

ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์จากขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังในการ บำบัดน้ำเสียจากการย้อมไหม

Efficiency of Bagasse and Cassava Rhizome Activated Carbon on Dyed Silk Wastewater Treatment

อรนิจ อูปรี^{1*}, สัญญา สิริวิทยาปกรณ²

^{1*,2} ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Email : Oranit.aw@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเตรียมถ่านกัมมันต์จากขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังและเปรียบเทียบความสามารถในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลัง ซึ่งกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์และเถ้า รวมถึงศึกษาลักษณะทางกายภาพของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากขานอ้อย และเหง้ามันสำปะหลัง จากผลการทดลอง พบว่า คุณสมบัติที่เหมาะสมในการเผาวัตถุดิบให้เป็นถ่านพร้อมกับการกระตุ้น คือ 900 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้ถ่านก่อนกระตุ้นกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์และเถ้า มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์และโมลาลนัมเบอร์สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดติดผิวแล้ว พบว่า โดยรวมแล้วถ่านขานอ้อยที่กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์และเถ้ามีค่าไอโอดีนนัมเบอร์และโมลาลนัมเบอร์สูงกว่าถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงสุดเท่ากับ 655.68 มิลลิกรัมต่อกรัม และมีค่าโมลาลนัมเบอร์เท่ากับ 230.46 มิลลิกรัมต่อกรัม และจากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของถ่านกัมมันต์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า ถ่านขานอ้อยส่วนใหญ่จะมีรูพรุนหนาแน่นอยู่เต็มพื้นที่ รูพรุนมีขนาดใหญ่และลึก สำหรับถ่านเหง้ามันสำปะหลังที่กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์มีรูพรุนมาก เรียงตัวเป็นระเบียบหนาแน่น ในส่วนที่กระตุ้นด้วยเถ้าจะมีรูพรุนกระจายตัวอยู่ไม่หนาแน่นมากนัก ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากวัสดุทั้งสองชนิดนี้สามารถนำไปบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการฟอกย้อมผ้าได้ รวมถึงนำไปเป็นตัวดูดซับสีและกลิ่นในการบำบัดน้ำและอากาศได้อีกด้วย

คำสำคัญ : ถ่านกัมมันต์, ขานอ้อย, เหง้ามันสำปะหลัง, ไอโอดีนนัมเบอร์, โมลาลนัมเบอร์

Abstract

This research aimed to study the proper temperature to prepare the activated carbon from bagasse and cassava rhizome and compare adsorbing ability of the activated carbon made from bagasse and cassava rhizome activated with sodium chloride and ash. The physical characteristics of these activated carbons were also investigated. The proper temperature to burned the raw materials into the charcoal with activation was at 900 degrees celsius. The charcoal before activated with sodium chloride and ash had the highest iodine number and molasses number. When comparing adsorbing ability, the results showed that overall bagasse activated carbon had higher iodine number than cassava rhizome activated carbon, with the highest iodine number at 655.68 milligram per gram and molasses number at 230.46 milligram per gram and from the study the physical characteristics of the activated carbon with Scanning Electron Microscope (SEM), bagasse activated carbon had high porous density with small and deep pore size. For cassava rhizome activated carbon that activated with sodium chloride, the porous density was high. However, when activated with ash the cassava rhizome activated carbon will be porous density lower. The activated carbon from both materials can be used for dyed silk wastewater treatment. As well as to adsorb the color and odor of the water and the air.

Keywords : Activated carbon, Bagasse, Cassava rhizome, Iodine number, Molasses number

บทนำ

ปัจจุบันมีมลสารที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำและปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียมากมาย ซึ่งส่งผลกระทบต่ออย่างรุนแรงต่อสภาพแวดล้อมและส่งผลถึงสุขภาพอนามัยของมนุษย์ รวมทั้งการสะสมในแหล่งน้ำ ดิน ตะกอน และห่วงโซ่อาหาร เมื่อมนุษย์กินพืชหรือสัตว์ที่มีมลสารปนเปื้อน มลสารเหล่านั้นก็จะเข้าสู่ร่างกายและสะสมในปริมาณที่เพิ่มขึ้น (ปริญธร เต็มญารศิลป์, 2551)

น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชน และกิจกรรมที่เป็นอาชีพ ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและชำระล้างสิ่งสกปรกทั้งหลายภายในครัวเรือน และอาคารประเภทต่าง ๆ เป็นต้น น้ำเสียที่เกิดจากการย้อมไหมเป็นหนึ่งในน้ำเสียชุมชนที่ยังคงเป็นปัญหาอยู่เนื่องจากในปัจจุบันพบว่ามีน้ำทิ้งที่เกิดจากการฟอกย้อมสีของกลุ่มอาชีพและวิสาหกิจชุมชนที่ผลิตผ้าทอเป็นจำนวนมากได้ถูกเททิ้งสู่ธรรมชาติโดยไม่มีการบำบัด ซึ่งมีผลกระทบต่อสภาพสิ่งแวดล้อมและระดับน้ำใต้ดินของชุมชน ทำให้บางพื้นที่ไม่สามารถใช้น้ำจากบ่อน้ำในชุมชนได้

การดูดซับโดยใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมไหมที่นิยมที่สุด แต่วิธีการนี้เสียค่าใช้จ่ายสูงมากเนื่องจาก ถ่านกัมมันต์มีราคาสูง และต้องนำเข้าจาก

ต่างประเทศเนื่องจากการผลิตภายในประเทศไม่เพียงพอ จึงมีการพิจารณานำวัสดุชนิดอื่นที่มีราคาต่ำกว่ามาสังเคราะห์เพื่อใช้แทนถ่านกัมมันต์ ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนในการบำบัดน้ำเสียต่ำลงมาก วัสดุที่นำมาใช้แทนมักเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ ชังข้าวโพด เปลือกถั่วเหลือง แกลบ ขานอ้อย ก้านดอกทานตะวัน เป็นต้น (ธนกร จันทสุบรรณ, 2545) นอกจากนี้ยังมี ฟางข้าว ยอดใบอ้อย กากไยปาล์ม กะลาปาล์ม เหง้ามันสำปะหลัง เศษเปลือกไม้ยูคาลิปตัส (ธราพงศ์ วิจิตสานต์, 2554) ที่สามารถนำมาผลิตถ่านกัมมันต์ได้

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเตรียมถ่านกัมมันต์จากขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังและเปรียบเทียบความสามารถในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลัง ซึ่งกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์และเถ้า รวมถึงศึกษาลักษณะทางกายภาพของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลัง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเตรียมถ่านกัมมันต์จากขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังโดยวิธีทางเคมี
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังซึ่งกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์และสารละลายเถ้าลอย

3. เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากขานอ้อย และเหง้ามันสำปะหลัง

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาได้ออกแบบการทดลองออกเป็น 4 ช่วง

ช่วงที่ 1 การเตรียมถ่านกัมมันต์จากขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลัง

แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือการคาร์บอนิซ์ขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลัง ทำการทดลองโดยการนำขานอ้อย และเหง้ามันสำปะหลังมาลดขนาด และตากแดดจนแห้ง จากนั้นนำเข้าเตาอบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในตู้อบความชื้น แล้วนำเข้าเตาเผาโดยเผาด้วยอุณหภูมิ 500,700 และ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8 นำถ่านที่ร่อนแล้วไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิและเวลาเดิม ขั้นตอนที่สองเป็นการกระตุ้นถ่านกัมมันต์ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์อิ่มตัว และสารละลายเกลือ โดยนำถ่านมาแช่สารละลายดังกล่าวที่อัตราส่วนถ่านต่อสารกระตุ้น 1:2 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิและเวลาเดิม และเผากระตุ้นอีกครั้งหนึ่งที่อุณหภูมิเช่นเดียวกับขั้นตอนการคาร์บอนิเซชัน นำถ่านออกมาล้างด้วยน้ำประปาให้ฟิเอชเป็นกลางแล้วนำไปอบไล่ความชื้นอีกครั้ง

ช่วงที่2 การศึกษาการดูดซับไอโอดีนและโมลาสนมเบอร์

เป็นการวิเคราะห์ค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ตามมาตรฐาน ASTM D2867 (ลลิตา นิทัศน์จารุกุล, 2544) ทดลองโดยการนำถ่านที่กระตุ้นแล้วมาบดให้ละเอียดจนสามารถร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 100 เมช และ 325 เมช ได้ จากนั้นนำไปบดไล่ความชื้นที่ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ประมาณค่าน้ำหนักของถ่านที่จะใช้ในการทดลอง 3 ค่าน้ำหนักใส่ในขวดรูปชมพู่แล้วเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 5% นำไปตั้งบน hot plate ในตู้ดูดควันเพื่อไล่ซัลเฟอร์ออก ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมสารละลายไอโอดีน 0.1 N จากนั้นนำมากรองผ่านกระดาษกรองพับจีบหมายเลข 42 แล้วนำสารละลายที่กรองได้มาไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต บันทึกข้อมูลและนำค่าไปคำนวณการดูดซับ

สำหรับการวัดโมลาสนมเบอร์อ้างอิงจากการทำงานของวณสิริ ประยูรพรหม (2539) โดยการนำถ่านที่กระตุ้นแล้วมาบดให้ละเอียดจนสามารถร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 325 เมช ซึ่งถ่านกัมมันต์และถ่านกัมมันต์อ้างอิง (ทราบค่าโมลาสนมเบอร์) ลงในขวดรูปชมพู่ เติมน้ำตาลทราย โมลาสจำนวน 50 มล. กวนด้วยแท่งแก้วแล้วนำไปต้มให้เดือด จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรองพับจีบหมายเลข 5 นำสารละลายที่กรองได้ไปวัด Abs ที่ 425 นาโนเมตร นำผลที่วัดได้มาคำนวณหาโมลาสนมเบอร์

ช่วงที่3 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของถ่านกัมมันต์

นำตัวอย่างถ่านกัมมันต์ที่มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์และโมลาสนัมเบอร์สูงที่สุดไปวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

(Scanning Electron Microscope: SEM) ที่กำลังขยาย 100,400 และ 800 เท่า

ผลการวิจัย

1. อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเตรียมถ่านกัมมันต์จากขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังโดยวิธีทางเคมี

Iodine number

อุณหภูมิที่ใช้เผา(°C)	ก่อน		หลัง					
	อ้อย (mg/g)	มัน (mg/g)	NaCl		ถั่ว		น้ำกลั่น	
			อ้อย (mg/g)	มัน (mg/g)	อ้อย (mg/g)	มัน (mg/g)	อ้อย (mg/g)	มัน (mg/g)
500	249.37	351.26	399.60	466.11	411.61	437.31	403.00	455.62
700	375.30	420.55	534.68	536.72	575.17	548.42	589.64	595.20
900	497.06	521.28	655.68	589.44	609.93	655.44	610.43	617.17

จากผลการทดสอบไอโอดีนนัมเบอร์พบว่า ถ่านขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังก่อนและหลังกระตุ้นด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์และสารละลายถั่วลอมมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงที่สุดเมื่อเผาด้วยอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาถ่านขานอ้อยจะเห็นว่าถ่านขานอ้อยที่กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์มีค่าไอโอดีนสูงกว่าถ่านขานอ้อยที่กระตุ้นด้วย

สารละลายถั่วลอมและน้ำกลั่นซึ่งสูงถึง 655.68 มก./ก. ส่วนถ่านเหง้ามันสำปะหลังที่กระตุ้นด้วยสารละลายถั่วลอมจะมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงกว่าสารกระตุ้นอื่น ๆ ซึ่งสูงถึง 655.44 มก./ก. สรุปได้ว่า ถ่านขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังที่เผาด้วยอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เหมาะสมสำหรับนำไปดูดซับสารโมเลกุลเล็กได้ดี

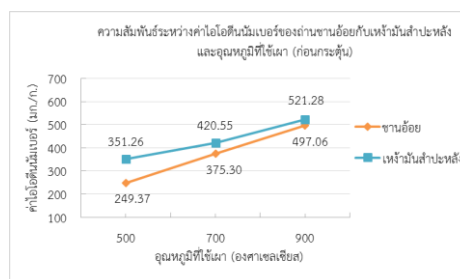
Molasses number

อุณหภูมิที่ใช้เผา (°C)	ก่อน		หลัง					
	อ้อย (mg/g)	มัน (mg/g)	NaCl		เถ้า		น้ำกลั่น	
			อ้อย (mg/g)	มัน (mg/g)	อ้อย (mg/g)	มัน (mg/g)	อ้อย (mg/g)	มัน (mg/g)
500	247.86	269.89	251.16	209.3	253.37	219.22	254.47	218.12
700	272.46	282.37	225.09	211.14	214.08	208.57	201.22	200.78
900	287.52	299.63	230.46	185.80	222.52	183.60	180.29	199.76

จากผลการทดสอบโมลาสнімเบอร์พบว่า ถ่านชานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังก่อนกระตุ้นด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์และสารละลายเถ้าลอยมีค่าโมลาสнімเบอร์สูงที่สุดเมื่อเผาด้วยอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส แต่หลังกระตุ้นด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์และสารละลายเถ้าลอย พบว่า ค่าโมลาสнімเบอร์จะสูงที่สุดเมื่อเผาด้วยอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส และเมื่อพิจารณาถ่านที่กระตุ้นและไม่กระตุ้น พบว่า ถ่านที่ไม่กระตุ้นมีค่าโมลาสнімเบอร์สูงกว่าสรุปได้ว่า ถ่านชานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังที่เผาด้วยอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส และไม่ผ่านการกระตุ้นเหมาะสมสำหรับนำไปดูดซับสารโมเลกุลใหญ่มากกว่าถ่านที่ผ่านการกระตุ้น

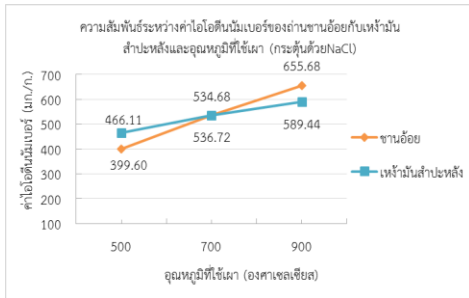
2. ความสามารถในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากชานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลัง

Iodine number



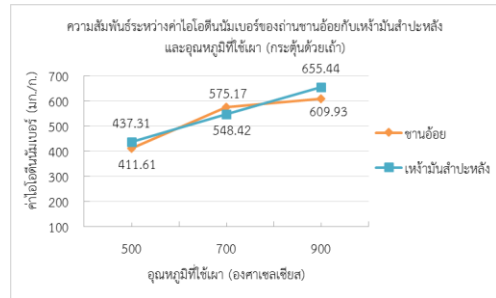
ภาพที่ 1 Iodine number ของถ่านชานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังก่อนกระตุ้นทางเคมีเทียบกับอุณหภูมิที่ใช้เผา

จากภาพที่ 1 พบว่าถ่านเหง้ามันสำปะหลังมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงกว่าถ่านชานอ้อยทั้งสามอุณหภูมิแสดงว่าถ่านเหง้ามันสำปะหลังมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารโมเลกุลเล็กดีกว่าถ่านชานอ้อยจากอุณหภูมิ 500 ถึง 700 องศาเซลเซียสจะเห็นว่ายิ่งเพิ่มอุณหภูมิขึ้นค่าไอโอดีนนัมเบอร์ก็จะยิ่งสูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิถึง 900 องศาเซลเซียส ถ่านทั้งสองชนิดมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ใกล้เคียงกันแสดงให้เห็นว่าถ่านทั้งสองชนิดมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารโมเลกุลเล็กใกล้เคียงกันเมื่ออุณหภูมิสูง



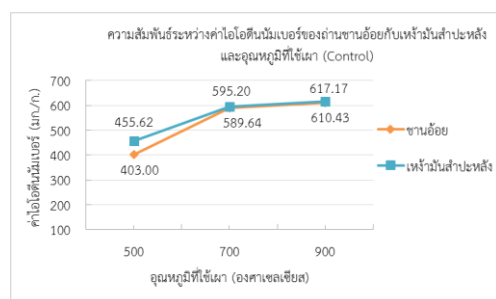
ภาพที่ 2 Iodine number ของถ่านขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังหลังถูกกระตุ้นด้วย NaCl เทียบกับอุณหภูมิที่ใช้เฝ้า

จากภาพที่ 2 พบว่า ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ถ่านเหง้ามันสำปะหลังมีค่าไอโอดีนัมเบอร์สูงกว่าถ่านขานอ้อย แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงถึง 900 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าถ่านขานอ้อยมีค่าไอโอดีนัมเบอร์สูงกว่าถ่านเหง้ามันสำปะหลัง แสดงว่า ถ่านเหง้ามันสำปะหลังมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารโมเลกุลเล็กดีกว่าถ่านขานอ้อยที่อุณหภูมิต่ำเท่านี้ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นถ่านขานอ้อยจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารโมเลกุลเล็กดีกว่า และเมื่อพิจารณาแนวโน้มของกราฟ จะเห็นว่าถ่านจากขานอ้อยมีแนวโน้มค่าไอโอดีนัมเบอร์สูงขึ้นอีกเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้น



ภาพที่ 3 Iodine number ของถ่านขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังที่ถูกกระตุ้นด้วย เถ้าเทียบกับอุณหภูมิที่ใช้เฝ้า

จากภาพที่ 3 พบว่าถ่านเหง้ามันสำปะหลังมีค่าไอโอดีนัมเบอร์สูงกว่าถ่านขานอ้อยเล็กน้อยที่อุณหภูมิ 500 และ 900 องศาเซลเซียส แต่เมื่อพิจารณาแนวโน้มของกราฟ จะเห็นว่าถ่านเหง้ามันสำปะหลังมีค่าไอโอดีนัมเบอร์สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ แสดงว่าถ่านเหง้ามันสำปะหลังที่กระตุ้นด้วยสารละลายเถ้าลอยมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารโมเลกุลเล็กได้ดีกว่าถ่านขานอ้อย

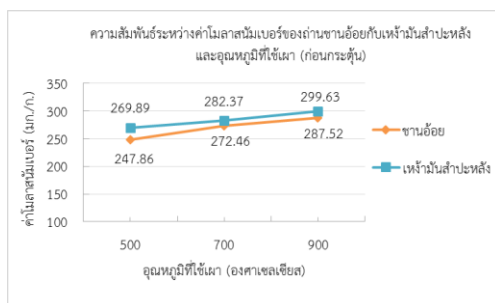


ภาพที่ 4 Iodine number ของถ่านขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังที่กระตุ้นด้วยน้ำกลั่น(control) เทียบกับอุณหภูมิที่ใช้เฝ้า

จากภาพที่ 4 พบว่า ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ถ่านเหล่าน้ำส้มสำหรับค่าไอโอดีนนั้นเบอร์ดสูงกว่าถ่านชานอ้อย แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นจะเห็นว่าถ่านทั้งสองชนิดมีค่าไอโอดีนนั้นเบอร์ดใกล้เคียงกันมาก แสดงว่า ถ่านเหล่าน้ำส้มสำหรับประสิทธิภาพในการดูดซับสารโมเลกุลเล็กดีกว่าถ่านชานอ้อยในอุณหภูมิต่ำเท่านั้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับใกล้เคียงกัน

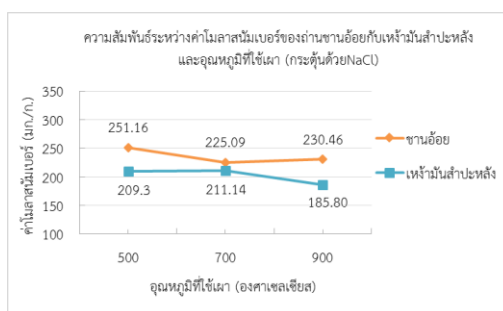
จากผลการทดสอบการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ชานอ้อยและเหล่าน้ำส้มสำหรับ พบว่า ถ่านเหล่าน้ำส้มสำหรับก่อนกระตุ้นด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์และถ่านชานอ้อยมีค่าไอโอดีนนั้นเบอร์ดสูงกว่าชานอ้อย แสดงว่ามีประสิทธิภาพในการดูดซับสารโมเลกุลเล็กดีกว่าถ่านชานอ้อยแต่เมื่อนำถ่านทั้งสองชนิดมากระตุ้นแล้วพบว่าโดยรวมแล้วถ่านชานอ้อยมีค่าไอโอดีนนั้นเบอร์ดสูงกว่าถ่านเหล่าน้ำส้มสำหรับ ดังนั้น ถ่านชานอ้อยมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารโมเลกุลเล็กได้ดีกว่าถ่านเหล่าน้ำส้มสำหรับ

Molasses number



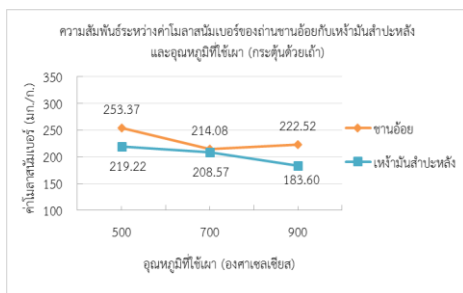
ภาพที่ 5 Molasses number ของถ่านชานอ้อยและเหล่าน้ำส้มสำหรับก่อนกระตุ้นทางเคมีเทียบกับอุณหภูมิที่ใช้เผา

จากภาพที่ 5 พบว่าถ่านเหล่าน้ำส้มสำหรับมีค่าโมลาสเนมเบอร์สูงกว่าถ่านชานอ้อยทั้งสามอุณหภูมิ แสดงว่า ถ่านเหล่าน้ำส้มสำหรับมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารโมเลกุลใหญ่ได้ดีกว่าถ่านชานอ้อย แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นจะเห็นว่าถ่านเหล่าน้ำส้มสำหรับมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารโมเลกุลใหญ่ได้ดีกว่าถ่านชานอ้อยเพียงเล็กน้อยเท่านั้น



ภาพที่ 6 Molasses number ของถ่านชานอ้อยและเหล่าน้ำส้มสำหรับหลังถูกกระตุ้นด้วย NaCl เทียบกับอุณหภูมิที่ใช้เผา

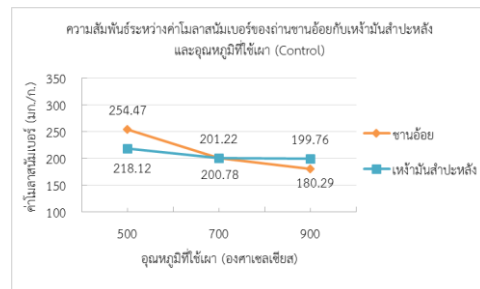
จากภาพที่ 6 พบว่า ถ่านชานอ้อยมีค่าโมลาสнімเบอร์สูงกว่าถ่านเหง้ามันสำหรับทั้งสามอุณหภูมิ แต่ถ่านทั้งสองชนิดที่กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์มีแนวโน้มของค่าโมลาสнімเบอร์ลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แสดงว่าถ่านทั้งสองชนิดมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารโมเลกุลใหญ่ลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้น



ภาพที่ 7 Molasses number ของถ่านชานอ้อยและเหง้ามันสำหรับที่ถูกระตุ้นด้วยเกลือเทียบกับอุณหภูมิที่ใช้เผา

จากภาพที่ 7 พบว่า ถ่านชานอ้อยมีค่าโมลาสнімเบอร์สูงกว่าถ่านเหง้ามันสำหรับทั้งสามอุณหภูมิ แต่ถ่านทั้งสองชนิดที่กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์มีแนวโน้มของค่าโมลาสнімเบอร์ลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แสดงว่าถ่านทั้งสองชนิดมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารโมเลกุลใหญ่ลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้น และเมื่อพิจารณาแนวโน้มของกราฟจะเห็นว่าถ่านเหง้ามันสำหรับมีแนวโน้มของค่าโมลาสнімเบอร์ลดลงอย่างต่อเนื่องแสดงว่า เมื่อกระตุ้นถ่านทั้งสองชนิดด้วยสารละลายเกลือถ่านเหง้ามันสำหรับมีประสิทธิภาพใน

การดูดซับสารโมเลกุลใหญ่ได้ต่ำกว่าถ่านชานอ้อยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น



ภาพที่ 8 Molasses number ของถ่านชานอ้อยและเหง้ามันสำหรับที่กระตุ้นด้วยน้ำกลั่น(Control) เทียบกับอุณหภูมิที่ใช้เผา

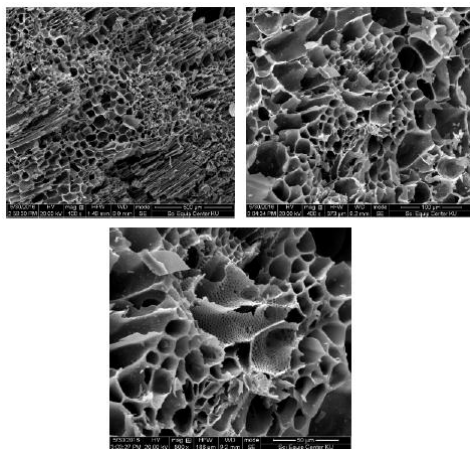
จากภาพที่ 8 พบว่า ถ่านชานอ้อยมีค่าโมลาสнімเบอร์สูงกว่าถ่านเหง้ามันสำหรับทั้งสามอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นกลับมีค่าโมลาสнімเบอร์ลดลงอย่างต่อเนื่อง แสดงว่าถ่านชานอ้อยที่เป็นถ่านควบคุม (ไม่ใช้สารกระตุ้น) มีประสิทธิภาพในการดูดซับสารโมเลกุลใหญ่ได้ดีที่อุณหภูมิต่ำเท่านั้น ส่วนถ่านเหง้ามันสำหรับมีแนวโน้มของค่าโมลาสнімเบอร์ลดลงเพียงเล็กน้อย

จากการทดสอบโมลาสнімเบอร์ของถ่านชานอ้อยและเหง้ามันสำหรับ พบว่าถ่านเหง้ามันสำหรับก่อนกระตุ้นด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์และเกลือลอยมีค่าโมลาสнімเบอร์สูงกว่าชานอ้อย แสดงว่า มีประสิทธิภาพในการดูดซับสารโมเลกุลใหญ่ได้ดีกว่าถ่านชานอ้อยแต่นำถ่านทั้งสองชนิดมากระตุ้นพบว่าโดยรวมแล้ว

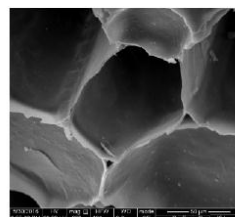
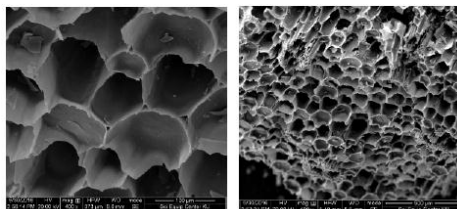
ถ่านขานอ้อยมีค่าโมลาสนับเบอร์สูงกว่า ถ่านเหม้านสำปะหลัง ดังนั้น ถ่านขานอ้อย มีประสิทธิภาพในการดูดซับสารโมเลกุล ใหญ่ได้ดีกว่าถ่านเหม้านสำปะหลัง

3. ลักษณะทางกายภาพของถ่าน กัมมันต์ที่ได้

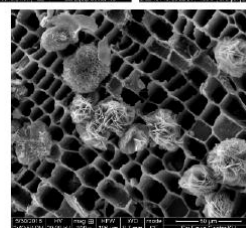
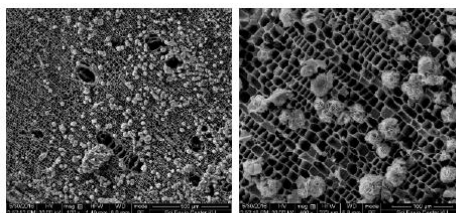
จากขานอ้อยและเหม้านสำปะหลัง นำถ่านกัมมันต์ที่มีค่า Iodine number และ Molasses number สูงสุด ไปวิเคราะห์ ลักษณะทางกายภาพของถ่านกัมมันต์ด้วย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) ที่กำลังขยาย 100, 400 และ 800 เท่า ได้ผลดังนี้



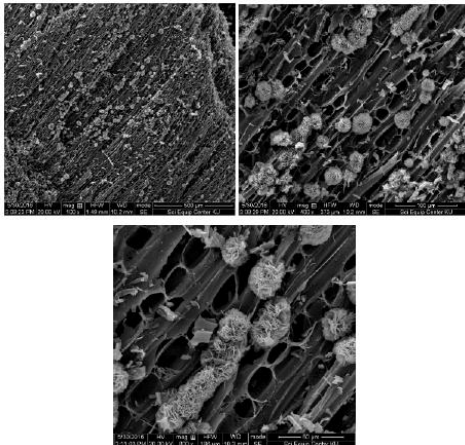
ภาพที่ 9, 10 และ 11 แสดงลักษณะโครงสร้าง พื้นผิว และรูพรุนของถ่านขานอ้อยที่ถูก กระตุ้นด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ เมื่อ ใช้กำลังขยาย 100, 400 และ 800 เท่า ตามลำดับ



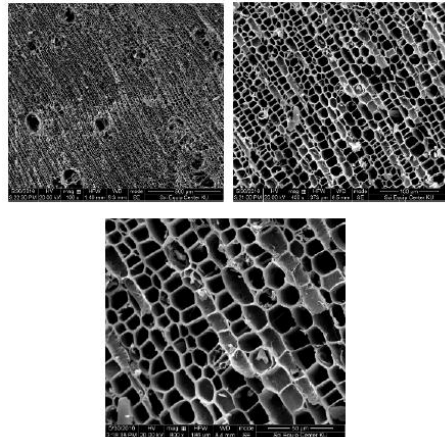
ภาพที่ 12, 13 และ 14 แสดงลักษณะโครงสร้าง พื้นผิว และรูพรุนของถ่านขานอ้อยที่ถูก กระตุ้น ด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ เมื่อใช้ กำลังขยาย 100, 400 และ 800 เท่า ตามลำดับ



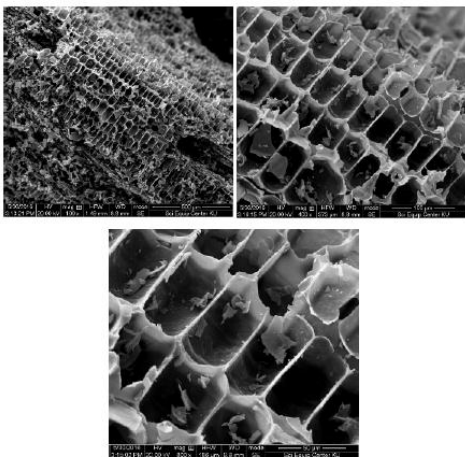
ภาพที่ 15, 16 และ 17 แสดงลักษณะโครงสร้าง พื้นผิว และรูพรุนของถ่านเหม้าน สำปะหลังที่ถูกกระตุ้นด้วยสารละลาย โซเดียมคลอไรด์ เมื่อใช้กำลังขยาย 100, 400 และ 800 เท่า ตามลำดับ



ภาพที่ 18, 19 และ 20 ลักษณะโครงสร้างพื้นผิว และรูพรุนของถ่านเหง้ามันสำปะหลังที่ถูกกระตุ้นด้วยสารละลายเอ็กอลอย เมื่อใช้กำลังขยาย 100, 400 และ 800 เท่า ตามลำดับ



ภาพที่ 24, 25 และ 26 แสดงลักษณะโครงสร้างพื้นผิว และรูพรุนของถ่านเหง้ามันสำปะหลังที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้น (Control) เมื่อใช้กำลังขยาย 100, 400 และ 800 เท่า



ภาพที่ 21, 22 และ 23 แสดงลักษณะโครงสร้างพื้นผิว และรูพรุนของถ่านชานอ้อยที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้น เมื่อใช้กำลังขยาย 100, 400 และ 800 เท่า ตามลำดับ

จากภาพลักษณะโครงสร้างพื้นผิว และรูพรุนของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากชานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังเมื่อใช้กำลังขยาย 100, 400 และ 800 เท่า สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

วัตถุต้น	สภาวะ	ลักษณะที่ปรากฏ
ชานอ้อย	กระตุ้นด้วย NaCl	มีรูพรุนจำนวนมากอยู่เต็มพื้นที่ รูขนาดเล็กและเล็กกระจุกตัวอยู่บริเวณเดียวกัน และมีรูพรุนขนาดใหญ่อยู่บริเวณโดยรอบ
	กระตุ้นด้วยเอ็กอลอย	มีรูพรุนขนาดใหญ่อยู่เต็มพื้นที่ กระจายตัวสม่ำเสมอ รูพรุนมีขนาดกว้าง รูเล็กและตันสลับกันไป
	ถ่านควบคุม	มีรูพรุนหนาแน่นอยู่เต็มพื้นที่ จัดเรียงตัวกันคล้ายขี้ข้าวโพด ลักษณะของรูตัน ไม่ลึกมากนัก และเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดเล็ก
เหง้ามันสำปะหลัง	กระตุ้นด้วย NaCl	มีรูพรุนมาก เรียงตัวเป็นระเบียบอย่างหนาแน่น รูพรุนมีลักษณะเล็กและลึก
	กระตุ้นด้วยเอ็กอลอย	มีรูพรุนกระจายตัวอยู่ไม่หนาแน่น แต่เรียงตัวเป็นระเบียบในแนวเดียวกัน ลักษณะรูพรุนเล็กและลึก
	ถ่านควบคุม	มีรูพรุนมาก หนาแน่นอยู่เต็มพื้นที่ เรียงตัวกันคล้ายเม็ดข้าวโพด รูพรุนมีขนาดเล็กและลึก

สรุปและอภิปรายผล

1. อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเตรียม ถ่านกัมมันต์จากขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังโดยวิธีทางเคมี

เมื่อพิจารณาจากค่าไอโอดีนนัมเบอร์พบว่า ถ่านขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังก่อนและหลังกระตุ้นด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์และสารละลายเถ้าลอยมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงที่สุดเมื่อเผาด้วยอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส แสดงว่าถ่านที่เผาด้วยอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เหมาะสมสำหรับการเตรียมถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิดเพื่อนำไปใช้ในการดูดซับสารโมเลกุลขนาดเล็กมากที่สุด และเมื่อพิจารณาจากค่าโมลาสนัมเบอร์พบว่า ถ่านขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังก่อนกระตุ้นมีค่าโมลาสนัมเบอร์สูงที่สุด เมื่อเผาด้วยอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ดังนั้น เหมาะสมสำหรับเตรียมถ่านกัมมันต์ เพื่อนำไปใช้ในการดูดซับสารโมเลกุลใหญ่

2. ความสามารถในการดูดติดผิวของ ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลัง

ถ่านเหง้ามันสำปะหลังมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารโมเลกุลเล็กได้ดีกว่าถ่านขานอ้อยก่อนการกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์และเถ้าเท่านั้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นถ่านขานอ้อยที่กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์และเถ้าจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารโมเลกุลเล็กได้ดีกว่า และยิ่งเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นอีก ค่าไอโอดีนนัมเบอร์จะยิ่งสูงขึ้น (Ceyhan et al., 2013) และ

ถ่านขานอ้อยยังมีค่าโมลาสนัมเบอร์สูงกว่า ถ่านเหง้ามันสำปะหลังทั้งสามอุณหภูมิ แสดงว่าสามารถดูดซับสารโมเลกุลใหญ่ได้ดีกว่าถ่านเหง้ามันสำปะหลัง แต่จากแนวโน้มของกราฟ พบว่าหลังจากมีการกระตุ้นถ่านด้วยโซเดียมคลอไรด์และเถ้า ค่าโมลาสนัมเบอร์ลดลง และยิ่งอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้น ค่าโมลาสนัมเบอร์ก็ยิ่งลดลง แสดงว่าประสิทธิภาพในการดูดซับสารลดลงด้วย (Ahmednaet al., 2000) ค่าโมลาสนัมเบอร์แปรผันตรงขนาดรูพรุนของ ถ่านกัมมันต์เม็ด (วจนสิริ ประยูรพรหม, 2539)

3. ลักษณะทางกายภาพของ ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลัง

ภาพ ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ถ่านขานอ้อยส่วนใหญ่จะมีรูพรุนหนาแน่น อยู่เต็มพื้นที่ รูพรุนมีขนาดใหญ่และเล็ก สำหรับถ่านเหง้ามันสำปะหลังที่กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์มีรูพรุนมาก เรียงตัวเป็นระเบียบหนาแน่น ในส่วนที่กระตุ้นด้วยเถ้าจะมีรูพรุนกระจายตัวอยู่ไม่หนาแน่นมาก

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้

1. ควรมีการเปรียบเทียบอัตราส่วนของสารกระตุ้นกับถ่านที่อัตราส่วนแตกต่างกัน เพื่อทราบแนวโน้มของค่าไอโอดีนนัมเบอร์และโมลาสนัมเบอร์

2. ควรมีการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของถ่านกัมมันต์ก่อนกระตุ้นด้วยเพื่อเปรียบเทียบลักษณะของรูพรุนและโครงสร้างของถ่านกัมมันต์

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวัสดุทางการเกษตรอื่น ๆ

2. ควรมีการศึกษาศักยภาพของถ่านกัมมันต์โดยใช้ตัวชี้วัดอื่น เช่น การดูดซับสารละลายเมทิลีนบลู การดูดซับไนโตรเจน เป็นต้น

3. ควรมีการศึกษาการนำถ่านกัมมันต์ไปบำบัดน้ำเสียหลายประเภท เช่น น้ำเสียที่เกิดจากการย้อมผ้า น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

คะนิงนิจ สุวรรณสิงห์. (2557). ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์จากเศษวัสดุไม้ไผ่ในการบำบัดน้ำเสียจากสีย้อมแอซิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธนากร จันทสุบรรณ. (2545). ประสิทธิภาพในการกำจัดสีจากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงงานฟอกย้อมของควอเตอร์ไนซ์โครสติกส์เซลลูโลสที่เตรียมจากเส้นใยลูกปาล์ม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธราพงษ์ วิทิตตานต์. (2554). ถ่านกัมมันต์การผลิตและการนำไปใช้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คลัง นานาวิทยา.

ปริญทร เต็มญารศิลป์. (2551). การเตรียมและการวิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์จากไผ่ตงและไผ่หมาจู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลลิตา นิต์ศนจารกุล. (2544). การกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดติดผิวโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วจน์สิริ ประยูรพรหม. (2539). ขนาดรูพรุนที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์เม็ดสำหรับการกำจัดสีจากโรงงานย้อมผ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Ahmedna M., W.E.M., R.M. Rao. (2000). Production of Granular Activated Carbons from Select Agricultural by-Products and Evaluation of Their Physical, Chemical and Adsorption Properties *Bioresource Technology*. 71 113-123.

Ceyhan, A.A., Ö. Şahin, O. Baytar and
C. Saka. (2013). Surface and Porous
Characterization of Activated Carbon
Prepared from Pyrolysis of Biomass
by Two-Stage Procedure at Low
Activation Temperature and It's
the Adsorption of Iodine. **Journal of
Analytical and Applied Pyrolysis.**
104 378-383.