โพแทสเซียมในสัดส่วน 3.37% โดยน้ำหนัก ฟอสฟอรัสในสัดส่วน 2.70% โดยน้ำหนัก แมงกานีสในสัดส่วน 0.76% โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 1 ปริมาณธาตุองค์ประกอบปริมาณ (wt%) ของ AC-COM

ธาตุองค์ประกอบ	ปริมาณ (wt%)
Si	12.79
P	2.70
S	5.17
K	3.37
Ca	51.58
Mn	0.76
Fe	21.67

การวิเคราะห์หาธาตุองค์ประกอบเชิงคุณภาพของ AC-AA พบว่าเมื่อวิเคราะห์เชิงคุณภาพสามารถแสดงข้อมูลจากการวิเคราะห์ของ AC-AA ได้ดังตารางที่ 2 มีธาตุที่เจือปนอยู่ใน AC-AA พบว่าประกอบด้วยธาตุ แมกนีเซียม (Mg) ซิลิคอน (Si) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมงกานีส (Mn) เหล็ก (Fe) และ สังกะสี (Zn) เป็นธาตุองค์ประกอบ จากผลการศึกษาด้วยเครื่องวิเคราะห์ตัวอย่างโดยเครื่องวิเคราะห์ตัวอย่างโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-Ray Fluorescence Spectrometry รุ่น Cary Eclipse ; XRF) เชิงปริมาณพบว่าประกอบด้วยธาตุชนิดต่าง ๆ ซึ่งสามารถแสดงได้ในตารางที่ 2 ซึ่งจะพบว่าธาตุองค์ประกอบหลักในรูป ของสารอนินทรีย์ประกอบด้วย โพแทสเซียมในสัดส่วน 41.43% แคลเซียมในสัดส่วน 11.71% โดยน้ำหนัก ซิลิคอนในสัดส่วน 21.48% โดยน้ำหนัก และฟอสฟอรัสในสัดส่วน 6.34% สำหรับธาตุองค์ประกอบอื่นๆ จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อย โดยธาตุอื่น ๆ ที่พบนั้น ประกอบด้วยแมกนีเซียมในสัดส่วน 14.06% โดยน้ำหนัก เหล็กในสัดส่วน 0.17% โดยน้ำหนัก แมงกานีสในสัดส่วน 0.34% และสังกะสีในสัดส่วน 0.06% โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 2 ปริมาณธาตุองค์ประกอบปริมาณ (wt%) ของ AC-AA

ธาตุองค์ประกอบ	ปริมาณ (wt%)
Mg	14.06
Si	21.48
P	6.34
K	41.34
Ca	11.71
Mn	0.34
Fe	0.17
Zn	0.06

ดังนั้นจากข้อมูลปริมาณธาตุองค์ประกอบของ AC-COM และ AC-AA ที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์ตัวอย่างโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-Ray Fluorescence Spectrometry รุ่น Cary Eclipse ; XRF) เมื่อนำมาเปรียบเทียบ กันดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 จะพบว่า AC-COM มีปริมาณธาตุต่าง ๆ ที่เจือปนน้อยกว่า AC-AA ยกเว้น แมกนีเซียม (Mg) และสังกะสี (Zn) นอกจากนั้นยังมีความแตกต่างของปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบใน AC-AA อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งคาดว่าใน AC-COM นั้นอาจจะมีสาเหตุมาจากขั้นตอนการกระตุ้น อันเกิดจากผู้ผลิตน่าจะใช้วิธีการกระตุ้นทางเคมีซึ่ง สารเคมีที่ใช้จะทำปฏิกิริยาเคมี

กับผิวคาร์บอน โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งวิธีการกระตุ้นทางเคมีเป็นวิธีการกระตุ้นที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากไม่ยุ่งยาก ใช้เวลาการกระตุ้นน้อย และอุณหภูมิที่ใช้กระตุ้นต่ำ

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณธาตุองค์ประกอบปริมาณ (wt%) ของ AC-COM และ AC-AA

ธาตุองค์ประกอบ	ปริมาณ (wt%)	
	AC-COM	AC-AA
Mg	-	14.06
Si	12.79	21.48
P	2.70	6.34
S	5.17	1.52
K	3.37	41.34
Ca	51.58	11.71
Mn	0.76	0.34
Fe	21.67	0.17
Zn	-	0.06

6. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาถ่านกัมมันต์ที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือถ่านกัมมันต์จากบริษัทเคมีภัณฑ์ (AC-COM) และ ถ่านกัมมันต์จากตะเกียบไม้ไผ่ (AC-AA) ที่ใช้แล้วพบว่าปริมาณธาตุองค์ประกอบที่พบในถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิด แตกต่างกัน โดยพบว่าถ่านกัมมันต์จากตะเกียบไม้ไผ่ (AC-AA) มีปริมาณธาตุต่าง ๆ เจือปนมากกว่าถ่านกัมมันต์จากบริษัทเคมีภัณฑ์ (AC-COM) อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้นองค์ประกอบของถ่านกัมมันต์จากบริษัทเคมีภัณฑ์ (AC-COM) พบว่ามีลักษณะทางโครงสร้างของคาร์บอนที่ชัดเจนมากกว่าโดยถ่านกัมมันต์จากบริษัทเคมีภัณฑ์ (AC-COM) มีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบ Cliftonite ดังนั้นจากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์จากบริษัทเคมีภัณฑ์ (AC-COM) มีคุณลักษณะเฉพาะด้านกายภาพ และเคมี ดีกว่าของถ่านกัมมันต์จากจากไม้ไผ่(ตะเกียบ)ที่ใช้แล้ว (AC-AA)

7.ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

จากผลการศึกษาครั้งนี้จะพบว่าธาตุองค์ประกอบจากถ่านกัมมันต์จากบริษัทเคมีภัณฑ์ (AC-COM) มีปริมาณธาตุองค์ประกอบมากกว่าถ่านกัมมันต์จากจากไม้ไผ่(ตะเกียบ)ที่ใช้แล้ว (AC-AA) ซึ่งจะสามารถเห็นจากผลชององค์ประกอบด้วยเครื่องวิเคราะห์ตัวอย่างโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-Ray Fluorescence Spectrometry รุ่น Cary Eclipse ; XRF) ดังนั้นเพื่อให้ได้คุณภาพของถ่านกัมมันต์จากจากไม้ไผ่(ตะเกียบ)ที่ใช้แล้ว (AC-AA) ที่ดีขึ้นควรปรับปรุงวิธีการเตรียมถ่านกัมมันต์และการกระตุ้นถ่านกัมมันต์จากจากไม้ไผ่(ตะเกียบ)ที่ใช้แล้ว (AC-AA) ที่ใช้แล้วเพื่อให้มีคุณลักษณะเฉพาะใกล้เคียงกับถ่านกัมมันต์จากบริษัททางการค้ามากขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ รองศาสตราจารย์ ดร. จักรพงษ์ แก้วขาว ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติพงษ์ เสียงเสนาะ ที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานวิจัยและแนวคิดในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติพงษ์ เสียงเสนาะ ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำเกี่ยวกับถ่านกัมมันต์ คอยติดต่อประสานอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย คอยตรวจทานความถูกต้องและให้คำแนะนำในการทำโครงงานวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์สำหรับโครงงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ สาขาวิชาฟิสิกส์ อาคารศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่อำนวยความสะดวกและให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ช่วยให้คำแนะนำ ตลอดระยะเวลาการทำงานวิจัยนี้

9. เอกสารอ้างอิง (References)

ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก. (2558). ถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ : ตลาดยังมีความต้องการสูง ?. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 23(6), (ฉบับพิเศษ), 945-954

ธีรดิตถ์ โพธิตันติมงคล. (2560). ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยการกระตุ้นทางเคมี เพื่อการประยุกต์ใช้กำจัดสารมลพิษในน้ำ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 8(1), 199-201

Chaouch, N., Ouahrani, M. R., and Laouini, S. E. (2014). Adsorption of lead (II) from aqueous solutions onto activated carbon prepared from algerian dates stones of Phoenix dactylifera L. (Ghars variety) by H3PO4 activation. Oriental Journal of Chemistry 30(3): 1317–1322.

Fathy, N. A., Sayed, S. A., and El-enin, R. M. M. A. (2012). Effect of activation temperature on textural and adsorptive properties for activated carbon derived from local reed biomass: Removal of p - Nitrophenol. Environmental Research, Engineering and Management 59(1): 10–22.

Ioannidou, O., and Zabaniotou, A. (2007). Agricultural residues as precursors for activated carbon production – A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 1: 1966–2005.

Mohan, D. and Pittman Jr, C.U. (2006). Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of tri-and hexavalent chromium from water. J Hazard Mater. 137: 762-811.

Sayğili, H., Güzel, F., and Önal, Y. (2015). Conversion of grape industrial processing waste to activated carbon.

Sorbent and its performance in cationic and anionic dyes adsorption. Journal of Cleaner Production 93: 84–93.