



รายงานวิจัย

เรื่อง

การผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งด้านเกษตรกรรมและการใช้ประโยชน์ใน
การดูดซับโลหะหนักและสีย้อมชนิดเบสิก

Activated Carbon Production from Agriculture Wastes and Removal of
Heavy Metals and Basic Dyes



เลขหมู่ RCH TD 758 . 5 . H 4 ๗๕๕๑ คณะนักวิจัย

เลขทะเบียน 73051

วัน,เดือน,ปี 27 ต.ย. 2550 น.ส. สุมลรัตน์ จินตนาศิรินุรักษ์

นาย บรรจง บุญชม นาง จินดา มั่งมี

รศ.ดร. เฉลิม เรืองวิริยะชัย ผศ.ดร. ไฉนพร ดำนวิรุฑัย

วิทยาเขตชุมพร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

หมวดเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2549

วิทยาเขตชุมพร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กันยายน 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๗๗๖๗๕๐๖
๖.....
๗.....

บทคัดย่อ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้พยายามทำการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งทางชีวมวลด้วยวิธีที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสม โดยพยายามผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยการกระตุ้นด้วยสารละลายอิมิตัวของโซเดียมคลอไรด์และผงเกลือโซเดียมคลอไรด์ จากวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตรกรรม 4 ชนิด ได้แก่ กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ไม้ซ้าวโปก และเปลือกทุเรียน โดยศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ เวลา สัดส่วนของสารกระตุ้นและผลผลิตที่ได้ พบว่า เวลา และสัดส่วนของสารกระตุ้นที่เหมาะสม คือ 1 ชม. และ 50 % ตามลำดับ ในอุณหภูมิ 800 °C ซึ่งจะให้ถ่านกัมมันต์ที่คุณภาพดีที่สุด จากนั้นได้ศึกษาประสิทธิภาพของการดูดซับของถ่านกัมมันต์ 8 ชนิด จาก 4 วัสดุเหลือทิ้งทางเกษตรกรรมที่ได้จากการกระตุ้นด้วย NaCl ในรูปที่ต่างกัน 2 แบบ สมบัติการดูดซับจะถูกตรวจสอบด้วยการกำจัดโลหะหนัก 4 ชนิด (Cu Fe Ni และ Zn) และ สีย้อม 3 ชนิด (คริสตัลไวโอเรด เมทิลีนบลู และเมทิลเรด) โดยมีตัวแปรต่าง ๆ คือ ปริมาณของถ่านกัมมันต์ เวลา อุณหภูมิและค่า pH ที่เหมาะสม ค่าเฉลี่ยการกำจัดโลหะ 4 ชนิด และ สีย้อม 3 ชนิด ได้ค่าที่แตกต่างกันระหว่างถ่านกัมมันต์ทั้ง 8 ชนิด ภายใต้การทดลองในสภาวะตัวแปรที่แตกต่างกัน

Abstract

In this study, attempts were made to utilize biomass residues in a proper and efficient way. As a part of these attempts, activated carbons were produced by a chemical activation with saturated sodium chloride and sodium chloride powder from four kinds of agriculture wastes; coconut shell, oil palm shell, handy corn, and durian shell. The effects of temperature and impregnation ratio on activation and yield were also studied. The optimum activation time and impregnation ratio giving the highest quality activated carbons were 1 hour and 50%, respectively, at 800°C. The removal of four metals (Cu, Fe, Ni, and Zn) and three dyes (crystal violet, methylene blue, and methyl red) at different reaction conditions; such as absorbent dose, contact time, temperature, and pH, was investigate to determine the adsorption potential of eight activated carbons by four agricultural wastes activated by two NaCl activated forms. An average removal of four metals and three dyes are different in all eight activated carbons under several conditions in the experiment.

คำนำ

งานวิจัยเรื่อง “การผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งด้านเกษตรกรรมและการใช้ประโยชน์ในการดูดซับโลหะหนักและสีย้อมชนิดเบสิก” โดยเลือกวัสดุเหลือทิ้งที่มีจำนวนมากในเขตจังหวัดชุมพร ได้แก่ กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ไม้ซ่าวโปก และเปลือกทุเรียน ซึ่งได้นำมาศึกษากระบวนการเผาและกระตุ้นเพื่อให้เกิดรูพรุน เพื่อให้เหมาะสมที่สามารถจะนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักที่เป็นพิษ และสีย้อม อันเป็นเหตุให้เกิดมลพิษทางน้ำ โดยงานวิจัยนี้ยังได้ศึกษาพฤติกรรมที่เหมาะสมในการดูดซับโลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่ Cu, Fe, Ni, และ Zn ส่วนในการใช้ในการกำจัดสีย้อมนั้นผู้ทำการวิจัยได้เลือกสีย้อม 3 ชนิด และได้เปลี่ยนแปลงไม่ได้จำกัดเฉพาะสีย้อมชนิดเบสิกเท่านั้น เนื่องจากอยากให้มีหลากหลายเหมือนกับภาวะที่เจอในสิ่งแวดล้อมจริง ๆ งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนงานวิจัยจาก คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ปี 2549 คณะผู้ทำวิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุน สถานที่ในการทำวิจัย และใช้เครื่องมือUV spectrophotometer เพื่อตรวจสอบวิเคราะห์ปริมาณสีย้อม ขอคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้เอื้อเฟื้อในการตรวจวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ และ การตรวจวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก ด้วยเครื่อง AAS และขอขอบคุณ สำหรับการทำงานที่ยืนยันแข็งของ นายไพศาล ศรีนวล ในการทำการทดลองทุกอย่าง สุดท้าย คณะผู้วิจัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้ จะมีประโยชน์กับบุคคลที่มีความสนใจจะนำไปพัฒนาต่อ และคณะผู้ทำวิจัย ขออภัยหากข้อมูลรายละเอียดของงานวิจัยไม่ครบสมบูรณ์ เนื่องจากปัญหาหลายด้านๆ ท่านสามารถติดต่อคณะผู้วิจัยในการรับข้อมูลเพิ่มเติมได้

คณะผู้ทำวิจัย

กันยายน 2549

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
คำนำ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.5 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
1.6 คำศัพท์เฉพาะที่ใช้ในงานวิจัย	10
บทที่ 2 การทดลองและผลการทดลอง	11
2.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี	11
2.2 การศึกษาสภาวะการเผาถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสม	12
2.3 การศึกษาพฤติกรรมการดูดซับโลหะหนัก	47
2.4 การศึกษาพฤติกรรมการดูดซับสีข้อม	61
บทที่ 3 สรุปผลการทดลอง	71
3.1 สรุปผลการศึกษากระบวนการเผาถ่าน	71
3.2 สรุปผลการศึกษาพฤติกรรมการดูดซับโลหะหนัก	72
3.2 สรุปผลการศึกษาพฤติกรรมการดูดซับสีข้อม	73
3.4 ข้อเสนอแนะทั่วไป	74
เอกสารอ้างอิง	75

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่		
2.1	แสดงสภาวะการเผาที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ	13
2.2	ร้อยละผลผลิตถ่านกัมมันต์จากการเผาที่สภาวะอุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ	14
2.3	ค่าการดูดซับเมทริลีนบลู เป็นร้อยละและค่าการดูดซับเป็นปริมาณการดูดซับเมทริลีนบลูต่อน้ำหนักถ่านเป็นกรัม ของถ่านแต่ละชนิด	16
2.4	แสดงแถบการสั่นของ โมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบภายในถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ทั้งหมด	21
2.5	ปริมาณความชื้นและ ปริมาณเถ้าจากการวิเคราะห์ด้วย TG-DTG ของถ่านกัมมันต์แต่ละชนิดที่เผาที่ 800 °C เวลา 1 ชม. สอดคล้องกับรูปที่ 2.4.ก-ง	22
2.6	แสดงพื้นที่ผิวของถ่านชนิดต่าง ๆ ด้วยวิธี BET และ Langmuir จากการดูดซับ N ₂ สอดคล้องกับรูปที่ 2.5. ก-ง	27
2.7.ก-1	ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค BET จากการดูดซับก๊าซ N ₂ ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl	28
2.7.ก-2	ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค Langmuir จากการดูดซับก๊าซ N ₂ ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl	29
2.7. ก-3	ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค BET จากการดูดซับก๊าซ N ₂ ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	30
2.7. ก-4	ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค Langmuir จากการดูดซับก๊าซ N ₂ ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	31
2.7.ข-1	ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค BET จากการดูดซับก๊าซ N ₂ ของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl	32
2.7. ข-2	ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค Langmuir จากการดูดซับก๊าซ N ₂ ของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl	33
2.7. ข-3	ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค BET จากการดูดซับก๊าซ N ₂ ของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	34
2.7.ข-4	ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค Langmuir จากการดูดซับก๊าซ N ₂ ของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	35
2.7. ค-1	ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค BET จากการดูดซับก๊าซ N ₂ ของถ่านกัมมันต์จากข้าวโพดที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง ที่	หน้า
2.7. ก-2 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค Langmuir จากการดูดซับก๊าซ N_2 ของ ถ่านกัมมันต์จากข้าวโพดที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl	37
2.7. ก-3 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค BET จากการดูดซับก๊าซ N_2 ของถ่านกัมมันต์จากข้าวโพดที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	38
2.7. ก-4 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค Langmuir จากการดูดซับก๊าซ N_2 ของ ถ่านกัมมันต์จากข้าวโพดที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	39
2.7. ง-1 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค BET จากการดูดซับก๊าซ N_2 ของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl	40
2.7. ง-2 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค Langmuir จากการดูดซับก๊าซ N_2 ของ ถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl	41
2.7. ง-3 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค BET จากการดูดซับก๊าซ N_2 ของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	42
2.7. ง-4 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค Langmuir จากการดูดซับก๊าซ N_2 ของ ถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	43
2.8 เลขค่าไอ โอดีนของถ่านกัมมันต์แต่ละชนิดที่เผาที่ $800^\circ C$ เวลา 3 ชม.	45
2.9 แสดงค่า pH และ ค่าความหนาแน่นของถ่านกัมมันต์ชนิดต่าง ๆ	46
2.10 ข้อมูลประกอบการศึกษาปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมกับความเข้มข้นของ โลหะหนัก	48
2.11 แสดงปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมกับความเข้มข้นของ โลหะชนิดต่าง ๆ	53
2.12 แสดงการดูดซับปริมาณ โลหะหนักชนิดต่าง ๆ ที่เวลาเหมาะสม	57
2.13 ปริมาณการดูดซับโลหะต่าง ๆ ที่เวลา 60 นาที และน้ำหนักรถ่านคงที่ ตามชนิด ถ่านแต่ละชนิด ที่ อุณหภูมิต่าง ๆ	58
2.13(ต่อ) ปริมาณการดูดซับโลหะต่าง ๆ ที่เวลา 60 นาที และน้ำหนักรถ่านคงที่ ตามชนิด ถ่านแต่ละชนิด ที่ อุณหภูมิต่าง ๆ	59
2.14 ปริมาณการดูดซับโลหะต่าง ๆ ที่เวลา 60 นาที และน้ำหนักรถ่านคงที่ ตามชนิด ถ่านแต่ละชนิด ที่ pH ต่าง ๆ	60
2.15 แสดงปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมกับความเข้มข้นของสีย้อมชนิดต่าง ๆ	65
2.16 แสดงการดูดซับสีย้อมกับสภาวะเวลาที่เหมาะสม	68

สารบัญตาราง

ตาราง ที่		หน้า
2.17	ปริมาณการดูดซับสีย้อมชนิดต่าง ๆ ที่เวลา 60 นาที และน้ำหนักถ่านคงที่ ตามชนิดถ่านแต่ละชนิด ที่ อุณหภูมิต่าง ๆ	69
2.18	ปริมาณการดูดซับสีย้อมชนิดต่าง ๆ ที่เวลา 60 นาที และน้ำหนักถ่านคงที่ ตามชนิดถ่านแต่ละชนิด ที่ pH ต่าง ๆ	70



สารบัญรูป

	หน้า
รูป หรือ กราฟที่	
2.1 แสดงกราฟมาตรฐานของดีซ็อม เมทธิลีนบูล	15
2.2 ก-1 แสดงสเปกตรัม FT-IR ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวสภาวะการเผา 400, 600 และ 800 เวลา 3 ชม. P; การกระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl, S; การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	17
2.2 ก-2 แสดงสเปกตรัม FT-Raman ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวสภาวะการเผา 400, 600 และ 800 เวลา 3 ชม. P; การกระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl, S; การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	18
2.2. ข-1 แสดงสเปกตรัม FT-IR ของถ่านกัมมันต์จากกะลาป่าส้มสภาวะการเผา 400, 600 และ 800 เวลา 3 ชม. P; การกระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl, S; การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	18
2.2. ข-2 แสดงสเปกตรัม FT-Raman ของถ่านกัมมันต์จากกะลาป่าส้มสภาวะการเผา 400, 600 และ 800 เวลา 3 ชม. P; การกระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl, S; การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	19
2.2. ค-1 แสดงสเปกตรัม FT-IR ของถ่านกัมมันต์จากไม้ข้าวโพดสภาวะการเผา 400, 600 และ 800 เวลา 3 ชม. P; การกระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl, S; การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	19
2.2. ค-2 แสดงสเปกตรัม FT-Raman ของถ่านกัมมันต์จากไม้ข้าวโพดสภาวะการเผา 400, 600 และ 800 เวลา 3 ชม. P; การกระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl, S; การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	20
2.2. ง-1 แสดงสเปกตรัม FT-IR ของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนสภาวะการเผา 400, 600 และ 800 เวลา 3 ชม. P; การกระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl, S; การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	20
2.2. ง-2 แสดงสเปกตรัม FT-Raman ของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนสภาวะการเผา 400, 600 และ 800 เวลา 3 ชม. P; การกระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl, S; การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	21
2.3 แสดง X-ray powder diffraction ของถ่านกัมมันต์จากวัสดุแต่ละชนิด เผาที่ 800 °C 3 ชม.	22
2.4. ก-1 แสดงเทอร์โมแกรม (TG-DTG) ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ที่กระตุ้น	23

เอกสารนี้เป็นด้วยผงเกลือ วนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป

รูป หรือ กราฟที่	หน้า
2.4.ก-2 แสดงเทอร์โมแกรม (TG-DTG) ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ	23
2.4. ข-1 แสดงเทอร์โมแกรม (TG-DTG) ของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์ม ที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ	24
2.4. ข-2 แสดงเทอร์โมแกรม (TG-DTG) ของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์ม ที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ	24
2.4. ก-1 แสดงเทอร์โมแกรม (TG-DTG) ของถ่านกัมมันต์จาก ไม้ซ้าวโศค ที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ	25
2.4.ก-2 แสดงเทอร์โมแกรม (TG-DTG) ของถ่านกัมมันต์จาก ไม้ซ้าวโศค ที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ	25
2.4.ง-1 แสดงเทอร์โมแกรม (TG-DTG) ของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียน ที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ	26
2.4.ง-2 แสดงเทอร์โมแกรม (TG-DTG) ของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียน ที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ	26
2.5.ก-1 การพลอตกราฟตามสมการ BET เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl	28
2.5.ก-2 การพลอตกราฟตามสมการ Langmuir เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl	29
2.5. ก-3 การพลอตกราฟตามสมการ BET เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	30
2.5. ก-4 การพลอตกราฟตามสมการ Langmuir เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	31
2.5.ข-1 การพลอตกราฟตามสมการ BET เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl	32
2.5. ข-2 การพลอตกราฟตามสมการ Langmuir เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl	33
2.5. ข-3 การพลอตกราฟตามสมการ BET เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	34
2.5. ข-4 การพลอตกราฟตามสมการ Langmuir เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์	35

เอกสารนี้เป็นจากกะลาปาล์มที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ญ

สารบัญญรูป

รูป หรือ กราฟที่	หน้า
2.5.ก-1 การพลอตกราฟตามสมการ BET เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จาก ข้าวโพดที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl	36
2.5.ก-2 การพลอตกราฟตามสมการ Langmuir เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ จากข้าวโพดที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl	37
2.5.ก-3 การพลอตกราฟตามสมการ BET เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จาก ข้าวโพดที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	38
2.5.ก-4 การพลอตกราฟตามสมการ Langmuir เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ จากข้าวโพดที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	39
2.5.ง-1 การพลอตกราฟตามสมการ BET เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จาก เปลือกทุเรียนที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl	40
2.5.ง-2 การพลอตกราฟตามสมการ Langmuir เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ จากเปลือกทุเรียนที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl	41
2.5.ง-3 การพลอตกราฟตามสมการ BET เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จาก เปลือกทุเรียนที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	42
2.5.ง-4 การพลอตกราฟตามสมการ Langmuir เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ จากเปลือกทุเรียนที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl	43
2.6 ข้อมูลประกอบการศึกษาปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมกับความเข้มข้นของ โลหะหนัก	45
2.8.ก แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนและความเข้มข้นของ Cu ที่วิเคราะห์ ด้วย AAS (Perkin Elmer Analyst 100)	49
2.8.ข แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนและความเข้มข้นของ Fe ที่วิเคราะห์ ด้วย AAS (Perkin Elmer Analyst 100)	49
2.8.ค แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนและความเข้มข้นของ Ni ที่วิเคราะห์ ด้วย AAS (Perkin Elmer Analyst 100)	50
2.8.ง แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนและความเข้มข้นของ Zn ที่วิเคราะห์ ด้วย AAS (Perkin Elmer Analyst 100)	50
2.9ก แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับโลหะ ทองแดง ที่น้ำหนักถ่านต่าง ๆ	51
2.9ข แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับโลหะ เหล็ก ที่น้ำหนักถ่านต่าง ๆ	51
2.9ค แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับโลหะ นิกเกิล ที่น้ำหนักถ่านต่าง ๆ	52

สารบัญรูป

รูป หรือ กราฟที่	หน้า	
2.9ง	แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับ โลหะ สังกะสี ที่น้ำหนักถ่านต่าง ๆ	52
2.10 ก	แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับ โลหะ ทองแดง ที่เวลาต่าง ๆ	55
2.10 ข	แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับ โลหะ เหล็ก ที่เวลาต่าง ๆ	55
2.10 ค	แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับ โลหะ นิกเกิล ที่เวลาต่าง ๆ	56
2.10 ง	แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับ โลหะ สังกะสี ที่เวลาต่าง ๆ	56
2.11ก	แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนและความเข้มข้นของสี เมทิลีนบลู ที่วิเคราะห์ด้วย ยูวี สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV spectrophotometer)	62
2.11ข	แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนและความเข้มข้นของสีเมทิลออเรนส์ ที่วิเคราะห์ด้วย ยูวี สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV spectrophotometer)	62
2.11ค	แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนและความเข้มข้นของสีคริสตัล ไวโอเรด ที่วิเคราะห์ด้วย ยูวี สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV spectrophotometer)	63
2.12ก	แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับ สี เมทิลีนบลู ที่น้ำหนักถ่านต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ด้วย ยูวี สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV spectrophotometer)	63
2.12ข	แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับ สีเมทิลออเรนส์ ที่น้ำหนักถ่านต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ด้วย ยูวี สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV spectrophotometer)	64
2.12ค	แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับ สีคริสตัล ไวโอเรด ที่น้ำหนักถ่านต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ด้วย ยูวี สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV spectrophotometer)	64
2.13 ก	แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับสี เมทิลีนบลู ที่เวลาต่าง ๆ	66
2.13 ข	แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับ สีเมทิลออเรนส์ ที่เวลาต่าง ๆ	67
2.13 ค	แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับ สีคริสตัล ไวโอเรด ที่เวลาต่าง ๆ	67

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ผลผลิตทางด้านเกษตรกรรมมีจำนวนมากภายในแต่ละปี อาทิ เช่น การทำสวนมะพร้าว สวนปาล์ม น้ำมัน สวนทุเรียน และการทำไร่ข้าวโพด เป็นต้น โดยเป็นอาชีพหลักและอาชีพรองของประชากรส่วนใหญ่ของประเทศไทย การทำสวนมะพร้าว และสวนปาล์มน้ำมันมีเป็นจำนวนมากในเขตจังหวัดทางภาคใต้ ได้แก่ ชุมพร สุราษฎร์ธานี สงขลา และ นครศรีธรรมราช ด้านสวนทุเรียนก็มีการปลูกเป็นจำนวนมากเช่นเดียวกันในจังหวัดทางภาคใต้ และภาคตะวันออกของประเทศไทย สุดท้ายการทำไร่ข้าวโพด ก็เป็นเกษตรกรรมอีกอาชีพที่มีการทำในหลาย ๆ จังหวัด โดยผลผลิตของเกษตรกรรมที่กล่าวมานั้น เป็นสินค้าเกษตรที่ส่งออกเป็นจำนวนมาก ทั้งการส่งออกโดยไม่ผ่านการแปรรูป และผ่านการแปรรูป ยกตัวอย่าง มะพร้าวแปรรูปเป็นน้ำกะทิ ปาล์มน้ำมันแปรรูปเป็นน้ำมันปาล์ม โดยผ่านขั้นตอนการบีบน้ำมันจากเมล็ดปาล์มน้ำมัน โดยกระบวนการทางด้านเคมี ทุเรียนส่งออกทั้งลูกในรูปผลไม้ หรือบรรจุหีบห่อคัดแยกเฉพาะเมล็ดที่พร้อมรับประทานได้ ส่วนข้าวโพดก็มีการแปรรูปเป็นอาหารสัตว์ แป้งข้าวโพด และในรูปอื่น ๆ จำนวนผลผลิตของทางด้านเกษตรดังกล่าวเพิ่มมากขึ้นทุกปี ตามจำนวนการขยายพื้นที่เพาะปลูก เช่นปาล์มน้ำมันมีการขยายพื้นที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในช่วงสองสามปีนี้ ในขณะที่ผลผลิตเพิ่มขึ้นนั้น สิ่งที่เพิ่มขึ้นตาม ก็ปรากฏว่าเป็นของเหลือทิ้งทางด้านเกษตรกรรมของพืชแต่ละชนิดก็เพิ่มตามไปด้วย ทั้งที่ไม่มีประโยชน์และเป็นของเสีย หรือมีราคาแต่ค่อนข้างจะต่ำ อาทิเช่น กะลามะพร้าวที่เหลือจากการเอาน้ำไปทำน้ำกะทิแล้ว เกษตรกรจะนำไปเผาเป็นถ่านหุงต้มขายในอัตรา กิโลกรัมละ 4-6 บาท กะลาปาล์มน้ำมันที่เหลือจากการบีบน้ำมันปาล์มของโรงอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน จะเหลือเป็นกากกะลาปาล์ม บ้างก็ขายเป็นอาหารสัตว์ กิโลกรัมละ 2-4 บาท บ้างก็ขายให้โรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเผาเพื่อให้ความร้อนหม้อน้ำของโรงงาน ในราคาตันละ 600-1800 บาท ซึ่งความต้องการอย่างสุดท้ายค่อนข้างจะมีเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามโรงงานอุตสาหกรรมที่เพิ่มขึ้น จนไม่สามารถหากะลาปาล์มได้ในจำนวนที่ต้องการ ในสวนของไร่ข้าวโพดที่เหลือจากการแยกเอาเมล็ดออกแล้ว ก็ใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยมีราคาขายอยู่ระหว่าง 2-4 บาทต่อกิโลกรัม สุดท้ายของเหลือทิ้งจากทุเรียน ก็คือเปลือกทุเรียนที่แทบจะหาประโยชน์ได้น้อยที่สุด และขายไม่ได้เลย นอกจากจะทิ้งไว้ให้เป็นปุ๋ยเท่านั้น

วัสดุเหลือทิ้งทั้ง 4 ชนิด น่าสนใจที่จะนำมาผลิตเป็นสินค้าที่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม และมีความวิจัยหลายงานที่พยายามนำมาผลิตเป็นวัสดุคูลชับที่เรียกว่า ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อคุณผู้ใดเห็นประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีกระบวนการและวิธีการผลิตที่แตกต่างกันออกไป ผู้ทำวิจัยมีความเห็นว่า เนื่องจากจังหวัดชุมพร มี อาชีพเกษตรกรรม ที่ทำสวนปาล์ม น้ำมัน สวนมะพร้าว สวนทุเรียนและทำไร่ข้าวโพด ทำให้มีของเหลือทิ้งที่กล่าวไว้ข้างต้นเป็นจำนวนมากในแต่ละปี จึงน่าจะมีการศึกษาวิธีการผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุดังกล่าวโดยวิธีการง่ายและเหมาะสมที่เกษตรกรจะทำตามได้ อันจะทำให้เกิดอาชีพเสริมก่อให้เกิดรายได้ ต่อเกษตรกรอีกทางหนึ่ง

ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักมาผ่านกรรมวิธีก่อกัมมันต์ จนได้ผลิตภัณฑ์สีดำ มีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นรูพรุน มีพื้นที่ผิวสูง มีสมบัติในการดูดซับสารต่างได้เป็นอย่างดี ซึ่งถ่านกัมมันต์ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ชนิดผงละเอียด และชนิดเม็ดหรือเกล็ด โดยชนิดผงละเอียดสามารถกระจายในน้ำได้ดีจึงนำไปใช้ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสารละลายหรือของเหลว เช่น ใช้ ฟอกสีและดูดกลิ่นในอุตสาหกรรมน้ำตาล การผลิตน้ำมันพืช อุตสาหกรรมอาหาร และการทำน้ำให้บริสุทธิ์ ส่วนชนิดเม็ดหรือเกล็ด ใช้ในอุตสาหกรรมการทำก๊าซให้บริสุทธิ์ เช่น เครื่องกรองอากาศ เครื่องกันก๊าซพิษ กันกรองนุหรี เป็นต้น

การเติบโตของตลาดถ่านกัมมันต์แปรตามการใช้งานในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องซึ่งมีอยู่มากมายดังกล่าวข้างต้น ได้แก่ กลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องกรองอากาศ อุตสาหกรรมน้ำดื่มและน้ำประปา อุตสาหกรรมซูปโลหะ อุตสาหกรรมอาหาร นอกจากนี้แล้วยังมีการใช้ถ่านกัมมันต์ในครัวเรือนโดยเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ดูดซับกลิ่น เช่น กลิ่นอับในตู้เย็น ตู้เสื้อผ้า ตู้รองเท้า ฯลฯ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าตลาดของถ่านกัมมันต์มีอยู่อย่างกว้างขวาง และมีแนวโน้มในการใช้งานอย่างสม่ำเสมอในประเทศ และยังสามารถส่งออก ไปจำหน่ายยังต่างประเทศ อย่างไรก็ตามยังต้องมีการนำเข้าถ่านกัมมันต์เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมที่ต้องการคุณภาพของถ่านกัมมันต์ระดับสูง เช่น ในอุปกรณ์ฟอกอากาศบางชนิด จึงทำให้ยังมีมูลค่าการนำเข้าสูงกว่ามูลค่าการส่งออกในปัจจุบัน

ปัจจุบันมีผู้ผลิตถ่านกัมมันต์ในประเทศจำนวนน้อย โดยเป็นผู้ผลิตขนาดเล็ก มีทุนจดทะเบียนไม่เกิน 10 ล้านบาท และขนาดกลางมีทุนจดทะเบียน 50-60 ล้านบาท โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสามารถหาได้ภายในประเทศทั้งหมดที่สำคัญ คือ กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม น้ำมัน แกลบจี๋เลื้อย เป็นต้น ซึ่งต้องนำไปเผาให้เป็นถ่านก่อนนำไปใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์ และสารเคมีบางชนิด เช่น ซิงค์คลอไรด์ กรดฟอสฟอริก ฯลฯ ส่วนเครื่องจักรที่ใช้ คือ เตาเผาแบบหมุน ซึ่งต้องออกแบบสร้างโดยทีมวิศวกรและนักเคมีผู้เชี่ยวชาญ

ถ่านกัมมันต์เป็นสินค้าที่มีการใช้งานในหลาย ๆ อุตสาหกรรม ดังนั้นการจำหน่ายส่วนใหญ่เป็นลักษณะการขายตรงเข้าสู่ โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีการใช้ถ่านกัมมันต์ โดยมีระดับราคาชนิดผงตันละประมาณ 1 แสนบาท ส่วนชนิดเม็ดราคาตันละประมาณ 2 หมื่นถึง 6 หมื่นบาท

ในอุตสาหกรรมหลายชนิด น้ำที่เหลือทิ้งจากขบวนการผลิตมักจะปนเปื้อนด้วยสารบางประเภทที่หากถูกปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติหรือภายนอกโรงงานโดยไม่มีการบำบัด ก็จะสร้างผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมอย่างร้ายแรง และมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของคนอาศัยอยู่ในบริเวณนั้น แม้ภาครัฐจะมีการบังคับให้โรงงานเหล่านี้ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสีย แต่สิ่งหนึ่งที่พบเป็นประจำก็คือ "น้ำทิ้งจากโรงงานยังคงมีสารพิษปนเปื้อนอยู่ในปริมาณสูง" ซึ่งนอกจากการปิดระบบบำบัดถูกปิดจากความมั่งกายของเจ้าของโรงงานแล้ว หลายโรงงานที่แม้จะมีการเดินระบบบำบัดแล้วก็ยังไม่สามารถจัดการกับของเสียเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสาเหตุสำคัญอันหนึ่งเกิดจากการเลือกเทคนิคที่ใช้ไม่เหมาะสม "โรงงานย้อมผ้า" คือตัวอย่างหนึ่งของปัญหาด้านเทคนิคที่เห็นได้ชัดเจน เนื่องจากเทคนิคการบำบัดสารปนเปื้อนในน้ำ เพื่อกำจัดสารกลุ่มฟีนอล รวมถึงสารโมเลกุลใหญ่อื่นๆ เขาจะใช้สิ่งที่เรียกว่า "ถ่านกัมมันต์" ซึ่งเป็นของแข็งมีลักษณะเป็นรูพรุน เข้าไปจับกับโลหะหนักในน้ำเสีย ก่อนที่จะใช้ขบวนการแยกถ่านกัมมันต์นั้นออกมาจากน้ำทิ้ง เนื่องจากการบำบัดน้ำเสียของโรงงานประเภทนี้ มักจะเป็นเทคโนโลยีนำเข้ามาจากต่างประเทศ เพราะฉะนั้นถ่านกัมมันต์ที่ใช้ส่วนใหญ่จึงเป็นการสั่งเข้ามาจากต่างประเทศ ซึ่งนอกจากจะทำให้ต้องสูญเสียเงินให้กับต่างประเทศปีละไม่น้อยแล้ว ถ่านกัมมันต์ที่นำเข้า (รวมถึงที่ผลิตได้ในประเทศ) จะมีประสิทธิภาพต่ำในการจับกับโลหะหนักของน้ำเสียจากโรงงานย้อมผ้า

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาหาสภาวะที่ง่ายและเหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว กะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกทุเรียน และ ใ้ข้าวโพค
- 1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนักและสีย้อมชนิดเบสิกของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้
- 1.2.3 เพื่อถ่ายทอดความรู้กระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว กะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกทุเรียน และ ใ้ข้าวโพคแก่เกษตรกรและชุมชน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 การศึกษาหากระบวนการและวิธีการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว กะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกทุเรียน และ ใ้ข้าวโพค
- 1.3.2 การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนักและสีย้อมชนิดเบสิกจากถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว กะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกทุเรียน และ ใ้ข้าวโพคและเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์นำเข้าจากต่างประเทศ
- 1.3.3 ถ่ายทอดความรู้และกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว กะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกทุเรียน และ ใ้ข้าวโพคสู่เกษตรกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับขั้นตอนและกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อใช้ทดแทนถ่านกัมมันต์ที่มีราคาแพงที่นำเข้าจากต่างประเทศ

1.4.2 ได้สภาวะที่เหมาะสมในการใช้ถ่านกัมมันต์มาดูดซับโลหะหนักและสีข้อมชนิดเบสิกจากน้ำเสียอุตสาหกรรม

1.4.3 ได้ข้อมูลเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว กะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกทุเรียน และ ไม้ซ้าวโพคที่ผลิตขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากแหล่งอื่น

1.4.4 ถ่ายทอดผลการวิจัยการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว กะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกทุเรียน และ ไม้ซ้าวโพคแก่เกษตรกรผู้มีความสนใจ

1.4.5 สามารถนำผลการวิจัย ไปตีพิมพ์เผยแพร่และการประชุมวิชาการระดับชาติ

1.5 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.5.1 ทฤษฎีและหลักการ

ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ในประเทศไทยสามารถผลิตจากวัตถุดิบเช่นกะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ไม้ยูคาลิปตัส ไม้ยางพารา วัตถุดิบแต่ละตัวจะให้คุณสมบัติการใช้งานที่ต่างกัน ดังเช่น ถ่านกัมมันต์จากกะลาซึ่งปกติจะใช้ในการบำบัดน้ำ ทั้งน้ำดื่มและน้ำเสีย ดูดซับไอเสีย ดูดสารทองคำ ดูดสารละลายอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นต่ำ การนำไปใช้ต้องขึ้นกับขนาดของอนุภาคด้วย ในทางปฏิบัติถูกแบ่งตามขนาดเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดผง (Powder Activated Carbon, PAC) โดยถือว่ามีขนาดอนุภาคต่ำกว่า 0.8 มม. ถ้าโตกว่า 0.8 มม. จะถูกจัดให้เป็นชนิดเม็ด (Granular Activated Carbon, GAC) ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ดโดยทั่วไปพบว่าจะมีพื้นที่ผิวภายในมากโดยมีขนาดรูที่เล็ก ในขณะที่ชนิดผงจะมีขนาดที่กว้างกว่า จึงทำให้มีพื้นที่ผิวภายในต่ำกว่า ต่อไปนี้เป็นการเลือกใช้ถ่านกัมมันต์ให้ตรงกับอุตสาหกรรมที่ใช้กันมากดังนี้

1. ถ่านกัมมันต์ชนิดผงที่ใช้ในกระบวนการทางเคมี

ถ่านกัมมันต์ชนิดผงที่มีขนาด 100 เมช ผลิตจากวัตถุดิบที่เป็นกะลาและไม้ เหมาะที่จะใช้กับสารละลายเคมีทางธรรมชาติและสังเคราะห์เช่น Glucose Syrup (Dextrose), Crystalline Glucose, Starch , Fine & Sulk Drugs, Rice bran oil , Fine Chemicals, Petroleum fraction, Anti-Leprosy drugs , Sugar Syrup, Light color Liquids และ Deep color Liquids ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการกรองน้ำต้องมีประสิทธิภาพการกรองที่เร็วในการที่จะดูดกลืน รส ออกจากน้ำ ถ่านกัมมันต์ชนิดนี้ทำมาจาก กะลามะพร้าว ลิกไนต์และไม้เนื้อแข็ง ลักษณะของตัวกรองสามารถแบ่งเป็น 3 แบบ คือ เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ม้วนทรงกระบอก เป็นเม็ด และเป็นบล็อก ประสิทธิภาพการดูดซับขึ้นอยู่กับลักษณะการออกแบบ และการไหลของของน้ำผ่านตัวกรอง

2. การใช้ถ่านกัมมันต์ชนิดผง (Powder Activated Carbon PAC)

ทำความสะอาดสารละลาย ส่วนใหญ่การทำทำความสะอาดสารละลายเช่น น้ำตาลและ กลูโคสในรูปของเหลวหรือผลึกด้วยการดูดซับสีของสารละลายมักจะใช้ถ่านกัมมันต์ที่ส่วนใหญ่มีรู ขนาด 55-70 อังสตรอม (รูขนาดเล็กจะน้อยกว่า 20 อังสตรอม ดังนั้นการใช้วัสดุคิบที่เป็นไม้อยู่คาร์ ลิปัดสและไม้อย่างจะเหมาะสมกับการเป็นตัวดูดซับสีที่ดีคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ พบว่าจะมีค่า ความหนาแน่นปรากฏ 0.32-0.37 กรัม/มล. pH 5-8 เมทิลลิทโมล 220-240 มก/ก. ไอโอดีน 700-800

3. การใช้ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (Granular Activated Carbon GAC)

วัสดุคิบที่ใช้ทำถ่านกัมมันต์ส่วนใหญ่เป็น กะลามะพร้าว กะลาปาล์มน้ำมัน ถ่านหินเพราะมี ความแข็งเมื่อถูกกระตุ้มจะให้พื้นที่ผิวที่สูง ซึ่งจะให้น้ำครุพูนที่มีขนาดเล็กถึงเล็กมากที่สามารถจับ คลอไรด์ ไอโซน สารละลายอินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ด้วยอย่างการนำไปใช้ เช่น Solvent Recovery, Removal of Mercury from Hydrogen in mercury alkali, Removal of Mercury from effluents of alkali industry, Dechlorination of Bottling Plant Process Water, Removal of pesticides from waste water, removal of organic from waste water และ Dechlorination of process water prior to Ion Exchange resin.

คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ พบว่าจะมีค่าความหนาแน่นปรากฏ 0.55-0.60 กรัม/มล. pH 5-8 ไอโอดีน 750-800 พื้นที่ผิว 800-1000 ม²/ก Hardness 70 min. ความชื้น ไม่เกิน 10%

4. การดูดซับโลหะหนักด้วยถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์สามารถที่ดูดซับอนุภาคที่มีประจุบวกและลบที่ละลายอยู่ในน้ำได้ โดยเฉพาะ อนุภาคที่มีประจุบวกพบว่า การดูดซับจะมีค่ามากไปน้อยดังนี้ $H^+ > Al^{3+} > Ca^{2+} > Li^+ > Na^+ > K^+$ และ สำหรับอนุภาคที่มีประจุลบ NO_3^- จะถูกดูดคิดว่า Cl^- เนื่องจากที่ pH ต่ำจะก่อให้เกิด H^+ มากและ ถูกดูดแทน ไอออนตัวอื่นๆ แต่กระนั้นที่ pH เปลี่ยนแปลงไม่มาก สารประกอบอนินทรีย์ก็ถูกดูดซับ ด้วยค่าที่แตกต่างกันมาก เช่น สารละลายเกลือที่มี KCl และ Na_2SO_4 เกือบจะไม่ถูกดูดเลย ในขณะที่ ไอโอดีนเป็นสารที่ถูกดูดมากที่สุด โดยทั่วไปพบว่าถ่านกัมมันต์จะมีประสิทธิภาพไม่คืนักต่อการ ดูดซับโลหะในสารละลายอินทรีย์สารเท่าในสารละลายอนินทรีย์สาร เนื่องจากโลหะจะแตกตัวไม่ตี ในสารละลายอินทรีย์สาร โลหะหนักที่ปนอยู่ในน้ำทิ้งอุตสาหกรรมที่มีปริมาณน้อยจะถูกถ่านกัม มันต์ดูดซับจนหมดเรียงตามลำดับคือ ไปนี้ Cadmium, Chromium, Zinc, Lead, Mercury, Copper

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดซับ (Adsorption) คือกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่าง 2 เฟส โดยเกิดอันตรกิริยาที่พื้นผิวสัมผัส (Interface) ซึ่งเป็นพื้นผิวสัมผัสระหว่างของเหลวและก๊าซ ของแข็งและก๊าซ ของแข็งและของเหลว ของเหลวและของเหลว สารที่พื้นผิวเกิดการดูดซับขึ้นเรียกว่า ตัวดูดซับ (Adsorbent) ส่วนสารที่ถูกดูดซับเรียกว่า ตัวถูกดูดซับ (Adsorbate) อันตรกิริยาที่เกิดขึ้นในการดูดซับ อาจเป็นแรงที่ไม่เจาะจงเช่น แรงแวนเดอร์วาลส์ หรือแรงที่มีลักษณะเจาะจงซึ่งเป็นแรงที่อยู่ในรูปของพันธะเคมี เป็นต้น (รัตนา มหาชัย, 2541. 2542)

1.1 พฤติกรรมการดูดซับของสสาร

พฤติกรรมการดูดซับที่เกิดขึ้นระหว่างตัวดูดซับกับตัวถูกดูดซับ สามารถจำแนกได้เป็น 4 ชนิดคือ การดูดซับกายภาพ (Physical Adsorption) การดูดซับเคมี (Chemical Adsorption) การดูดซับแลกเปลี่ยน (Exchange Adsorption) และ การดูดซับเคมีแบบเจาะจง (Specific Adsorption)

การดูดซับกายภาพ เกิดขึ้นเมื่อมีการดูดซับ โดยมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลอย่างอ่อนๆ และเป็นแรงที่ไม่กำหนดทิศทาง เช่น แรงแวนเดอร์วาลส์และพันธะไฮโดรเจนซึ่งมีทิศทางและยังพบว่าไม่มีพลังงานกระตุ้นเข้ามาเกี่ยวข้อง ความร้อนการดูดซับมีค่าน้อย การกำจัดตัวถูกดูดซับออกจากผิวตัวดูดซับจะทำได้ง่าย และการดูดซับอาจเกิดขึ้นกันได้เป็นหลายชั้น (Multilayer)

การดูดซับเคมี เกิดขึ้นเมื่อตัวดูดซับกับตัวถูกดูดซับทำปฏิกิริยาเคมีกัน ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากตัวถูกดูดซับเดิม คือมีการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม หรือกลุ่มอะตอมเดิม แล้วมีการจัดเรียงอะตอมใหม่เป็นสารประกอบใหม่ขึ้น โดยมีพันธะเคมีซึ่งเป็นพันธะที่แข็งแรง มีพลังงานกระตุ้นเข้ามาเกี่ยวข้อง ความร้อนของการดูดซับมีค่าสูง การกำจัดตัวถูกดูดซับออกจากผิวตัวดูดซับจะทำได้ยากและการดูดซับจะเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว (Monolayer)

การดูดซับแลกเปลี่ยน เกิดขึ้นเมื่อตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับมีประจุ และเกิดแรงดึงดูดระหว่างตัวถูกดูดซับเป็นไอออนที่มีประจุกับตัวดูดซับที่มีประจุตรงข้ามกัน หรือเกิดเนื่องจากการแทนที่ประจุที่ผิวของตัวดูดซับด้วยไอออนของตัวถูกดูดซับ

การดูดซับแบบเจาะจง เกิดขึ้นเนื่องจากมีแรงยึดเหนี่ยวของโมเลกุลตัวถูกดูดซับกับตัวดูดซับที่มีหมู่ฟังก์ชันนัลอยู่บนผิว แต่ไม่ได้มีผลทำให้ตัวถูกดูดซับเปลี่ยนโครงสร้างไป พฤติกรรมการดูดซับชนิดนี้จะมีค่าพลังงานในการยึดเหนี่ยวอยู่ระหว่างพลังงานของการดูดซับกายภาพและการดูดซับเคมี ในการดูดซับที่เกิดขึ้นจะเป็นการดูดซับกายภาพ การดูดซับเคมี การดูดซับแลกเปลี่ยน หรือการดูดซับแบบเจาะจงขึ้นอยู่กับชนิดของกลุ่มตัวดูดซับกับตัวถูกดูดซับนั้น

1.5.2 การทดสอบถ่านกัมมันต์และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับถ่านกัมมันต์

การใช้ถ่านกัมมันต์ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต้องการผลการศึกษาทดลองในสภาวะที่

ใช้งานจริง โดยมีตัวแปรสำคัญ คือ สภาวะที่ใช้งานและลักษณะของถ่านกัมมันต์ เมื่อพิจารณาถึงไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดซับสารปนเปื้อนของถ่านกัมมันต์พบว่า เนื่องจากถ่านกัมมันต์เป็นสารที่พื้นที่ผิวมีความพรุนสูง ทำให้มีพื้นที่สำหรับการดูดซับสารปนเปื้อนได้มาก นอกจากนี้ยังประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการดูดซับถ่านกัมมันต์ คือ

1. คุณสมบัติทางกายภาพของถ่านกัมมันต์ เช่นการกระจายของรูพรุนบนพื้นที่ผิว

แรงทางกายภาพในการดูดซับสารปนเปื้อนบนพื้นผิวของรูพรุนเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการใช้ถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุในการกรอง การกระจายขนาดของรูพรุนเป็นตัวกำหนดความสามารถในการที่สารปนเปื้อนจะมาจับที่ถ่านกัมมันต์ สารปนเปื้อนสามารถจับกับพื้นผิวได้ดีเมื่อรูพรุนมีขนาดใหญ่พอที่จะให้อนุภาคของสารปนเปื้อนแทรกเข้าไปได้ โดยทั่วไปถ่านกัมมันต์เหมาะสำหรับกรองสารที่มีโมเลกุลค่อนข้างใหญ่ เช่น โมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์

2. คุณสมบัติทางเคมีของวัสดุหรือปริมาณออกซิเจนหรือไฮโดรเจนในโครงสร้าง

นอกจากการใช้แรงทางกายภาพในการดูดซับแล้ว อันตรกิริยาทางเคมีหรือแรงทางไฟฟ้าระหว่างผิวของถ่านกัมมันต์กับสารปนเปื้อนอาจทำให้เกิดการดูดซับทางเคมีหรือเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนเกิดขึ้น คุณสมบัติทางเคมีของพื้นผิวของถ่านกัมมันต์อาจควบคุมได้โดยการควบคุมสภาวะที่ใช้ในกระบวนการกระตุ้น ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากกระบวนการกระตุ้นที่แตกต่างกันจะมีคุณสมบัติทางเคมีของพื้นผิวที่แตกต่างกันทำให้ความสามารถในการดูดซับทางเคมีของพื้นผิวแตกต่างกันด้วย เช่น สารคลอโรฟอร์ม ถูกดูดซับได้ดีบนถ่านกัมมันต์ที่มีปริมาณออกซิเจนบนพื้นผิวน้อย แต่ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมมาแตกต่างกันก็อาจจะมีความสามารถในการดูดซับสารเหมือนกัน

3. องค์ประกอบทางเคมีและความเข้มข้นของสารปนเปื้อน

สารประกอบอินทรีย์ส่วนใหญ่สามารถดูดซับได้ด้วยถ่านกัมมันต์ ตามกฎของการละลายย่อมสรุปได้ว่า สารประกอบอินทรีย์กับถ่านกัมมันต์มีสมบัติทางไฟฟ้าเคมีที่คล้ายคลึงกันจึงสามารถจับถ่านกัมมันต์ได้ดีกว่าแต่ตัวในน้ำ และสารที่มีความสามารถละลายในน้ำได้น้อยเท่าไรก็ยิ่งดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ได้ดีเท่านั้น ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำมีผลต่อความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ โดยถ่านกัมมันต์ชนิดเดียวกันอาจดูดซับสารอินทรีย์ชนิดหนึ่งได้มากที่สุดที่ความเข้มข้นค่าหนึ่ง แต่เมื่อความเข้มข้นของสารปนเปื้อนเปลี่ยนไปความสามารถในการดูดซับสารอินทรีย์ชนิดเดิมกลับลดลง

4. อุณหภูมิและความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลาย

ความสามารถในการดูดซับสารอินทรีย์จากสารละลายของถ่านกัมมันต์มักเพิ่มขึ้นเมื่อลดอุณหภูมิและเพิ่มความเป็นกรดของสารละลายขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาเคมีของการดูดซับเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและความเป็นกรดของสารละลาย จึงสามารถเพิ่มความสามารถในการดูดซับสารอินทรีย์บนถ่านกัมมันต์ได้โดย ลดอุณหภูมิหรือเพิ่มความเป็นกรดของสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. อัตราการไหลของสารละลายหรือระยะเวลาที่สารละลายสัมผัสกับถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์ต้องการเวลาสำหรับการดูดซับอย่างเพียงพอ ถ้าว่านกัมมันต์มีเวลาสัมผัสกับสารละลายน้อยเกินไป การดูดซับจะเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ แต่ถ้าใช้ระยะเวลาเวลานานเกินไปก็จะทำให้เสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์ วิธีการเพิ่มระยะเวลาการสัมผัสทำได้โดยการเพิ่มระยะทางของการสัมผัสหรือลดความเร็วของการไหล ตัวแปรทางลักษณะ เช่น พื้นที่ผิว ปริมาตรรูพรุน ขนาดรูพรุน เลขไอโอดีน เป็นตัวแปรที่สำคัญสำหรับบอกถึงความสามารถในการดูดซับถ่านกัมมันต์ เนื่องจากถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวมากสามารถดูดซับสารละลายได้ปริมาณสูง ปริมาตรรูพรุนเป็นตัวกำหนดความจุหรือปริมาณสารที่ถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับได้ ขนาดของรูพรุนเป็นตัวกำหนดขนาดโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับได้บนถ่านกัมมันต์ และเลขไอโอดีนนั้นบ่งบอกถึงความสามารถในการดูดซับสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก และความสามารถในการบำบัดเพื่อคืนสภาพของถ่านกัมมันต์ ตัวแปรทางลักษณะของถ่านกัมมันต์ที่ใช้บอกถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้ถ่านกัมมันต์ใดเพื่อใช้งานได้แก่

- 1 พื้นที่ผิว (Surface area)
โดยทั่วไปถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวมากมีความสามารถในการดูดซับสูง
- 2 ความหนาแน่นปรากฏ (Apparent density)
บอกลงความสามารถในการบำบัดเพื่อคืนสภาพของถ่านกัมมันต์ ใช้ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของถ่านกัมมันต์ก่อนและหลังการบำบัดเพื่อคืนสภาพ
- 3 ความหนาแน่นรวม (Bulk density)
ใช้บอกปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่จำเป็นต้องใช้ในการทำงานจริง เนื่องจากการใช้งานจริงปริมาณของถ่านกัมมันต์ถูกกำหนดในหน่วยปริมาตร แต่ในการซื้อขายนั้นกำหนดปริมาณของถ่านกัมมันต์ในหน่วยของน้ำหนัก
- 4 ขนาดอนุภาค (effective size, mean particle diameter, uniformity coefficient)
ใช้บอกคุณสมบัติเกี่ยวกับการนำถ่านกัมมันต์ไปใช้เพื่อดูดซับในคอลัมน์สำหรับการกำหนดความเร็ว ความดันของระบบ
- 5 ปริมาตรรูพรุน (pore volume)
ใช้กำหนดปริมาณของสารที่สามารถดูดซับได้บนถ่านกัมมันต์
- 6 ขนาดของอนุภาค (sieve analysis)
เพื่อตรวจสอบขนาดของถ่านกัมมันต์ที่ซื้อมาก่อนนำไปใช้
- 7 ปริมาณเถ้า (ash content)
บอกถึงปริมาณเถ้าหรือสารอนินทรีย์ในถ่านกัมมันต์

เอกสารนี้ 8 เลขไอโอดีน (iodine number) เป็นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอกถึงความสามารถในการดูดซับสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กและความสามารถในการบำบัดเพื่อคืนสภาพของถ่านกัมมันต์

- 9 เลข โมลาส (molasses number), ค่าโมลาส (molasses value) และดัชนีการกำจัดสี (decolorizing index)

บ่งบอกถึงความสามารถในการดูดซับสาร โมเลกุลใหญ่ของถ่านกัมมันต์

- 10 ขนาดรูพรุน (pore size)

บ่งบอกถึงขนาด โมเลกุลของสารที่สามารถดูดซับบนถ่านกัมมันต์ได้

1.5.3 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รัชนก (1998) ได้ศึกษาการดูดซับสารหนู 2 ชนิด ได้แก่ As (III) และ As(IV) ด้วยถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากแกลบเผาและกะลามะพร้าวที่กระตุ้นด้วย โซเดียมคลอไรด์และเฟอร์ริกคลอไรด์ เปลี่ยนแปลงอัตราส่วนในการกระตุ้นเท่ากับ 1 :1, 1:2, 1:3 ได้ผลการดูดซับ As (III) และ As(IV) ในช่วง 0.01-0.44 และ 0.01-3.26 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

คำรง (2533) ได้ผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและขี้เถ้า โดยใช้เกลือแกง NaCl เป็นตัวกระตุ้น พบว่าอัตราส่วนในการกระตุ้นสำหรับ เกลือแกงต่อกะลามะพร้าว และต่อขี้เถ้า ที่เหมาะสมคือ 3 ต่อ 1 และ 1 ต่อ 5 ตรวจค่าไอโอดีน (Iodine number) เท่ากับ 640 และ 542 mg/g ตามลำดับ

ธีระ โชติและคณะ (2542) ได้ศึกษาสภาวะการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว จากการกระตุ้นด้วย สารละลายซิงค์คลอไรด์ 60 % w/w สารละลายโซเดียมคลอไรด์อิ่มตัว และสารผสมระหว่างสารละลายซิงค์คลอไรด์ 60 % w/w กับสารละลายโซเดียมคลอไรด์อิ่มตัวในสัดส่วน 1:1 และ 1:2 โดยน้ำหนัก ซึ่งได้ศึกษาตัวแปรต่างอาทิเช่น อัตราส่วนของสารที่ใช้กระตุ้น เวลา อุณหภูมิ ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จะตรวจสอบเฉพาะค่าการดูดซับ ไอโอดีน และร้อยละของผลผลิตเท่านั้น

Vitidsant และ คณะ (1999) ได้ศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มน้ำมัน โดยการเผาไหม้หนึ่งขั้นตอน โดยกระตุ้นด้วยอากาศที่ 750 °C 1 ชม. พบว่าได้ร้อยละของการผลิตเท่ากับ 12.18 , ความหนาแน่น 0.5048 g/cm³ , ร้อยละของเถ้าเท่ากับ 7.54 , เลขไอโอดีน 766.99 mg/g , ค่าเมทธิลินบูล 189.20 mg/g และ พื้นที่ผิวแบบ BET เท่ากับ 699.75 m²/g

Lafi (2000) ได้ศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากไส้ข้าวโพดโดยกระตุ้นด้วยกรรพอสฟอริก ที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ ปรากฏว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 800 °C เวลา 1 ชม. และยังได้ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีข้อมเมทธิลินบูลในสภาวะตัวแปรต่าง ๆ อาทิ เช่น ปริมาณความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับ และเวลาการดูดซับ

Mozammel และ คณะ (2002) ได้ศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยกระตุ้นด้วย $ZnCl_2$ ซึ่งได้ศึกษาอุณหภูมิ, เวลา, และ สัดส่วนของสารกระตุ้น พบว่าอุณหภูมิ $600^\circ C$ เวลา 50 นาที สัดส่วนสารกระตุ้นที่ 40 % ให้ถ่านกัมมันต์ที่ดีที่สุด

Hayashi และคณะ (2002) ได้เตรียมถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว, กะลาปาล์มน้ำมันและเปลือกผลไม้อื่นๆ โดยการกระตุ้นด้วย K_2CO_3 , พบว่าเผาที่ $800^\circ C$ ให้ค่าพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ในช่วง $400-1800 m^2/g$

Su และคณะ (2003) ได้เตรียมถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยปราศจากสารเคมีกระตุ้นเผาที่ $850^\circ C$ ในสภาพ ก๊าซ N_2 ใช้เวลา 1 ชม. ซึ่งให้ค่าการดูดซับอยู่ในช่วง $350 - 665 m^2/g$

Srinivasakannan และคณะ (2004) ได้ศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากกิ่งไม้ยางพาราโดยการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก โดยออกแบการกระตุ้นและการเผาแบบสองขั้นตอน เริ่มจากการเผาที่ $200^\circ C$ 15 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิไปที่ $500^\circ C$ 45 นาที พบว่าได้ถ่านกัมมันต์ที่มีเลขไอโอดีน $1096 mg/g$ และ พื้นที่ผิว แบบ BET $1496 m^2/g$

Namane และคณะ (2005) ได้ศึกษาความสามารถการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากเศษผงกาแฟที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสาร $ZnCl_2$ และ H_3PO_4 โดยสารที่ถูกดูดซับ คือ สีข้อมชนิดที่เป็นกรดและเบส พบว่าได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิว $640-650 m^2/g$ และเลขไอโอดีน $440-590 mg/g$

Cao และคณะ (2006) ได้ศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากขังข้าวโพดเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวให้มีขนาดใหญ่ โดยการกระตุ้นด้วย KOH ซึ่งเริ่มต้นด้วยการเผาให้เป็นถ่านที่ $450^\circ C$ 4 ชม. ในสภาพก๊าซ N_2 แล้วนำไปเผาที่ $850^\circ C$ เป็นเวลา 1.2 ชม. ในสัดส่วนของ KOH เท่ากับ 4.0 ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวประมาณ $2700 m^2/g$

Wilson และคณะ (2006) ได้ศึกษาการดูดซับโลหะหนักบางตัว ได้ Cd, Cu, Pb, Ni และ Zn ด้วยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากเปลือกถั่ว ซึ่งถูกกระตุ้นด้วยไอน้ำที่ $800^\circ C$ ในสภาพ N_2 ซึ่งได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวในช่วง $540-815 m^2/g$

1.6 คำศัพท์เฉพาะที่ใช้ในงานวิจัย

Coconut P ; มะพร้าวผสมผงเกลือ สัดส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก เผาที่ $800^\circ C$ 3 ชม.

Palm P ; ปาล์มผสมผงเกลือ สัดส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก เผาที่ $800^\circ C$ 3 ชม.

Corn P ; ใ้ข้าวโพดผสมผงเกลือ สัดส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก เผาที่ $800^\circ C$ 3 ชม.

Durian P ; เปลือกทุเรียนผสมผงเกลือ สัดส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก เผาที่ $800^\circ C$ 3 ชม.

Coconut S 800 ; มะพร้าวแช่สารละลายผงเกลือ $NaCl$ อิ่มตัว เผาที่ $800^\circ C$ 3 ชม.

Palm S 800 ; ปาล์มแช่สารละลายผงเกลือ $NaCl$ อิ่มตัว เผาที่ $800^\circ C$ 3 ชม.

Corn S 800 ; ใ้ข้าวโพดแช่สารละลายผงเกลือ $NaCl$ อิ่มตัว เผาที่ $800^\circ C$ 3 ชม.

Durian S 800 ; เปลือกทุเรียนแช่สารละลายผงเกลือ $NaCl$ อิ่มตัว เผาที่ $800^\circ C$ 3 ชม.

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การทดลองและผลการทดลอง

2.1 เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมี

2.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้า Sartorius 1602 MP6
2. เต้าเผา Carbolite ESF 1.2/5
3. ตู้อบ (Dry Oven Memmert 600)
4. pH meter(Suntex SP-701)
5. โถดูดความชื้น (dessicator)
6. Ultraviolet Visible Spectrophotometer (Hitachi 330)
7. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR Spectrum One Perkin Elmer)
8. Fourier Transform Raman Spectroscopy (FT-Raman Spectrum GX Perkin Elmer)
9. Atomic Absorption Spectrophotometer (Perkin Elmer Analyst100)
10. Thermalgravimetric analysis (TG-DTA Pyris Diamond Perkin-Elmer Instruments)
11. เทอร์โมมิเตอร์
12. นาฬิกาจับเวลา
13. กระบอกตวง
14. บีกเกอร์
15. หลอดทดลอง
16. ขวดรูปชมพู่
17. ขวดพลาสติก
18. บิวเรต
19. ถังเก็บตัวอย่าง
20. ถังใส่น้ำกลั่น
21. ตะกร้า
22. ถาดอะลูมิเนียม
23. กระดาษกรอง เบอร์ 42
24. Hot plate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 สารเคมี

1. โซเดียมคลอไรด์ NaCl
2. น้ำกลั่น น้ำ RO. และน้ำ DI
3. กรดไฮโดรคลอริก HCl (37 % w/w, Carlo Erba)
4. กรดฟอสฟอริก (85 % w/w, Carlo Erba)
5. สีย้อม 3 สี ได้แก่ สีนํ้าเงิน (Methylene blue) สีแดง (Methyl red) และสีม่วง (Crystal violet) (AR grade, Merck)
6. โซเดียมไทโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, AR grade, Merck)
7. ไอโอดีน (I_2 , AR grade, Merck)
8. โพแทสเซียมไอโอไดน์ (KI, AR grade, Fluka)
9. โพแทสเซียมไอโอเดต (KIO_3 , AR grade, Fluka)
10. น้ำแข็ง
11. กรดไนตริก (HNO_3 , 75% w/w, Carlo Erba)
12. $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (AR grade, Merck)
13. $\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (AR grade, Merck)
14. $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (AR grade, Merck)
15. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (AR grade, Merck)
16. วัสดุคืบ ได้แก่ กะลามะพร้าว, กะลาปาล์ม, ไม้ขี้ขาว โปด และ เปลือกทุเรียน

2.2 การศึกษาสภาวะการเผาถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสม

2.2.1 ชนิดของวัสดุคืบและการเตรียม

วัสดุคืบแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่ กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ไม้ขี้ขาว โปด และ เปลือกทุเรียน นำวัสดุมาหั่นหรือตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ มีขนาดไม่เกิน 0.5 ซม. แล้วนำไปตากแดด หรืออบให้แห้ง แล้วเก็บใส่กล่องพลาสติกปิดสนิท เพื่อนำไปเผากระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์ ในขั้นต่อไป

2.2.2 การเตรียมถ่านโดยวิธีการกระตุ้นด้วย NaCl

ขั้นตอนการเผาและกระตุ้นด้วยสาร NaCl แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

1. การกระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl

จากวัสดุ 4 ชนิดที่เตรียมได้ นำมาเผาผสมกับ NaCl ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ใส่ลงในถ้วยเซรามิกที่มีฝาปิดสนิท แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 400, 600 และ 800 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการเผา 1, 2, และ 3 ชั่วโมง ในเตาเผา (ตารางที่ 1)

2. การกระตุ้นด้วยสารละลายอิ่มตัวของ NaCl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวัสดุ 4 ชนิดที่เตรียมได้ นำไปแช่สารละลายอิ่มตัวของ NaCl ประมาณ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปอบที่ 200 °C ให้แห้งในตู้อบ เสร็จนำมาบรรจุลงในถ้วยเซรามิกส์ให้เต็มปิดฝาให้สนิทแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 400, 600 และ 800 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการเผา 1, 2, และ 3 ชั่วโมง ตารางที่ 2.1 แสดงสถานะการเผาที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

เมื่อเผาเสร็จแล้ว จะได้ถ่านค้ำ จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำร้อน ผ่านคอลัมป์แก้ว หลาย ๆ ครั้ง จนมั่นใจว่าไม่มี NaCl เหลืออยู่ โดยการตรวจสอบด้วยเครื่อง Conductrometer โดยพิจารณาจากการนำไฟฟ้าของไอออน โซเดียม จากนั้นนำถ่านค้ำมันต์ที่ได้ไปบดให้ละลายร้อนผ่านตะแกรงร้อนให้มีขนาดประมาณ 20 mesh แล้วเก็บใส่ขวดพลาสติกปิดให้สนิท

ตารางที่ 2.1 แสดงสถานะการเผาที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

วัสดุ	การกระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl		การกระตุ้นด้วยสารละลายอิ่มตัว NaCl	
	อุณหภูมิการเผา/°C	เวลา / ชั่วโมง	อุณหภูมิการเผา/°C	เวลา / ชั่วโมง
กะลามะพร้าว	400	1, 2, 3	400	1, 2, 3
	600	1, 2, 3	600	1, 2, 3
	800	1, 2, 3	800	1, 2, 3
กะลาปาล์มน้ำมัน	400	1, 2, 3	400	1, 2, 3
	600	1, 2, 3	600	1, 2, 3
	800	1, 2, 3	800	1, 2, 3
ใส่ข้าวโพด	400	1, 2, 3	400	1, 2, 3
	600	1, 2, 3	600	1, 2, 3
	800	1, 2, 3	800	1, 2, 3
เปลือกทุเรียน	400	1, 2, 3	400	1, 2, 3
	600	1, 2, 3	600	1, 2, 3
	800	1, 2, 3	800	1, 2, 3

2.3 การคัดเลือกถ่านกัมมันต์คุณภาพที่ดีที่สุด

ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ทั้งหมดจากการหาสภาวะของการเผาที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ ตามตารางที่ 1 มีจำนวน 54 ตัวอย่าง ๆ ละ 3 ชั่วโมง ทุกตัวอย่างจะถูกตรวจสอบคุณภาพเพื่อคัดเลือกสภาวะที่ทำให้ได้ถ่านกัมมันต์คุณภาพสูงที่สุด ในขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพจะใช้เทคนิค 3 เทคนิค คือ การตรวจสอบร้อยละผลผลิต การตรวจสอบโครงสร้างด้วย สเปกโทรสโกปีการสั่น ด้วยเทคนิค FT-IR และ FT-Raman สุดท้ายจะทำการตรวจสอบการดูดซับสีข้อม เมทิลีนบลู

2.3.1. การตรวจสอบร้อยละผลผลิต

หาได้จากปริมาณผลผลิตถ่านดำที่ได้จากการเผา โดยคำนวณได้จาก

$$\text{ร้อยละผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านหลังการเผา}}{\text{น้ำหนักถ่านก่อนเผา}} \times 100 \%$$

ผลที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยของการทำการทดลองอย่างละ 3 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ร้อยละผลผลิตถ่านกัมมันต์จากการเผาที่สภาวะอุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

ชนิดถ่าน	อุณหภูมิ (°C)	ร้อยละผลผลิตจากการเผา (%)								
		ถ่านไม้กระสุน			แฉ่งน้ำเกลืออ้อมตัว			ผสมผงเกลือ 1:1		
		1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.
กะลามะพร้าว	400c	25.24	23.18	20.86	26.48	25.45	22.24	26.35	24.68	24.00
	600c	24.74	22.72	20.44	25.95	24.94	21.80	25.82	24.19	23.52
	800c	18.93	17.39	15.65	19.86	19.09	16.68	19.76	18.51	18.00
กะลาปาล์ม	400c	22.80	21.60	21.00	22.69	20.12	19.45	21.02	19.40	19.00
	600c	20.52	19.44	18.90	20.42	18.11	17.51	18.92	17.46	17.10
	800c	14.36	13.61	13.23	14.29	12.68	12.25	13.24	12.22	11.97
ใส่ข้าวโพด	400c	18.90	16.00	15.70	19.60	17.40	15.40	17.90	16.00	14.22
	600c	15.12	12.80	12.56	15.68	13.92	12.32	14.32	12.80	11.38
	800c	11.34	9.60	9.42	11.76	10.44	9.24	10.74	9.60	8.53
เปลือกทุเรียน	400c	17.45	16.89	16.30	18.80	18.00	17.03	18.09	17.09	16.35
	600c	13.96	13.51	13.04	15.04	14.40	13.62	14.47	13.67	13.08
	800c	10.47	10.13	9.78	11.28	10.80	10.22	10.85	10.25	9.81

2.3.2. การตรวจค่าการดูดซับเมทิลีนบลู (Methylene Blue Number)

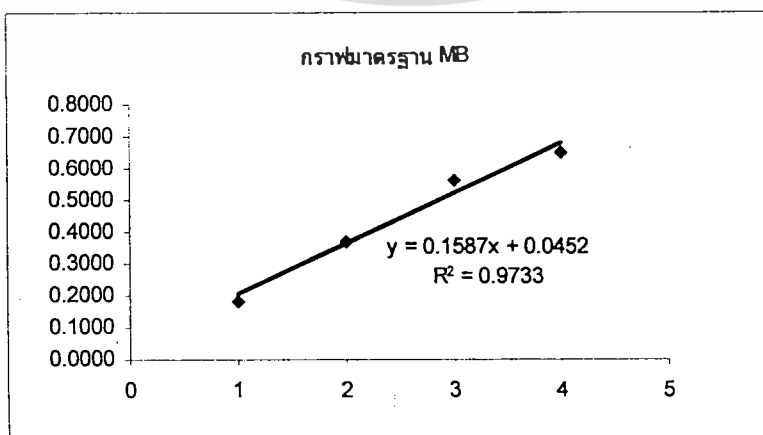
วิธีการ

1. ชั่งถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากวัสดุแต่ละชนิด หนัก 0.200 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ ทำอย่างละ 3 ข้ำ
 2. เติมเมทิลีนบลู 50 มล. ความเข้มข้น 500 ppm ลงในขวดรูปชมพู่ในข้อ 1 แล้วตั้งทิ้งไว้ 24 ชม.
 3. กรองแยกสีเมทิลีนบลูที่เหลือจากการดูดซับออกจากถ่าน ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 เก็บสารละลายสีเมทิลีนบลูใส่ขวดพลาสติก 60 มล. เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสีเมทิลีนบลูด้วยเครื่อง UV spectrophotometer
 4. การเตรียมสารละลายมาตรฐานของเมทิลีนบลูความเข้มข้น 1, 2, 3, และ 4 ppm เพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน ด้วยเครื่อง UV spectrophotometer ได้กราฟดังรูปที่ 2.1
 5. การคำนวณค่าการดูดซับเมทิลีนบลู
- การคำนวณค่าการดูดซับเมทิลีนบลูจะคำนวณเป็นร้อยละและค่าการดูดซับเป็นปริมาณการดูดซับเมทิลีนบลูต่อน้ำหนักถ่านเป็นกรัม ค่าที่คำนวณได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.3 โดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละการดูดซับ} = \frac{50(C_i - C_f)}{C_i} \times 100\%$$

$$\text{ปริมาณการดูดซับ} = \frac{50(C_i - C_f)}{1000M}$$

เมื่อ C_i และ C_f คือความเข้มข้นของเมทิลีนบลูเริ่มต้นและที่เหลือจากการดูดซับ
 M คือ น้ำหนักของถ่านกัมมันต์



กราฟที่ 2.1 แสดงกราฟมาตรฐานของสีย้อม เมทิลีนบลู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ค่าการดูดซับเมทธิลีนบลู เป็นร้อยละและค่าการดูดซับเป็นปริมาณการดูดซับเมทธิลีนบลูต่อน้ำหนักถ่านเป็นกรัม ของถ่านแต่ละชนิด

ชนิดถ่าน	อุณหภูมิ (°C)	ร้อยละการดูดซับ เมทธิลีนบลู (%)								
		ถ่านไม้กระตุ่น			เข้มน้ำเกลืออิมตัว			ผสมผงเกลือ 1:1		
		1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.
มะพร้าว	400c	50.28	50.70	53.03	43.50	46.54	44.29	52.66	55.26	55.46
	600c	76.46	70.61	80.45	46.44	66.01	44.72	89.61	55.45	51.52
	800c	85.48	85.32	88.80	64.67	80.11	99.67	70.97	57.99	82.20
ปาล์ม	400c	51.97	56.46	54.99	48.20	43.50	44.60	48.72	51.08	48.76
	600c	54.24	54.50	49.84	41.05	45.58	43.49	60.02	42.20	49.28
	800c	56.00	53.10	49.84	53.08	54.61	47.33	49.32	50.12	59.68
วาวโศด	400c	51.53	51.24	49.90	50.41	51.20	65.78	50.32	56.62	54.20
	600c	86.34	98.05	98.59	50.74	94.39	67.13	48.90	45.85	49.21
	800c	80.50	96.40	94.90	99.97	99.96	99.96	99.95	99.76	99.98
อกทุเรียน	400c	68.39	71.88	65.50	90.14	86.07	85.12	68.50	61.66	67.72
	600c	80.30	78.58	86.07	59.79	99.76	77.29	97.93	85.40	65.88
	800c	84.60	89.00	91.20	99.96	99.97	99.97	99.97	99.97	99.99

2.3.3. การตรวจวิเคราะห์โครงสร้างถ่านกัมมันต์

การตรวจสอบวิเคราะห์โครงสร้างถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ ใช้เทคนิค การวิเคราะห์ด้วยสเปกโทรสโกปีของการสั่น (Vibrational spectroscopy) ด้วยเครื่อง FTIR Spectrum One Perkin Elmer Spectrometer และ เครื่อง FT-Raman Spectrum GX Perkin Elmer Spectrometer

การบันทึกสเปกตรัมการสั่นด้วยเครื่อง FTIR Spectrum One Perkin Elmer Spectrometer

วิธีการ เทคนิคเกร็ด KBr

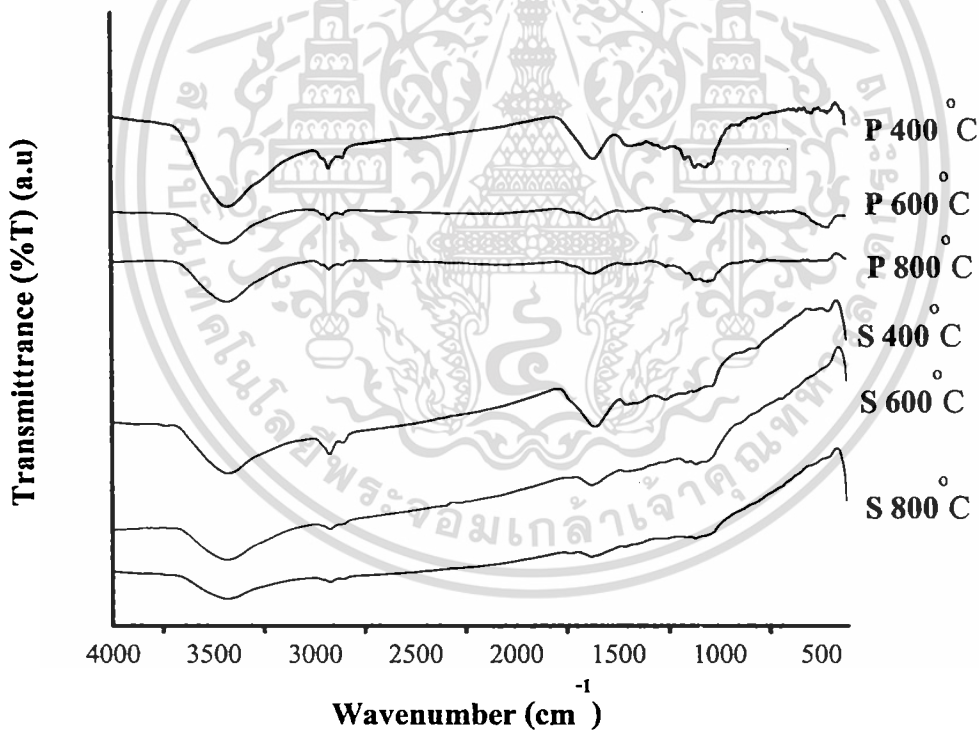
บด KBr ใน โกร่งให้ละเอียดขนาดไมครอน ผสมถ่านในอัตราส่วน KBr ต่อ ถ่าน เท่ากับ 10 ต่อ 1 ส่วน แล้วบดต่อให้ละเอียดผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำไปอัดเป็นเกร็ดใส ๆ ด้วยเครื่องอัดแบบ Hand press จากนั้นนำไปบันทึกสเปกตรัม FTIR โดยใช้ค่าการสแกน 4 ครั้ง ค่า Resolution 4 cm^{-1} ในช่วงการบันทึก $4000-370 \text{ cm}^{-1}$ สเปกตรัมที่ได้แสดงดังรูปที่ 2.2ก-ง

การบันทึกสเปกตรัมการสั่นด้วยเครื่อง FT-Raman Spectrum GX Perkin Elmer Spectrometer

วิธีการ

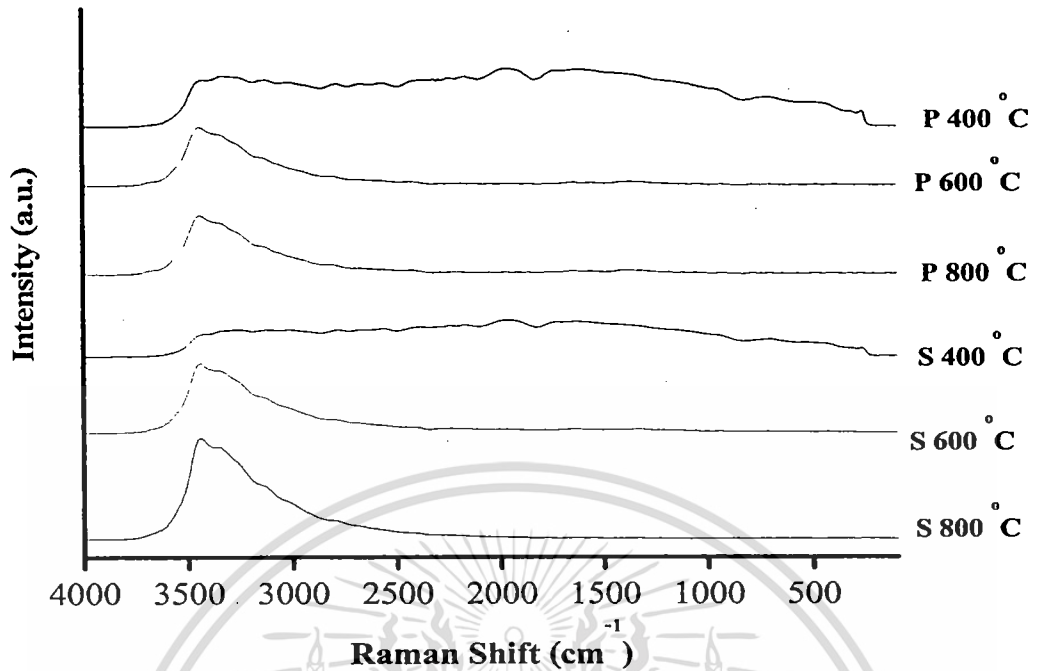
บดถ่านกัมมันต์ในโกร่งให้ละเอียดขนาดไมครอน นำไปอัดเม็ดใส่ในช่องบรรจุตัวอย่างของเครื่องบันทึก FT-Raman จากนั้นนำไปบันทึกสเปกตรัม FT-Raman โดยใช้ค่าการสแกน 16 ครั้ง ค่า Resolution 4 cm^{-1} การบันทึกสเปกตรัมในช่วง $4000-100 \text{ cm}^{-1}$ สเปกตรัมที่ได้แสดงดังรูปที่ 2.2ก-ง

จากผลของการบันทึกสเปกตรัมของถ่านกัมมันต์แต่ละชนิด ปรากฏว่า ที่สภาวะการเผา ณ อุณหภูมิเดียวกัน แต่เปลี่ยนเปลี่ยนเวลา เป็น 1, 2, และ 3 ชม. จะได้สเปกตรัมที่ไม่มี ความแตกต่างกัน แต่จะต่างกันเมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิเท่านั้น และทำการบันทึกสเปกตรัมอย่างละ 3 ชั่วโมง สเปกตรัมที่คล้ายกันตลอด จึงแสดงรูปสเปกตรัมเพียงบางสภาวะเท่านั้น ดังรูปที่ 2.2ก-ง

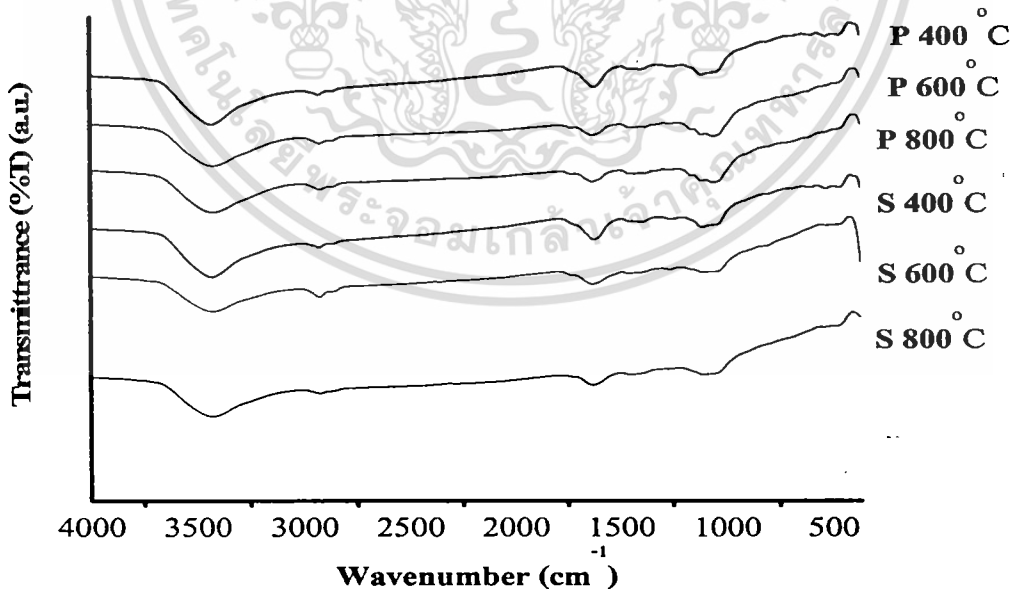


รูปที่ 2.2ก-1 แสดงสเปกตรัม FT-IR ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวสภาวะการเผา 400, 600 และ 800 °C เวลา 3 ชม. P; การกระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl, S; การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl

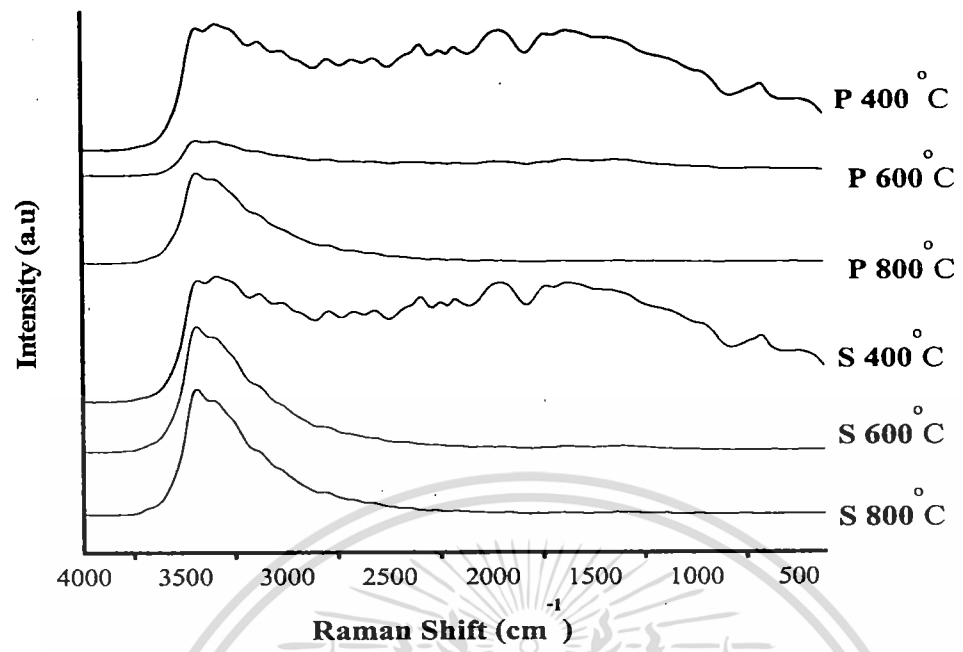
73051



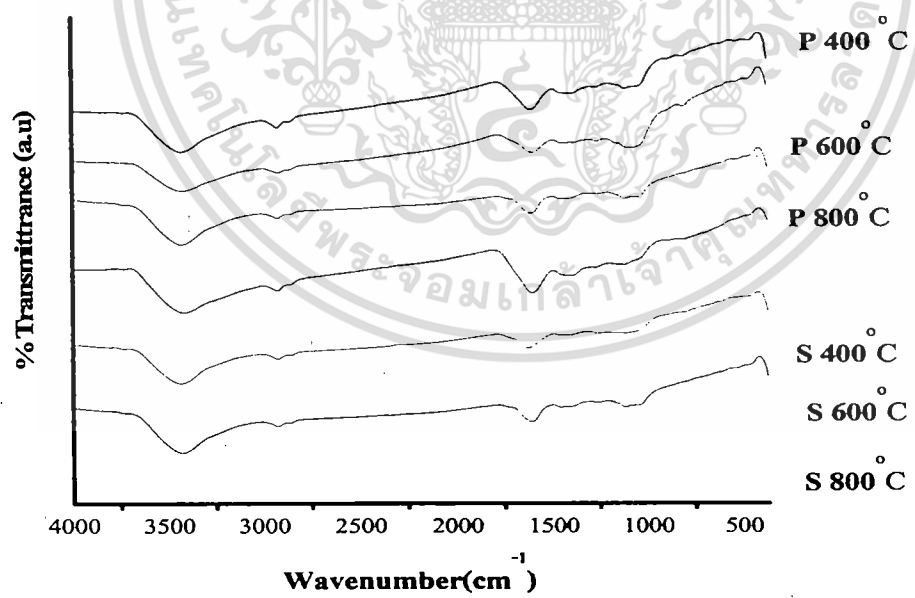
รูปที่ 2.2 ก-2 แสดงสเปกตรัม FT-Raman ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวสถานะการเผา 400, 600 และ 800 °C เวลา 3 ชม. P; การกระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl, S; การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl



รูปที่ 2.2 ข-1 แสดงสเปกตรัม FT-IR ของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มสถานะการเผา 400, 600 และ 800 °C เวลา 3 ชม. P; การกระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl, S; การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

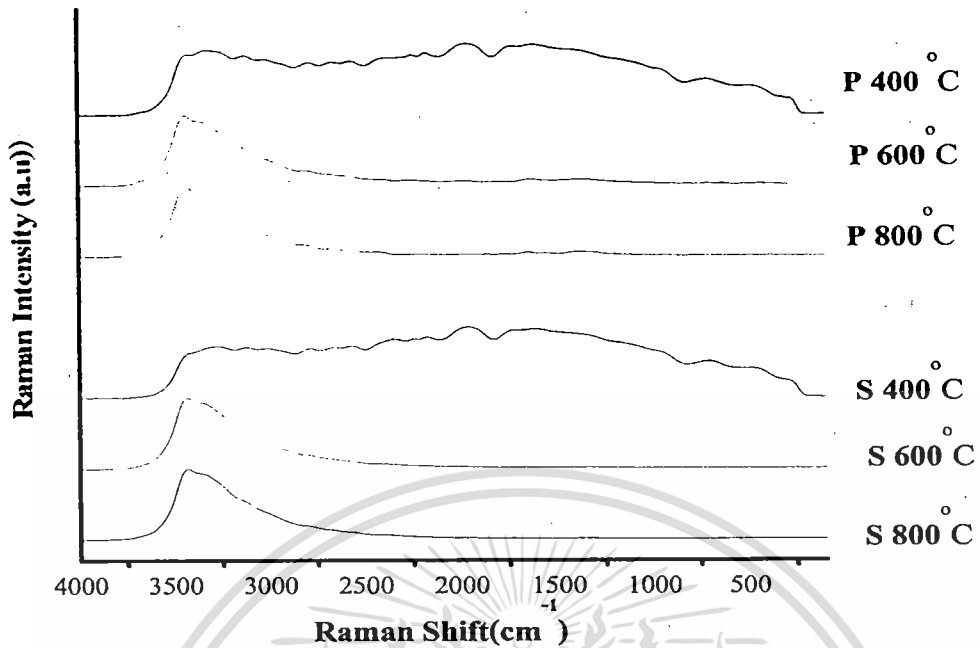


รูปที่ 2.2. ข-2 แสดงสเปกตรัม FT-Raman ของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มสภาวะการเผา 400, 600 และ 800 °C เวลา 3 ชม. P; การกระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl, S; การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl

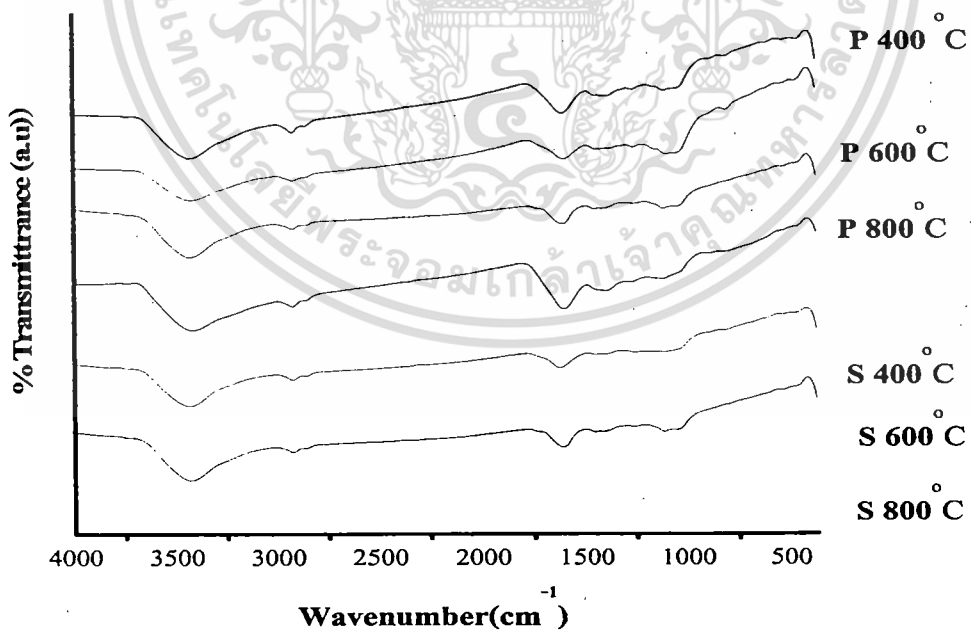


รูปที่ 2.2. ค-1 แสดงสเปกตรัม FT-IR ของถ่านกัมมันต์จากไส้ข้าวโพดสภาวะการเผา 400, 600 และ 800 °C เวลา 3 ชม. P; การกระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl, S; การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl

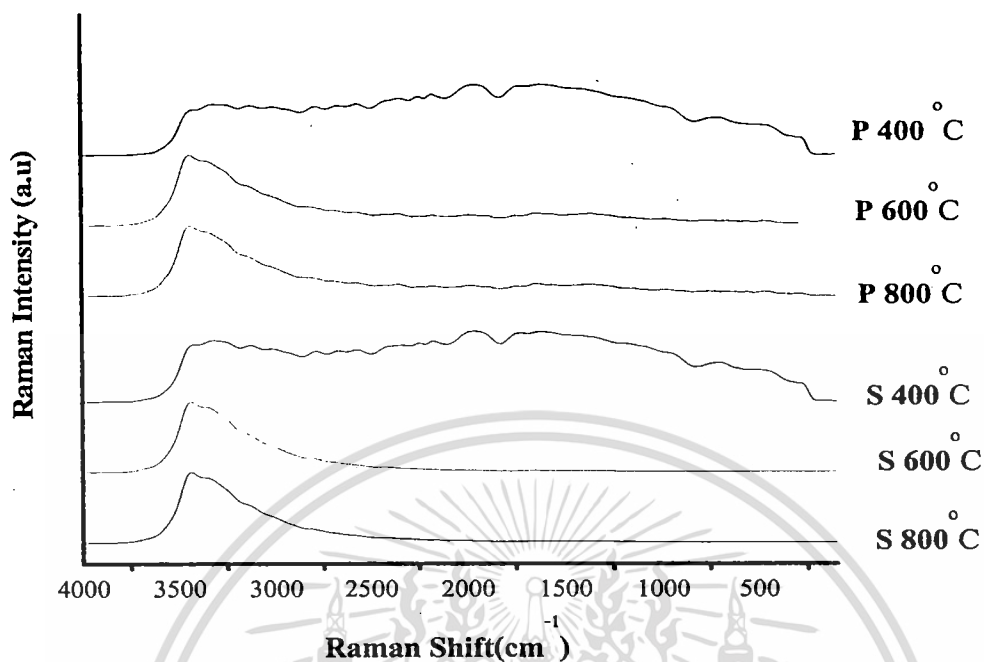
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2. ก-2 แสดงสเปกตรัม FT-Raman ของถ่านกัมมันต์จากไส้ข้าวโพดสภาวะการเผา 400, 600 และ 800 °C เวลา 3 ชม. P; การกระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl, S; การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl



รูปที่ 2.2. ก-1 แสดงสเปกตรัม FT-IR ของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนสภาวะการเผา 400, 600 และ 800 °C เวลา 3 ชม. P; การกระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl, S; การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2. ง-2 แสดงสเปกตรัม FT-Raman ของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนสภาวะการเผา 400, 600 และ 800 °C เวลา 3 ชม. P; การกระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl, S; การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl

ตารางที่ 2.4 แสดงแถบการสั่นของโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบภายในถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ทั้งหมด

แถบความถี่ (cm ⁻³)		รูปแบบการสั่น	กลุ่มของ โมเลกุล
FT-IR	FT-Raman		
3200-3600	3200-3600	O-H stretching	Polymeric OH\ water impurities
3000-3200	2800-3200	C-H stretching	Alkanes
1780-1640		C=O stretching	Ketones\ aldehydes\ carboxylic acids
1640-1580		C=C stretching	Alkenes
1550-1350		--NO ₂ stretching	Nitrogenous compounds
1465-1350		C-H bending	Alkanes
950-1300		C-O stretching or O-H bending	Primary\ secondary and tertiary alcohol\ Phenol\ esters\ ethers
900-370			Aromatic compounds

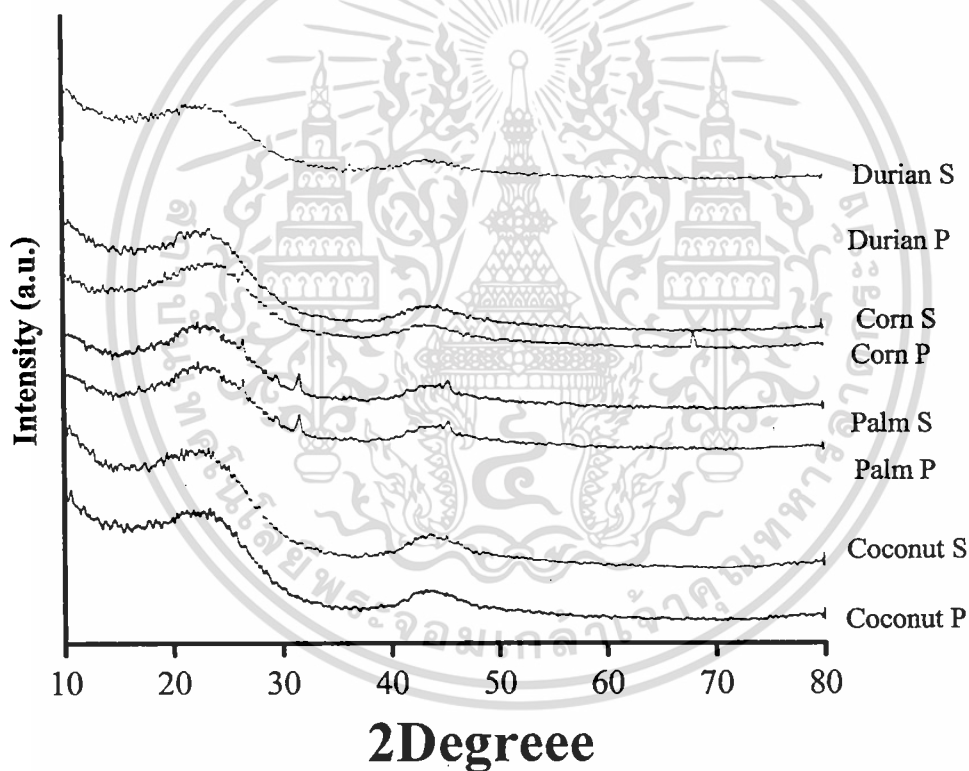
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ผลการคัดเลือกถ่านที่มีคุณภาพ

จากตัวอย่างถ่านกัมมันต์ที่เผาในสภาวะและการกระตุ้น 2 แบบ ปรากฏว่าได้ถ่านกัมมันต์ที่มีคุณภาพดีที่สุดคือ ถ่านกัมมันต์ที่เผาที่สภาวะอุณหภูมิ 800 °C ส่วน เวลาจะมีผลด้านคุณภาพน้อยมาก แต่จะมีผลทางเรื่องการประหยัด และความรวดเร็วในการผลิต ในงานวิจัยชิ้นนี้ จึงเลือกถ่านกัมมันต์ที่เผาในเวลา 3 ชม. เนื่องจากเหตุผลดังกล่าว มาตรวจสอบคุณภาพอย่างอื่น เพิ่มเติม ตามมาตรฐานการตรวจสอบแบบ ASTM ได้แก่

1. การตรวจสอบโครงสร้างถ่านด้วยเทคนิค X-Ray powder diffraction

บันทึกด้วยเครื่อง ผลที่ได้แสดงไว้คือรูปที่ 2.3 จากรูปแสดงว่า ถ่านกัมมันต์ที่เผาที่สภาวะอุณหภูมิ 800 °C เป็นเวลา 3 ชม. จะได้ถ่านกัมมันต์ที่เป็น คาร์บอนอสัณฐาน (Amorphous carbon)

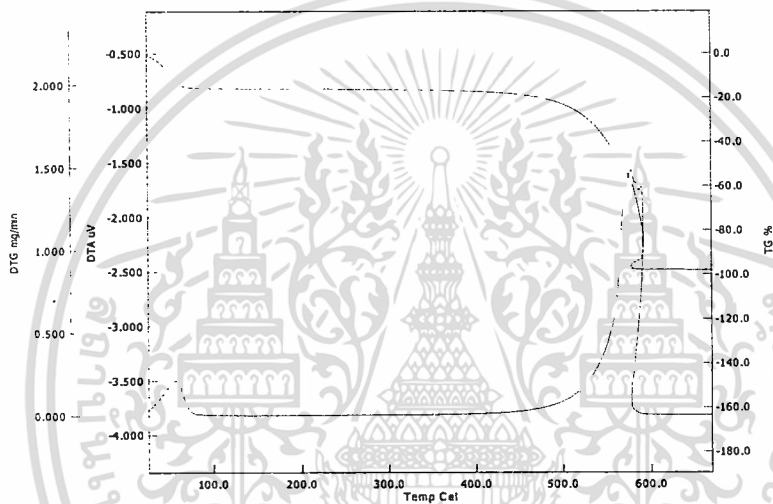


รูปที่ 2.3 แสดง X-ray powder diffraction ของถ่านกัมมันต์จากวัสดุแต่ละชนิด เผาที่ 800 °C 3 ชม.

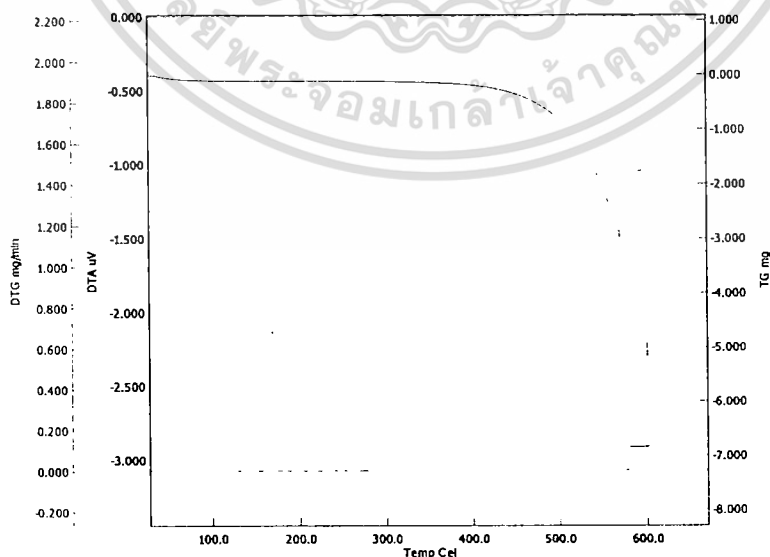
2.3.5 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น และปริมาณเถ้าด้วยเทคนิค Thermogravimetric analysis (TG-DTG)

วิธีการวิเคราะห์

ชั่งถ่านกัมมันต์ปริมาณ 45-100 mg ใส่ใน ถาดบรรจุตัวอย่างแบบเซลล์อะลูมินา (alumina cell) จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Thermogravimetric analysis รุ่น a Pyris Diamond Perkin Elmer apparatus โดยตั้งการวิเคราะห์อุณหภูมิตั้งแต่ 30 ถึง 700 °C อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 10 °C/min ใช้ ก๊าซออกซิเจนในการเผาไหม้ และใช้สาร Al_2O_3 เป็นสารมาตรฐานในการเผาไหม้ เทอร์โมแกรมจากการทดลองแสดงไว้ดังรูปที่ 2.4. ก-ง และสรุปผลไว้ในตารางที่ 2.5 แสดงความชื้นและปริมาณเถ้าและค่า pH ของถ่านกัมมันต์แต่ละชนิด



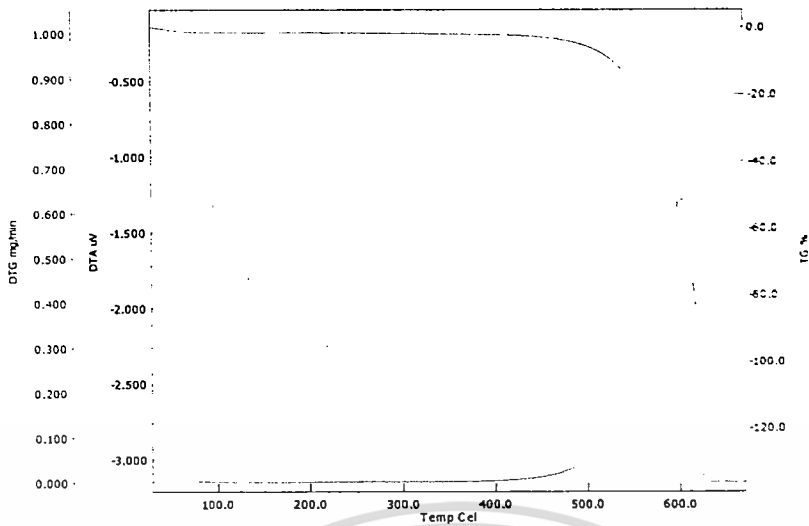
รูปที่ 2.4. ก-1 แสดงเทอร์โมแกรม (TG-DTG) ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ



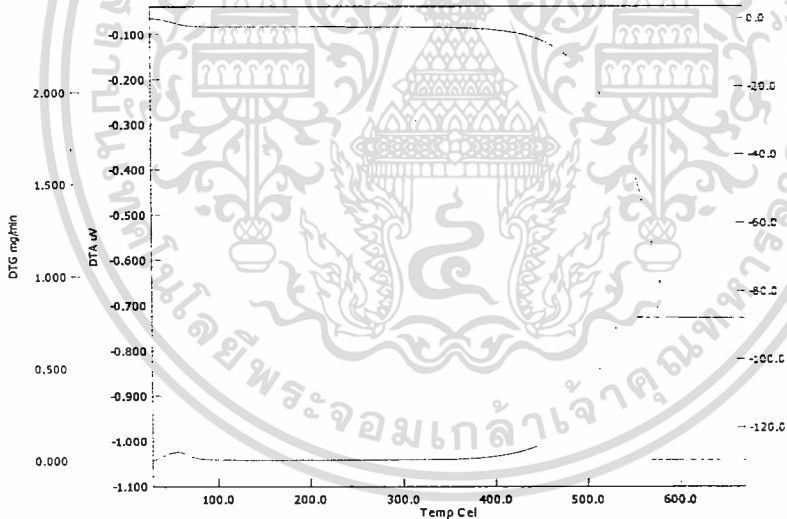
รูปที่ 2.4. ก-2 แสดงเทอร์โมแกรม (TG-DTG) ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ที่กระตุ้นด้วย

สารละลายเกลือ

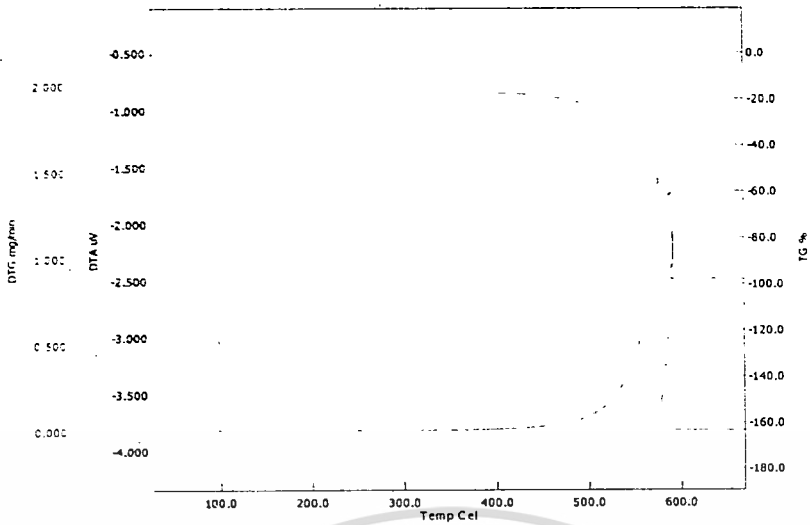
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



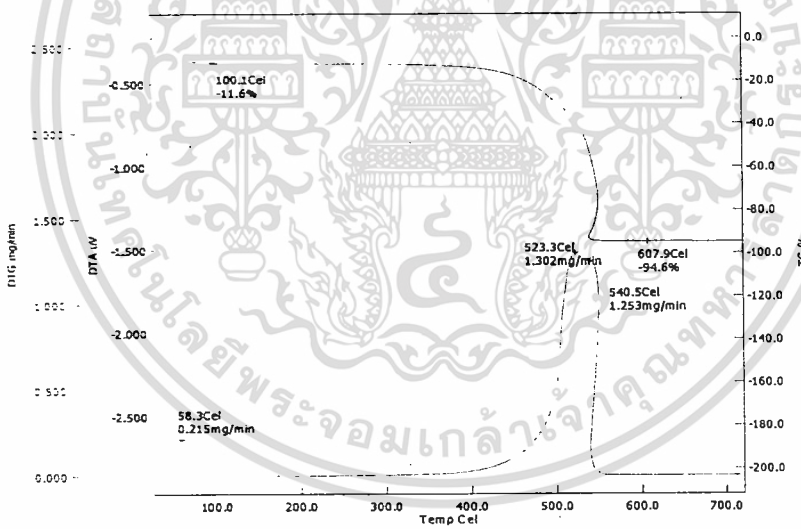
รูปที่ 2.4. ข-1 แสดงเทอร์โมแกรม (TG-DTG) ของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์ม ที่กระตุ้นด้วยเกลือ



รูปที่ 2.4. ข-2 แสดงเทอร์โมแกรม (TG-DTG) ของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์ม ที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ

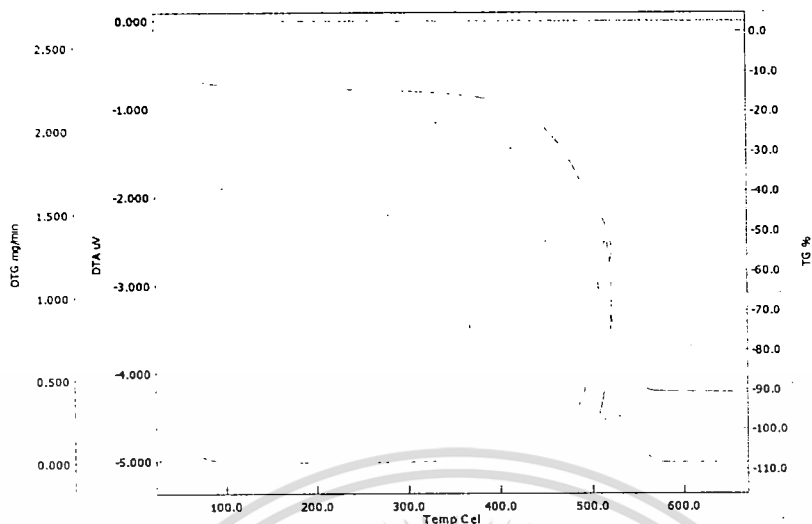


รูปที่ 2.4. ค-1 แสดงเทอร์โมแกรม (TG-DTG) ของถ่านกัมมันต์จากไส้ข้าวโพด ที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ

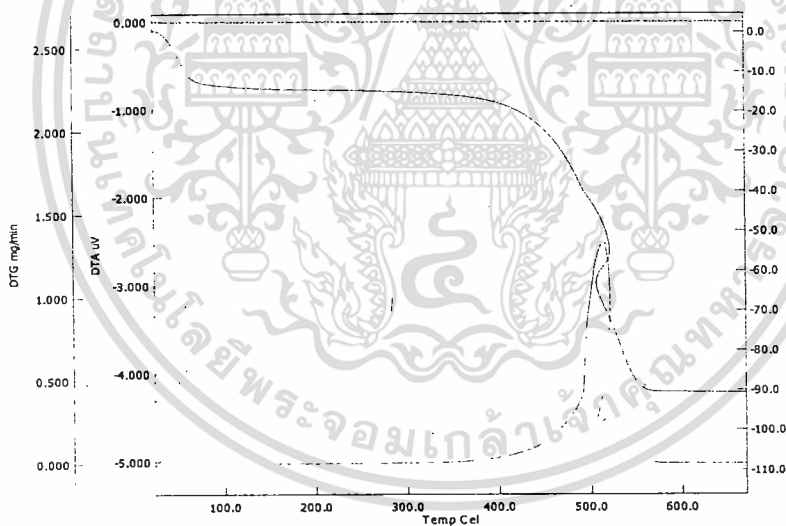


รูปที่ 2.4.ค-2 แสดงเทอร์โมแกรม (TG-DTG) ของถ่านกัมมันต์จากไส้ข้าวโพด ที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4.9-1 แสดงเทอร์โมแกรม (TG-DTG) ของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียน ที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ



รูปที่ 2.4.9-2 แสดงเทอร์โมแกรม (TG-DTG) ของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียน ที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ

ตารางที่ 2.5 ปริมาณความชื้นและ ปริมาณเถ้าจากการวิเคราะห์ด้วย TG-DTG ของถ่านกัมมันต์แต่ละชนิดที่เผาที่ 800 °C เวลา 1 ชม. สอดคล้องกับรูปที่ 2.4.ก-ง

ชนิดถ่าน	การกระตุ้นด้วยผงเกลือ		การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ	
	ร้อยละความชื้น	ร้อยละของเถ้า	ร้อยละความชื้น	ร้อยละของเถ้า
กะลามะพร้าว	0.90	18.00	1.40	14.90
กะลาปาล์มน้ำมัน	1.40	11.90	2.40	12.14
ไม้ซ้าวโพด	11.60	5.40	15.60	2.10
เปลือกทุเรียน	13.50	9.50	14.25	8.40

2.3.6 การหาพื้นที่ผิวรูพรุนขนาดเล็กของถ่านกัมมันต์

ทำได้โดยใช้เครื่องมือหาพื้นที่ผิวจำเพาะ ตัวถูกดูดซับที่ใช้ได้แก่ N_2 เป็นการหาพื้นที่ผิวจำเพาะของรูพรุนขนาดเล็กของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากวัสดุแต่ละชนิด โดยใช้การคำนวณตามสมการ BET และการคำนวณตามสมการของ Langmuir ข้อมูลแสดงไว้ในตารางที่ 2.6 สอดคล้องกับรูปที่ 2.5. ก-ง และตารางที่ 2.7.ก-ง

ตารางที่ 2.6 แสดงพื้นที่ผิวของถ่านชนิดต่าง ๆ ด้วยวิธี BET และ Langmuir จากการดูดซับ N_2

ชนิดถ่านกัมมันต์	พื้นที่ผิวการดูดซับ (m^2/g)			
	การกระตุ้นด้วยผงเกลือ		การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ	
	BET	Langmuir	BET	Langmuir
กะลามะพร้าว	538.90 ± 13	822.39±4	539.00±0	892.58±0
กะลาปาล์มน้ำมัน	457.10±10	710.90±1	419.30±17	645.52±17
ไม้ซ้าวโพด	716.90±22	1064.65±4	605.60±14	921.33±2
เปลือกทุเรียน	475.80±12	719.85±1	758.2±20	1151.69±3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7.ก-1 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค BET จากการดูดซับก๊าซ N₂ ของ ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl

Sample Weight: 0.2430 g	Analysis Adsorptive: N2
Warm Freespace: 34.9427 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 115.5208 cm ³
	Low Pressure Dose: None

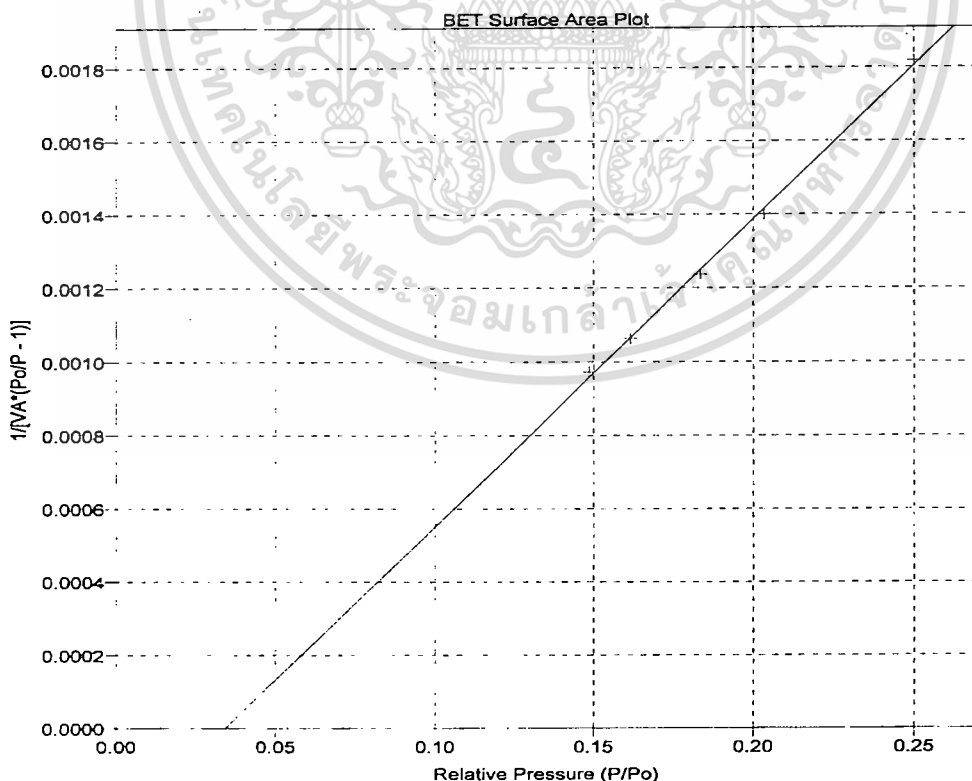
BET Surface Area Report

BET Surface Area:	538.9 ±	13.97 m ² /g
Slope:	0.008364 ±	0.000206
Y-Intercept:	-0.000286 ±	0.000040
C:	-28.228974	
VM:	123.790369	cm ³ /g STP
Correlation Coefficient:	9.990951e-01	

Molecular Cross-section: 0.1620 nm²

Relative Pressure	Vol Adsorbed (cm ³ /g STP)	1/[VA*(Po/P - 1)]
0.148526007	179.4084	0.000972
0.161499000	181.0984	0.001064
0.183481151	181.7991	0.001236
0.203407570	182.3805	0.001400
0.249990461	183.3961	0.001817

Sample Weight: 0.2430 g	Analysis Adsorptive: N2
Warm Freespace: 34.9427 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 115.5208 cm ³
	Low Pressure Dose: None



รูปที่ 2.5.ก-1 การพลอตกราฟตามสมการ BET เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จาก

กะลามะพร้าวที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7.ก-2 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค Langmuir จากการดูดซับก๊าซ N₂ ของ ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl

Sample Weight: 0.2430 g	Analysis Adsorptive: N2
Warm Freespace: 34.9427 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 115.5208 cm ³
	Low Pressure Dose: None

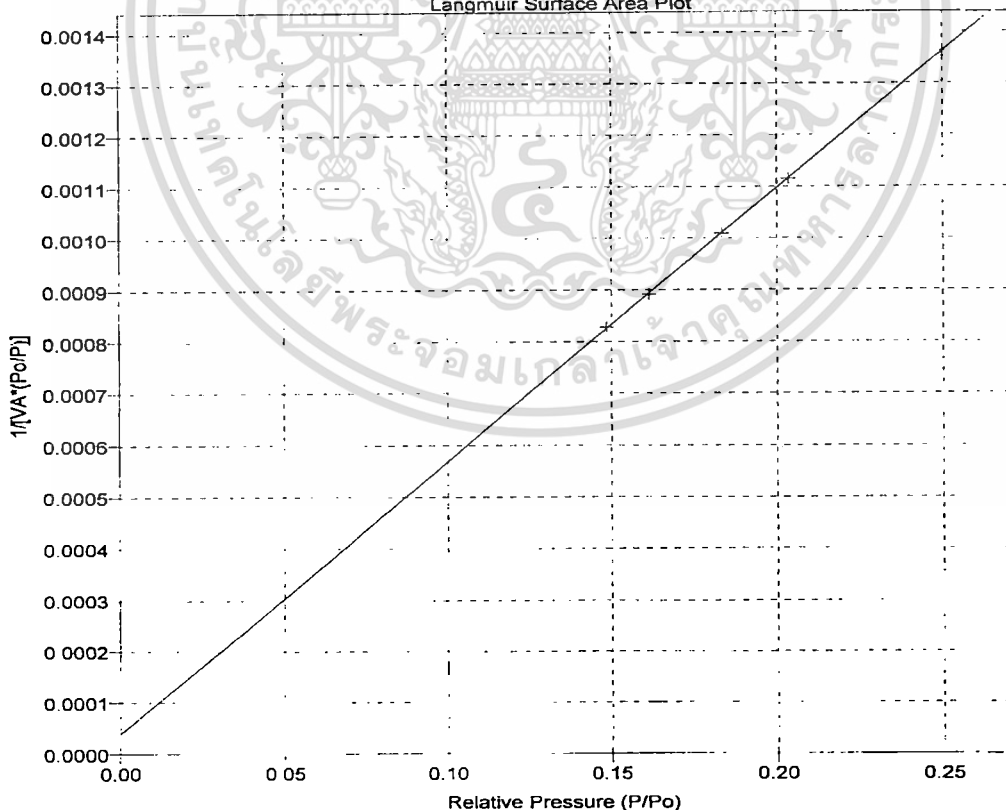
Langmuir Surface Area Report

Langmuir Surface Area:	822.3942 ±	4.1070 m ² /g
Slope:	0.005293 ±	0.000026
Y-Intercept:	0.000039 ±	0.000005
b:	0.007369	
VM:	188.917206	cm ³ /g STP
Correlation Coefficient:	9.999626e-01	
Molecular Cross-section:	0.1620	nm ²

Relative Pressure	Vol Adsorbed (cm ³ /g STP)	1/[VA*(Po/P)]
0.148526007	179.4084	0.000828
0.161499000	181.0984	0.000892
0.183481151	181.7991	0.001009
0.203407570	182.3805	0.001115
0.249990461	183.3961	0.001363

Sample Weight: 0.2430 g	Analysis Adsorptive: N2
Warm Freespace: 34.9427 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 115.5208 cm ³
	Low Pressure Dose: None

Langmuir Surface Area Plot



รูปที่ 2.5.ก-2 การพลอตกราฟตามสมการ Langmuir เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7. ก-3 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค BET จากการดูดซับก๊าซ N₂ ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่กระตุ้นด้วยสารละลายแกลลิอ NaCl

Sample Weight: 0.2650 g	Analysis Adsorptive: N ₂
Warm Freespace: 34.9116 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 114.7355 cm ³
	Low Pressure Dose: None

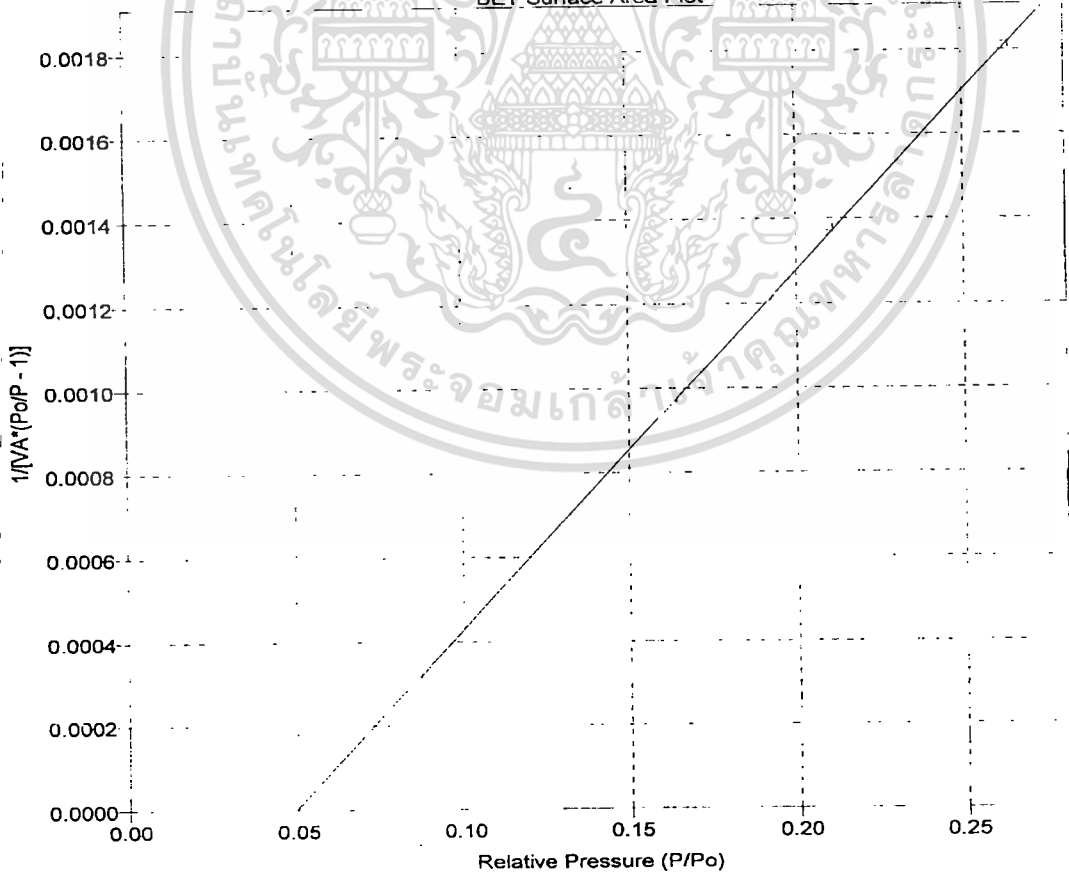
BET Surface Area Report

BET Surface Area:	539.5 ±	0 m ² /g
Slope:	0.008488 ±	0.000000
Y-Intercept:	-0.000420 ±	0.000000
C:	-19.232259	
VM:	123.939373	cm ³ /g STP
Correlation Coefficient:	1.000000e+00	
Molecular Cross-section:	0.1620	m ²

Relative Pressure	Vol Adsorbed (cm ³ /g STP)	1/[VA*(Po/P - 1)]
0.211113625	194.9936	0.001372
0.263726401	196.9186	0.001819

Sample Weight: 0.2650 g	Analysis Adsorptive: N ₂
Warm Freespace: 34.9116 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 114.7355 cm ³
	Low Pressure Dose: None

BET Surface Area Plot



รูปที่ 2.5. ก-3 การพลอตกราฟตามสมการ BET เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จาก

กะลามะพร้าวที่กระตุ้นด้วยสารละลายแกลลิอ NaCl ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7. ก-4 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค Langmuir จากการดูดซับก๊าซ N₂ ของ ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl

Sample Weight: 0.2650 g	Analysis Adsorptive: N ₂
Warm Freespace: 34.9116 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 114.7355 cm ³
	Low Pressure Dose: None

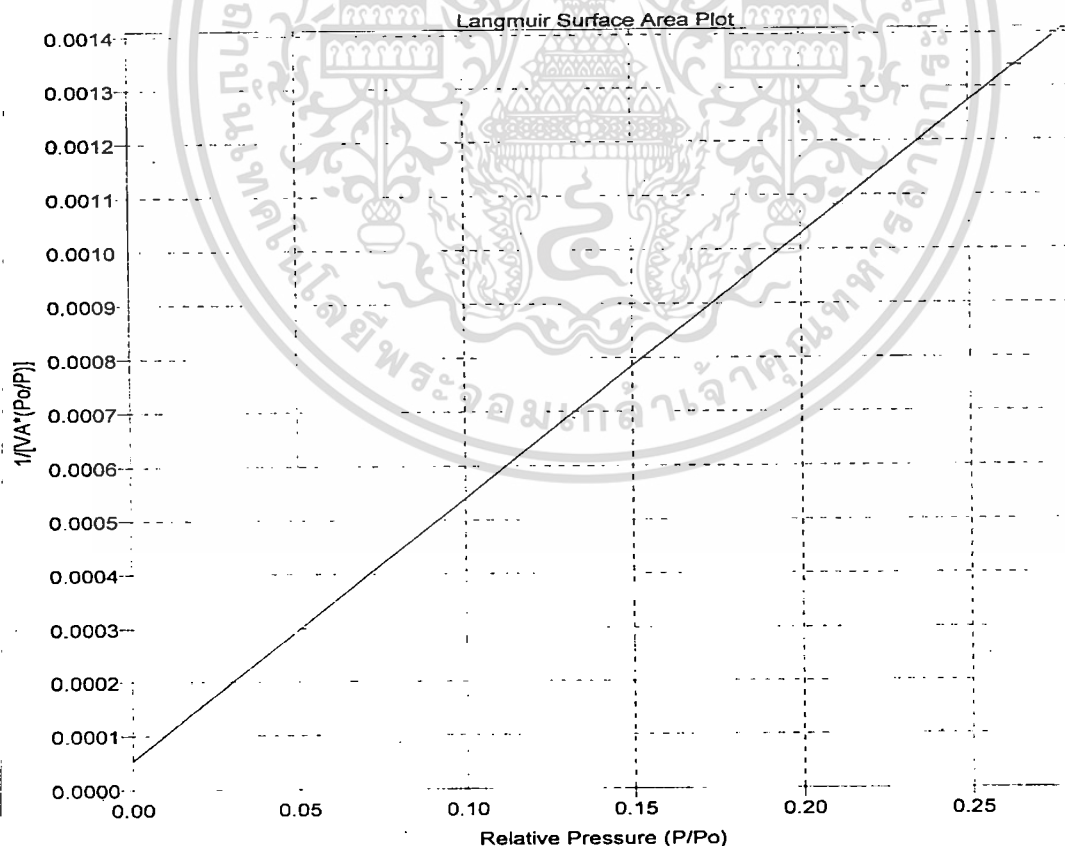
Langmuir Surface Area Report

Langmuir Surface Area:	892.5832 ± 0.0000 m ² /g
Slope:	0.004877 ± 0.000000
Y-Intercept:	0.000053 ± 0.000000
b:	0.010878
VM:	205.040750 cm ³ /g STP
Correlation Coefficient:	1.000000e+00

Molecular Cross-section: 0.1620 nm²

Relative Pressure	Vol Adsorbed (cm ³ /g STP)	1/[VA*(Po/P)]
0.211113623	194.9936	0.001083
0.263726401	196.9186	0.001339

Sample Weight: 0.2650 g	Analysis Adsorptive: N ₂
Warm Freespace: 34.9116 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 114.7355 cm ³
	Low Pressure Dose: None



รูปที่ 2.5. ก-4 การพลอตกราฟตามสมการ Langmuir เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7.ข-1 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค BET จากการดูดซับก๊าซ N₂ ของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl

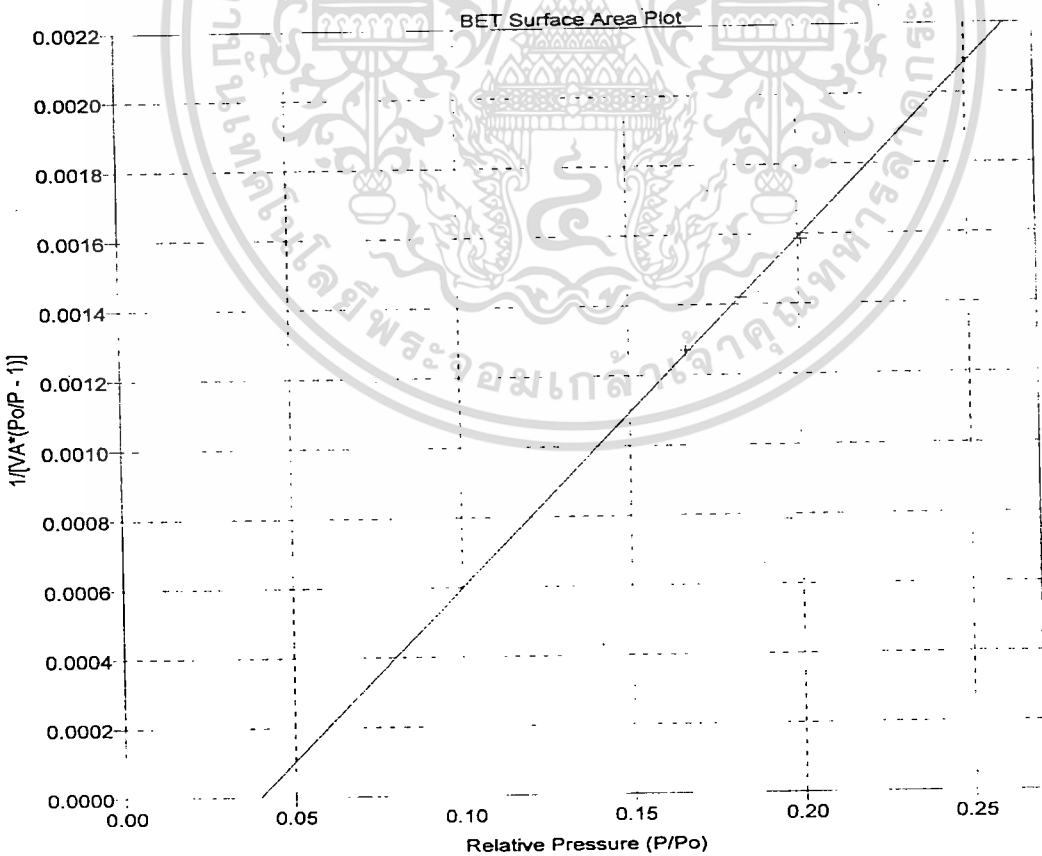
Sample Weight: 0.2096 g	Analysis Adsorptive: N2
Warm Freespace: 34.9827 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 115.5926 cm ³
	Low Pressure Dose: None

BET Surface Area Report

BET Surface Area:	457.1 ±	10.6 m ² /g
Slope:	0.009917 ±	0.000216
Y-Intercept:	-0.000394 ±	0.000044
C:	-24.181777	
VM:	105.002981	cm ³ /g STP
Correlation Coefficient:	9.995240e-01	
Molecular Cross-section:	0.1620	nm ²

Relative Pressure	Vol Adsorbed (cm ³ /g STP)	1/[VA*(Po/P - 1)]
0.166736916	157.4074	0.001271
0.183284594	158.1194	0.001419
0.200945755	158.5800	0.001586
0.250271590	159.3761	0.002095

Sample Weight: 0.2096 g	Analysis Adsorptive: N2
Warm Freespace: 34.9827 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 115.5926 cm ³
	Low Pressure Dose: None



รูปที่ 2.5.ข-1 การพลอตกราฟตามสมการ BET เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากกะลา

ปาล์มที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7. ข-2 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค Langmuir จากการดูดซับก๊าซ N_2 ของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มที่กระตุ้นด้วยผงแกลลิอ $NaCl$

Sample Weight: 0.2096 g	Analysis Adsorptive: N_2
Warm Freespace: 34.9827 cm^3	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 115.5926 cm^3
	Low Pressure Dose: None

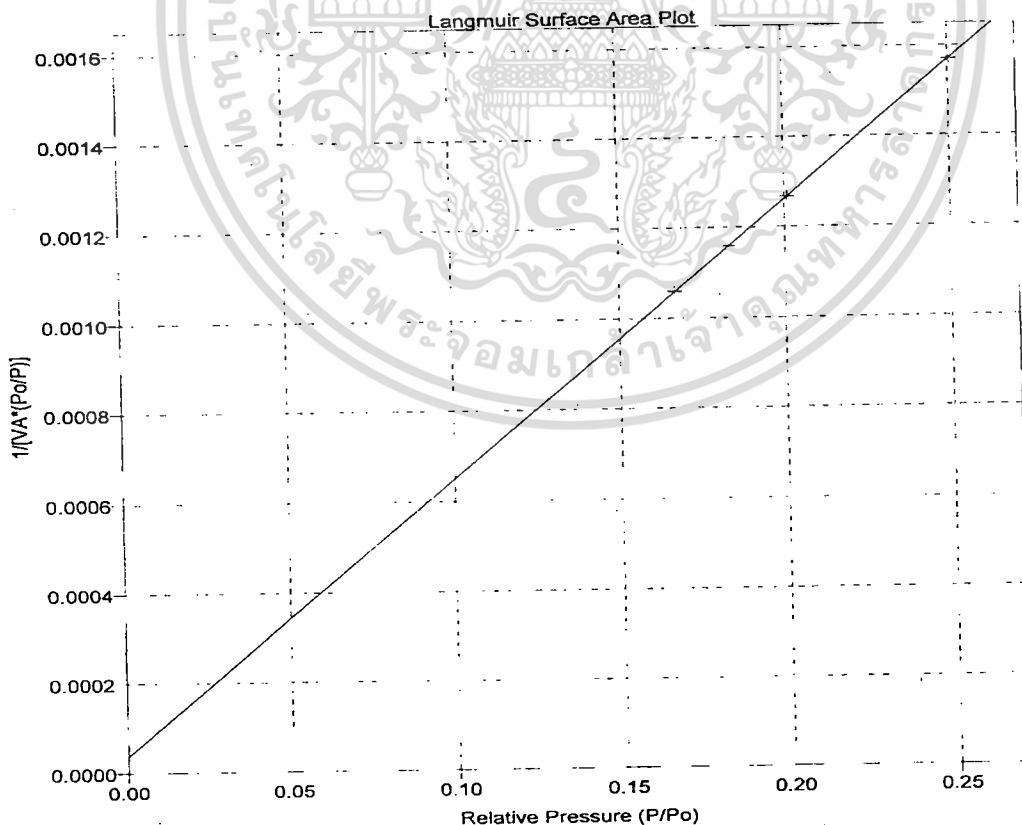
Langmuir Surface Area Report

Langmuir Surface Area:	710.9027	±	1.7430 m^2/g
Slope:	0.006123	±	0.000015
Y-Intercept:	0.000037	±	0.000003
b:	0.006105		
VM:	163.305825		cm^3/g STP
Correlation Coefficient:	9.999940e-01		

Molecular Cross-section: 0.1620 nm^2

Relative Pressure	Vol Adsorbed (cm^3/g STP)	1/[VA*(Po/P)]
0.166736916	157.4074	0.001059
0.183284594	158.1194	0.001159
0.200945755	158.5800	0.001267
0.250271590	159.3761	0.001570

Started: 18/08/06 19:18:15	Analysis Adsorptive: N_2
Completed: 18/08/06 23:10:26	Analysis Bath: 77.35 K
Report Time: 20/08/06 12:29:41	Thermal Correction: No
Sample Weight: 0.2096 g	Smoothed Pressures: No
Warm Freespace: 34.9827 cm^3	Cold Freespace: 115.5926 cm^3
Equil. Interval: 10 secs	Low Pressure Dose: None



รูปที่ 2.5. ข-2 การพลอตกราฟตามสมการ Langmuir เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จาก

เอกะลาปาล์มที่กระตุ้นด้วยผงแกลลิอ $NaCl$ ช่างานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7. ข-3 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค BET จากการดูดซับก๊าซ N₂ ของ
ถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl

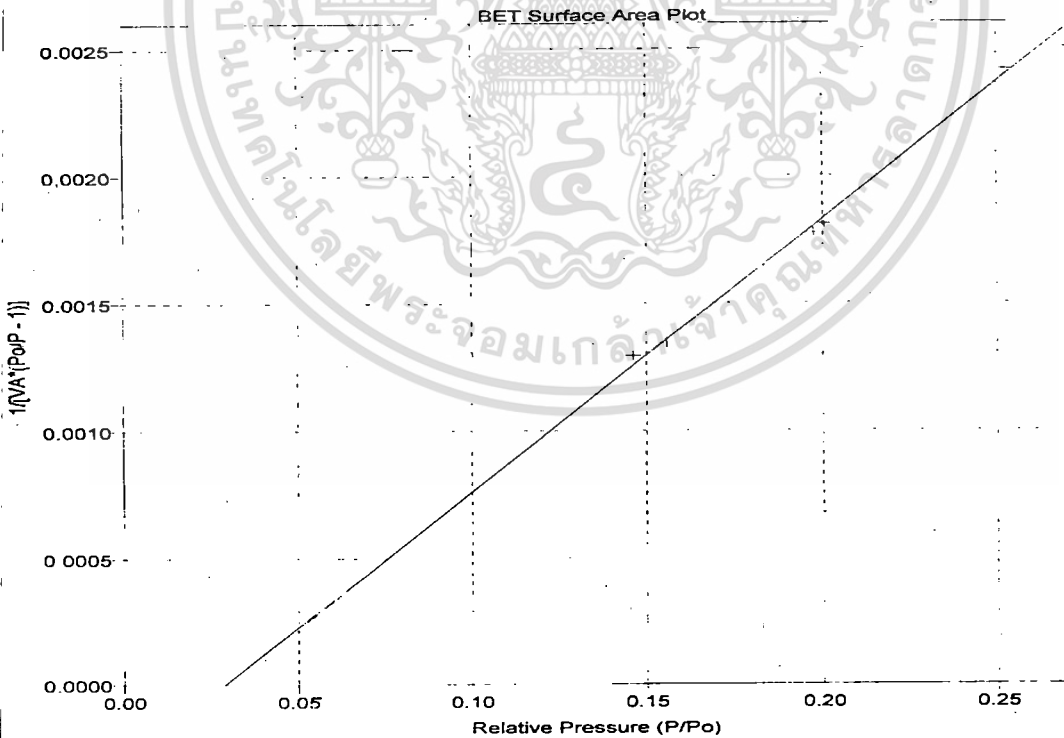
Sample Weight: 0.2520 g	Analysis Adsorptive: N ₂
Warm Freespace: 34.7368 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 117.0702 cm ³
	Low Pressure Dose: None

BET Surface Area Report

BET Surface Area:	419.3 ±	17.65 m ² /g
Slope:	0.010690 ±	0.000429
Y-Intercept:	-0.000309 ±	0.000083
C:	-33.554617	
VM:	96.329928	cm ³ /g STP
Correlation Coefficient:	9.975948e-01	
Molecular Cross-section:	0.1620	nm ²

Relative Pressure	Vol Adsorbed (cm ³ /g STP)	$\frac{1}{[V_A*(P_0/P - 1)]}$
0.146201346	132.4595	0.001293
0.155841657	137.4743	0.001343
0.197301305	138.5816	0.001774
0.200681213	138.7947	0.001809
0.252034838	139.6557	0.002413

Sample Weight: 0.2520 g	Analysis Adsorptive: N ₂
Warm Freespace: 34.7368 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 117.0702 cm ³
	Low Pressure Dose: None



รูปที่ 2.5. ข-3 การพลอตกราฟตามสมการ BET เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากกะลา
ปาล์มที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7.ข-4 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค Langmuir จากการดูดซับก๊าซ N₂ ของ ถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มที่กระตุ้นด้วยสารละลายแก๊ส NaCl

Sample Weight: 0.2520 g	Analysis Adsorptive: N2
Warm Freespace: 34.7368 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 117.0702 cm ³
	Low Pressure Dose: None

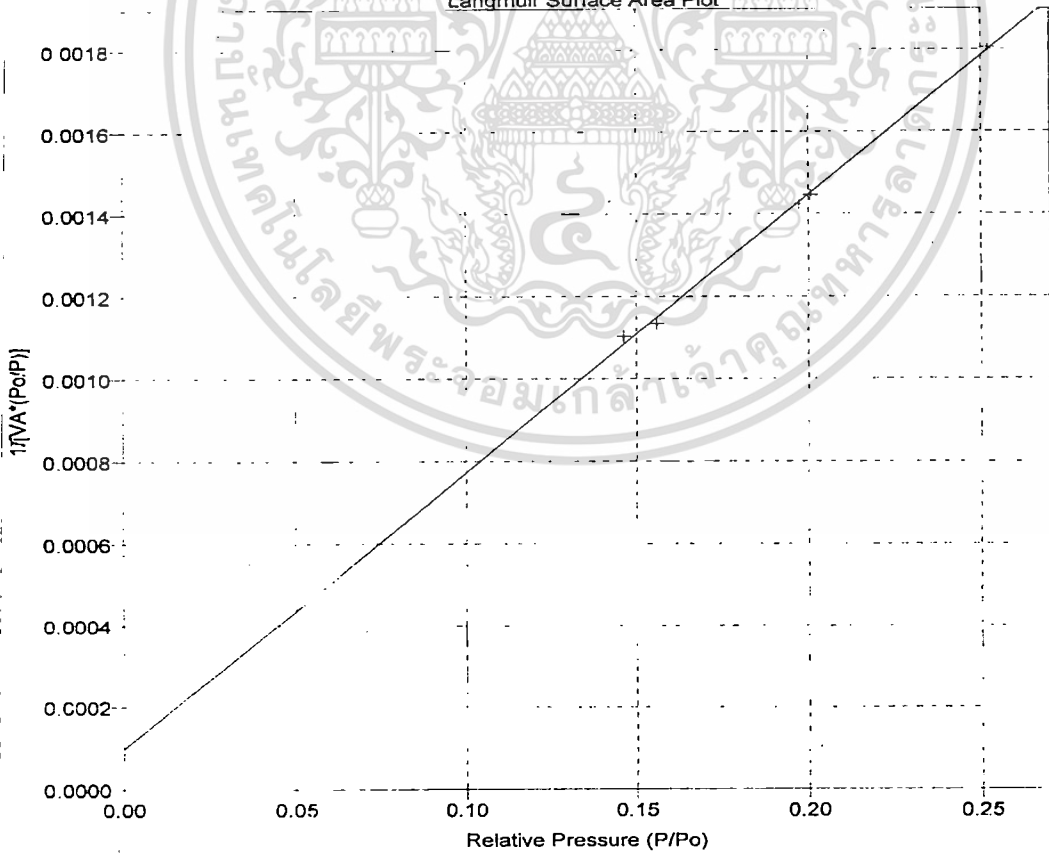
Langmuir Surface Area Report

Langmuir Surface Area:	45.5235 ±	17.7206 m ² /g
Slope:	0.006744 ±	0.000185
Y-Intercept:	0.000098 ±	0.000036
b:	0.014570	
VM:	148.287170	cm ³ /g STP
Correlation Coefficient:	9.988715e-01	
Molecular Cross-section:	0.1620	m ²

Relative Pressure	Vol Adsorbed (cm ³ /g STP)	1/[VA*(Po/P)]
0.146201346	132.4595	0.001104
0.155841657	137.4743	0.001134
0.197301305	138.5816	0.001424
0.200681213	138.7947	0.001446
0.252034P38	139.6552	0.001805

Sample Weight: 0.2520 g	Analysis Adsorptive: N2
Warm Freespace: 34.7368 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 117.0702 cm ³
	Low Pressure Dose: None

Langmuir Surface Area Plot



รูปที่ 2.5. ข-4 การพลอตกราฟตามสมการ Langmuir เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มที่กระตุ้นด้วยสารละลายแก๊ส NaCl

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7. ก-1 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค BET จากการดูดซับก๊าซ N_2 ของถ่านกัมมันต์จากข้าวโพดที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl

Sample Weight: 0.2170 g	Analysis Adsorptive: N_2
Warm Freespace: 34.9697 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 115.1489 cm ³
	Low Pressure Dose: None

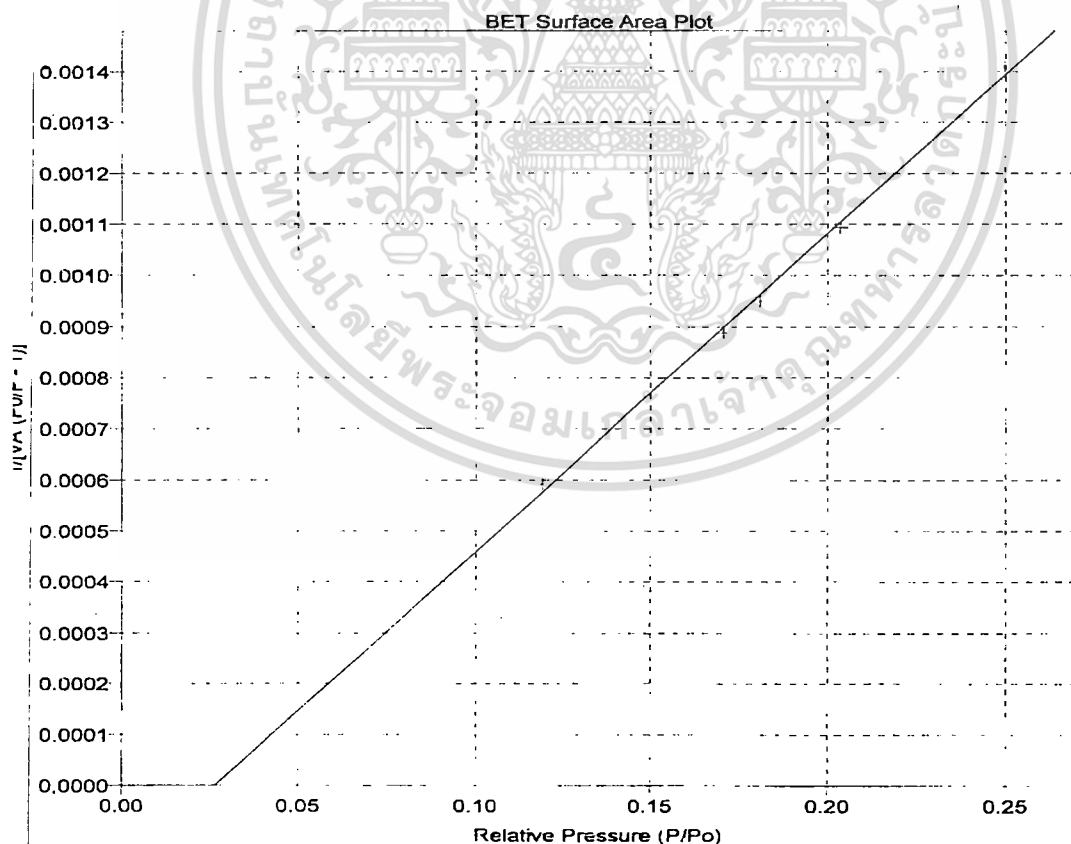
BET Surface Area Report

BET Surface Area:	716.9 ±	22.53 m ² /g
Slope:	0.006238 ±	0.000187
Y-Intercept:	-0.000166 ±	0.000036
C:	-36.677660	
VM:	164.689185	cm ³ /g STP
Correlation Coefficient:	9.986480e-01	

Molecular Cross-section: 0.1620 nm²

Relative Pressure	Vol Adsorbed (cm ³ /g STP)	1/[VA*(Po/P - 1)]
0.118845283	227.6161	0.000593
0.170672634	231.6461	0.000888
0.180922211	232.3824	0.000951
0.203502124	233.7694	0.001093
0.249694002	236.1743	0.001409

Sample Weight: 0.2170 g	Analysis Adsorptive: N_2
Warm Freespace: 34.9697 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 115.1489 cm ³
	Low Pressure Dose: None



รูปที่ 2.5.ก-1 การพลอตกราฟตามสมการ BET เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากข้าวโพดที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7. ค-2 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค Langmuir จากการดูดซับก๊าซ N₂ ของ ถ่านกัมมันต์จากข้าวโพดที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl

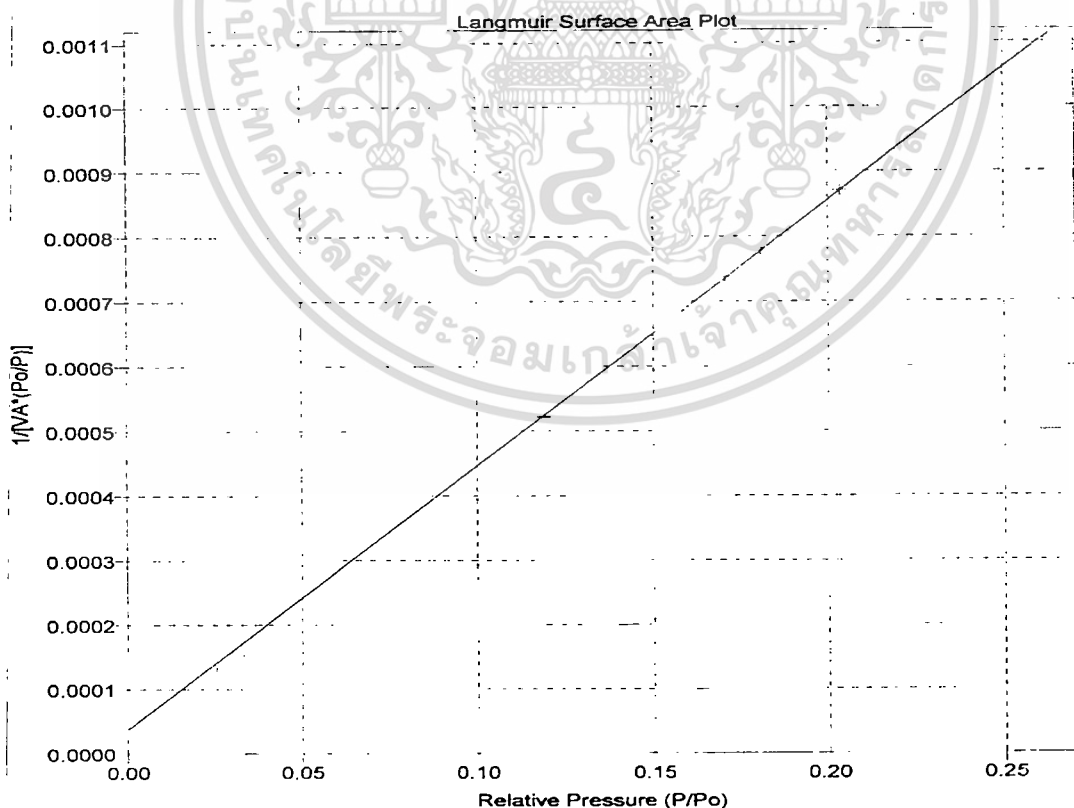
Sample Weight: 0.2170 g
 Warm Freespace: 34.9697 cm³
 Equil. Interval: 10 secs
 Analysis Adsorptive: N₂
 Analysis Bath: 77.35 K
 Thermal Correction: No
 Smoothed Pressures: No
 Cold Freespace: 115.1489 cm³
 Low Pressure Dose: None

Langmuir Surface Area Report

Langmuir Surface Area: 1064.6549 ± 4.3150 m²/g
 Slope: 0.004089 ± 0.000017
 Y-Intercept: 0.000038 ± 0.000003
 b: 0.009227
 VM: 244.568414 cm³/g STP
 Correlation Coefficient: 9.999754e-01
 Molecular Cross-section: 0.1627 nm²

Relative Pressure	Vol Adsorbed (cm ³ /g STP)	1/[VA*(Po/P)]
0.118845283	227.6161	0.000522
0.170672634	231.6461	0.000737
0.180922211	232.3824	0.000779
0.203502128	233.7694	0.000871
0.249694002	236.1743	0.001057

Sample Weight: 0.2170 g
 Warm Freespace: 34.9697 cm³
 Equil. Interval: 10 secs
 Analysis Adsorptive: N₂
 Analysis Bath: 77.35 K
 Thermal Correction: No
 Smoothed Pressures: No
 Cold Freespace: 115.1489 cm³
 Low Pressure Dose: None



รูปที่ 2.5.ค-2 การพลอตกราฟตามสมการ Langmuir เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากข้าวโพดที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7.ค-3 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค BET จากการดูดซับก๊าซ N₂ ของถ่านกัมมันต์จากข้าวโพดที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl

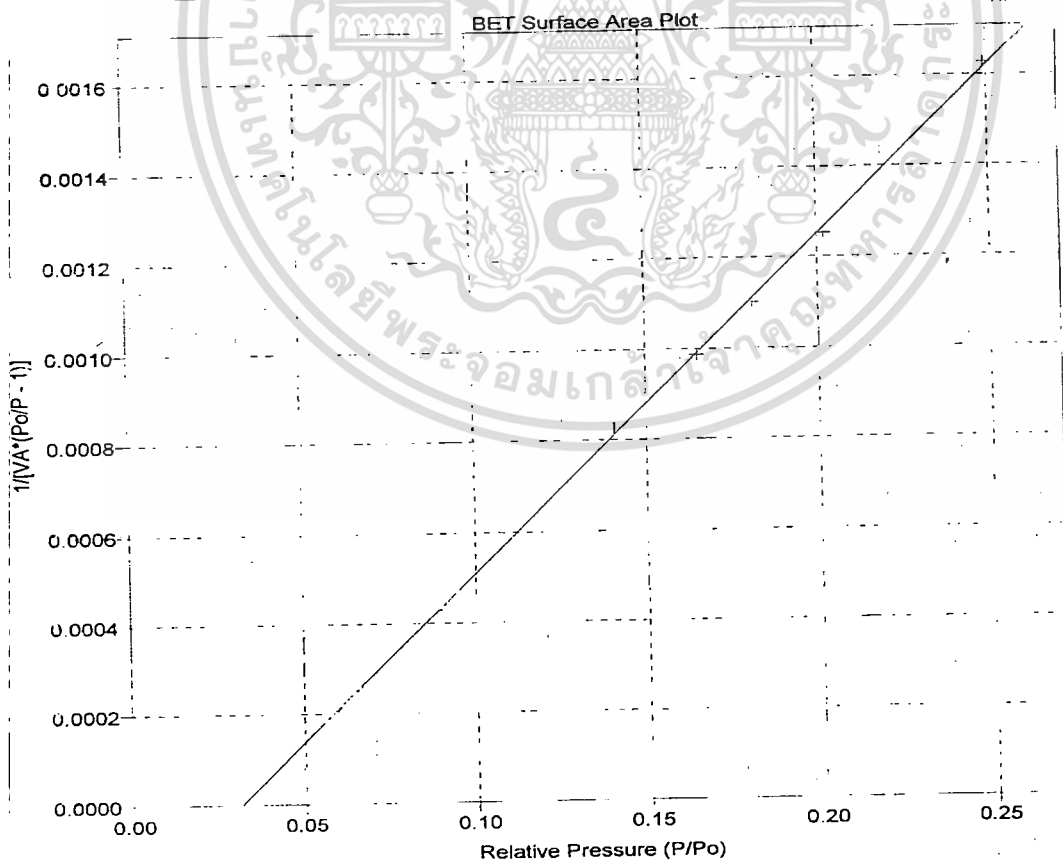
Sample Weight: 0.2300 g	Analysis Adsorptive: N2
Warm Freespace: 34.9690 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 115.5609 cm ³
	Low Pressure Dose: None

PET Surface Area Report

BET Surface Area:	605.6 ± 14.4 m ² /g
Slope:	0.007421 ± 0.000168
Y-Intercept:	-0.000233 ± 0.000032
C:	-30.842769
VM:	139.120857 cm ³ /g STP
Correlation Coefficient:	9.992337e-01
Molecular Cross-section:	0.1620 nm ²

Relative Pressure	Vol Adsorbed (cm ³ /g STP)	1/[VA*(Po/P - 1)]
0.140827727	198.4595	0.000826
0.164898604	199.9572	0.000988
0.181030435	200.8284	0.001101
0.201869988	201.8812	0.001253
0.249181252	203.9455	0.001627

Sample Weight: 0.2300 g	Analysis Adsorptive: N2
Warm Freespace: 34.9690 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 115.5609 cm ³
	Low Pressure Dose: None



รูปที่ 2.5.ค-3 การพลอตกราฟตามสมการ BET เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จาก

ข้าวโพดที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7.ก-4 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค Langmuir จากการดูดซับก๊าซ N₂ ของ ถ่านกัมมันต์จากข้าวโพดที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl

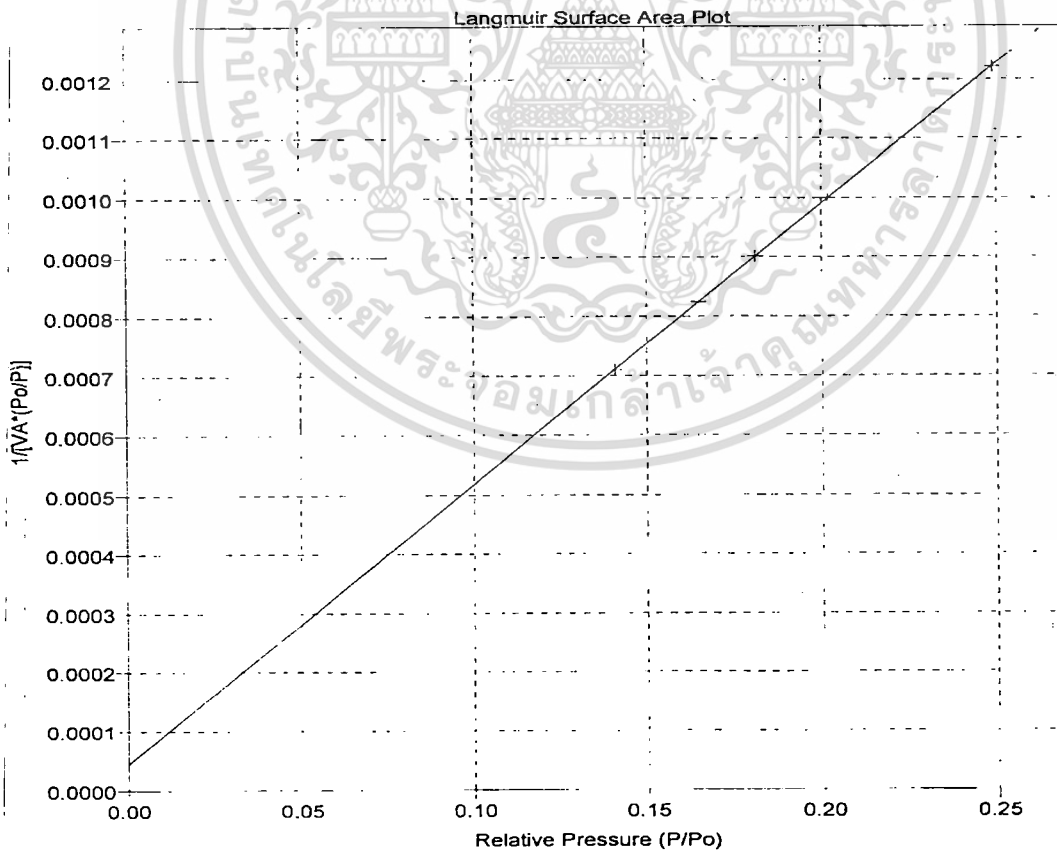
Sample Weight: 0.2300 g	Analysis Adsorptive: N ₂
Warm FreeSpace: 34.9690 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold FreeSpace: 115.5609 cm ³
	Low Pressure Dose: None

Langmuir Surface Area Report

Langmuir Surface Area:	921.3328 ± 2.4723 m ² /g
Slope:	0.004725 ± 0.000013
Y-Intercept:	0.000045 ± 0.000002
b:	0.009583
VM:	211.644995 cm ³ /g STP
Correlation Coefficient:	9.999892e-01
Molecular Cross-section:	0.1620 nm ²

Relative Pressure	Vol Adsorbed (cm ³ /g STP)	1/[VA*(Po/P)]
0.140827727	198.4595	0.000710
0.164898604	199.9572	0.000825
0.181030435	200.8284	0.000901
0.201869988	201.8811	0.001000
0.249181252	203.9451	0.001222

Sample Weight: 0.2300 g	Analysis Adsorptive: N ₂
Warm FreeSpace: 34.9690 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold FreeSpace: 115.5609 cm ³
	Low Pressure Dose: None



รูปที่ 2.5.ก-4 การพลอตกราฟตามสมการ Langmuir เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จาก

ข้าวโพดที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7.ง-1 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค BET จากการดูดซับก๊าซ N₂ ของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl

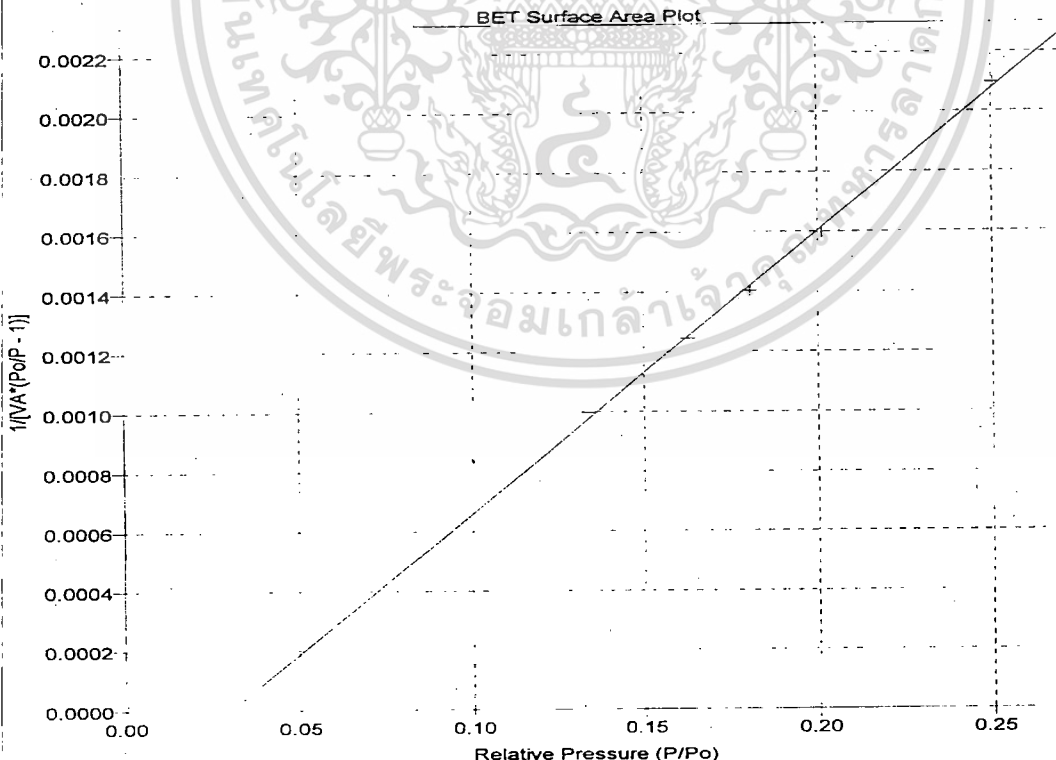
Sample Weight: 0.1265 g	Analysis Adsorptive: N2
Warm Freespace: 35.3108 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 115.3665 cm ³
	Low Pressure Dose: None

Langmuir Surface Area Report

Langmuir Surface Area:	719.8467 ± 1.5844 m ² /g
Slope:	0.006047 ± 0.000013
Y-Intercept:	0.000058 ± 0.000003
b:	0.009520
VM:	165.360408 cm ³ /g STP
Correlation Coefficient:	9.999927e-01
Molecular Cross-section:	0.1620 nm ²

Relative Pressure	Vol Adsorbed (cm ³ /g STP)	1/[VA*(Po/P)]
0.133722229	154.6043	0.000865
0.162688265	156.1147	0.001042
0.180662128	156.9433	0.001151
0.201175847	157.8386	0.001275
0.250455202	159.3884	0.001571

Sample Weight: 0.1265 g	Analysis Adsorptive: N2
Warm Freespace: 35.3108 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 115.3665 cm ³
	Low Pressure Dose: None



รูปที่ 2.5.ง-1 การพลอตกราฟตามสมการ BET เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนที่กระตุ้นด้วยผงเกลือ NaCl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7.ง-2 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค Langmuir จากการดูดซับก๊าซ N₂ ของ ถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนที่กระตุ้นด้วยผงแกลลิอ NaCl

Sample Weight: 0.1265 g
 Warm Freespace: 35.3108 cm³
 Equil. Interval: 10 secs

Analysis Adsorptive: N₂
 Analysis Bath: 77.35 K
 Thermal Correction: No
 Smoothed Pressures: No
 Cold Freespace: 115.3665 cm³
 Low Pressure Dose: None

Langmuir Surface Area Report

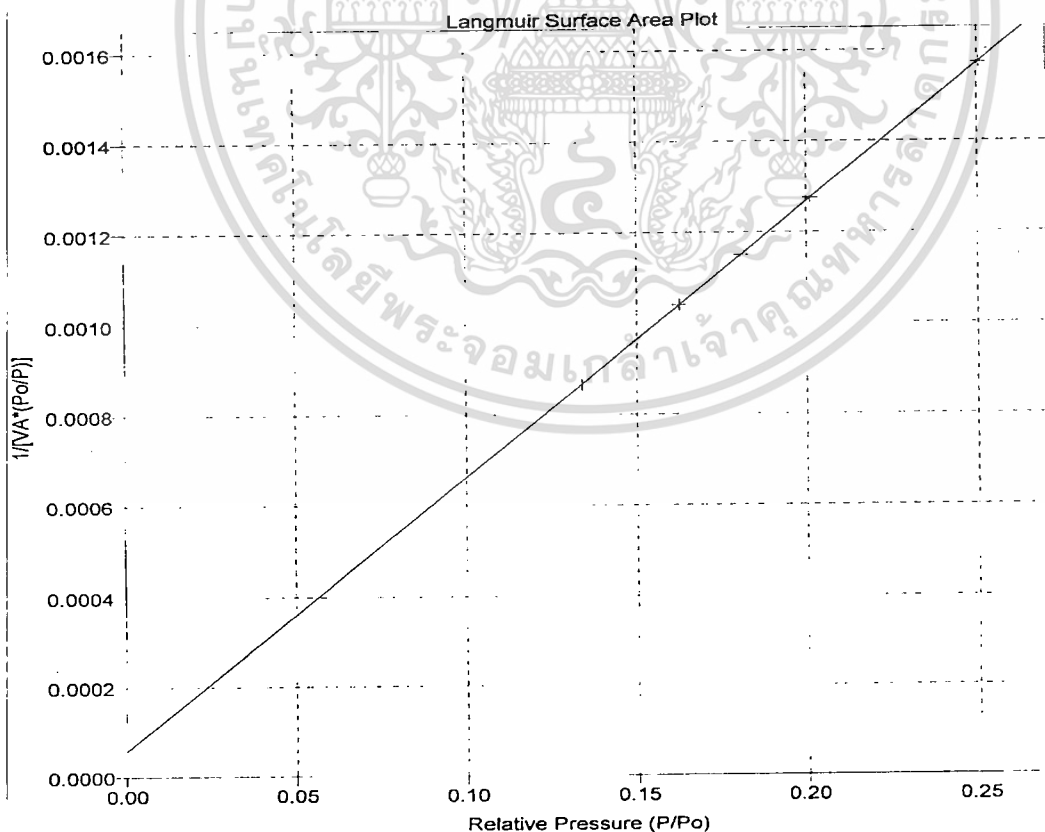
Langmuir Surface Area: 719.8467 ± 1.5844 m²/g
 Slope: 0.006047 ± 0.000013
 Y-Intercept: 0.000058 ± 0.000003
 b: 0.009520
 VM: 165.360408 cm³/g STP
 Correlation Coefficient: 9.999927e-01

Molecular Cross-section: 0.1620 nm²

Relative Pressure	Vol Adsorbed (cm ³ /g STP)	1/[VA*(Po/P)]
0.133722229	154.6043	0.000865
0.162688265	156.1147	0.001042
0.180662128	156.9433	0.001151
0.201175847	157.8386	0.001275
0.250455202	159.3884	0.001571

Sample Weight: 0.1265 g
 Warm Freespace: 35.3108 cm³
 Equil. Interval: 10 secs

Analysis Adsorptive: N₂
 Analysis Bath: 77.35 K
 Thermal Correction: No
 Smoothed Pressures: No
 Cold Freespace: 115.3665 cm³
 Low Pressure Dose: None



รูปที่ 2.5.ง-2 การพลอตกราฟตามสมการ Langmuir เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จาก

เปลือกทุเรียนที่กระตุ้นด้วยผงแกลลิอ NaCl เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7.ง-3 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค BET จากการดูดซับก๊าซ N₂ ของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl

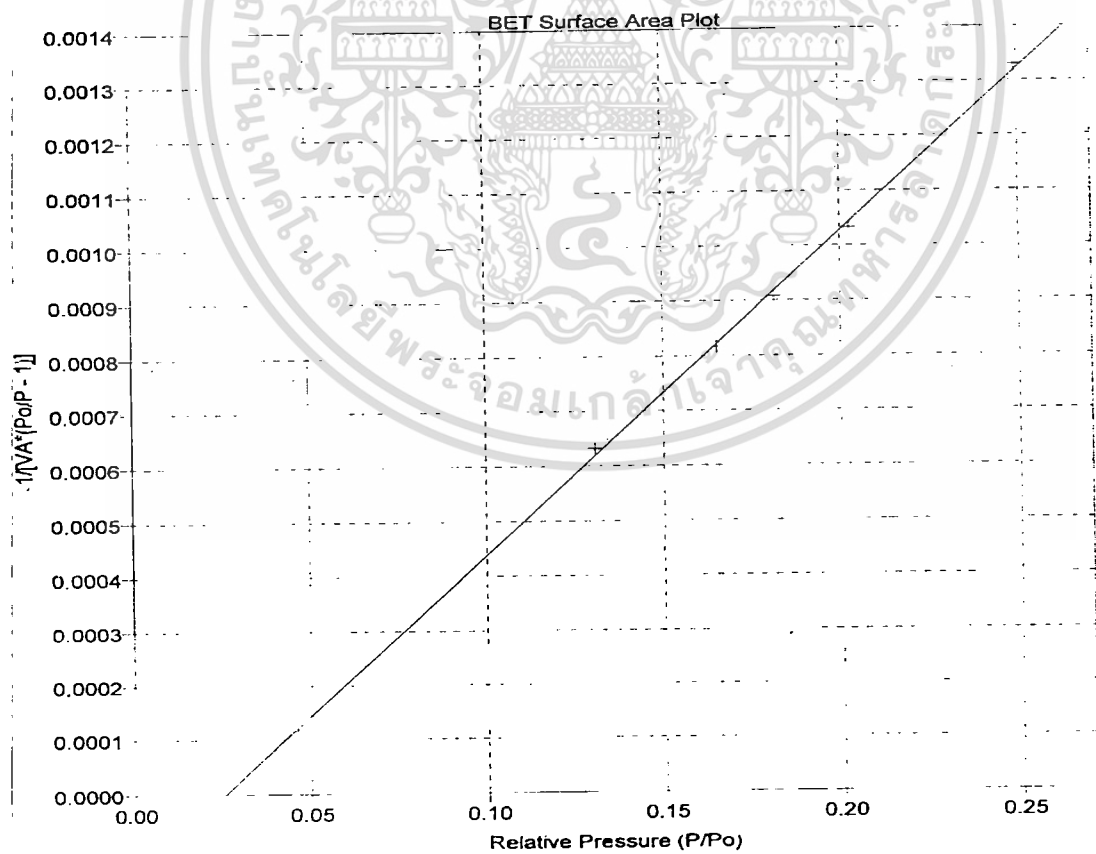
Sample Weight: 0.1730 g	Analysis Adsorptive: N2
Warm Freespace: 35.0394 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 115.9682 cm ³
	Low Pressure Dose: None

BET Surface Area Report

BET Surface Area:	758.2 ±	20.64 m ² /g
Slope:	0.005893 ±	0.000154
Y-Intercept:	-0.000151 ±	0.000029
C:	-37.910968	
VM:	174.180982	cm ³ /g STP
Correlation Coefficient:	9.989835e-01	
Molecular Cross-section:	0.1620	nm ²

Relative Pressure	Vol Adsorbed (cm ³ /g STP)	1/(VA*(Po/P - 1))
0.130703226	237.8573	0.000632
0.165157389	242.2954	0.000816
0.181359360	244.1108	0.000908
0.202652236	246.1901	0.001032
0.249299339	249.7772	0.001330

Sample Weight: 0.1730 g	Analysis Adsorptive: N2
Warm Freespace: 35.0394 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 115.9682 cm ³
	Low Pressure Dose: None



รูปที่ 2.5.ง-3 การพลอตกราฟตามสมการ BET เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนที่กระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ NaCl

ตารางที่ 2.7.4-4 ข้อมูลการหาพื้นที่ผิวจำเพาะด้วยเทคนิค Langmuir จากการดูดซับก๊าซ N₂ ของถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนที่กระตุ้นด้วยสารละลายแก๊ส NaCl

Sample Weight: 0.1730 g	Analysis Adsorptive: N2
Warm Freespace: 35.0394 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 115.9682 cm ³
	Low Pressure Dose: None

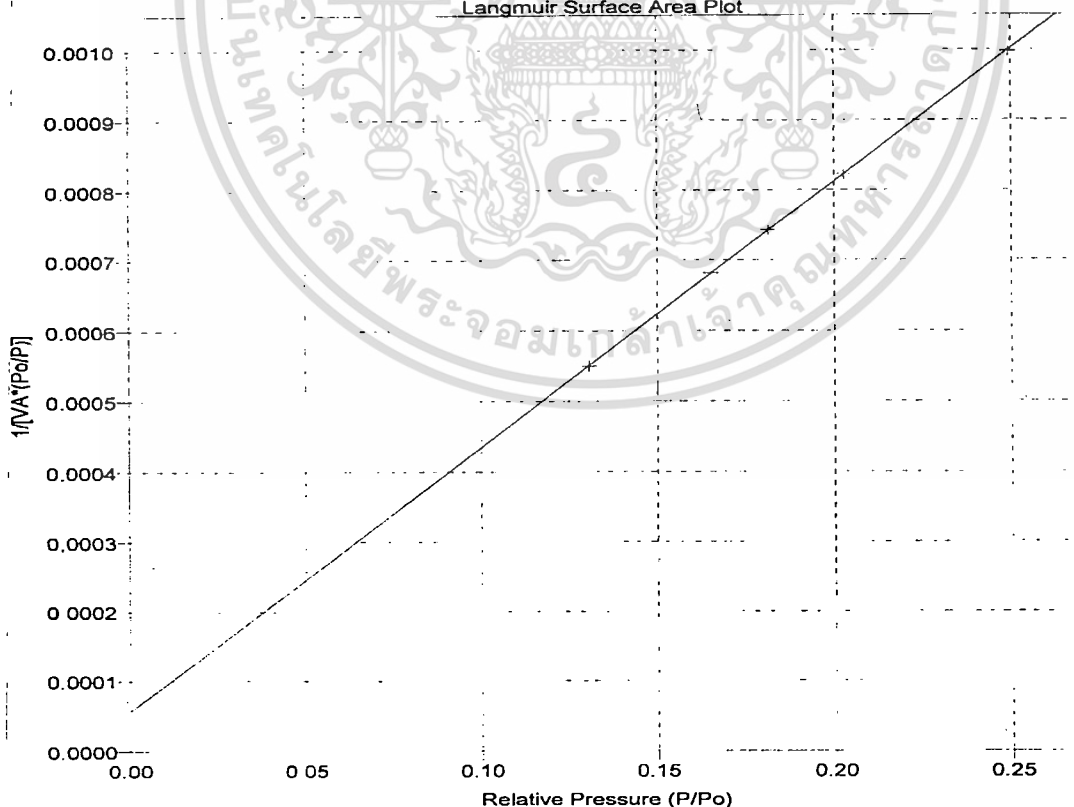
Langmuir Surface Area Report

Langmuir Surface Area:	151.6871 ± 3.7539 m ² /g
Slope:	0.003780 ± 0.000012
Y-Intercept:	0.000057 ± 0.000002
b:	0.014984
VM:	264.561107 cm ³ /g STP
Correlation Coefficient:	9.999841e-01
Molecular Cross-section:	0.1620 nm ²

Relative Pressure	Vol Adsorbed (cm ³ /g STP)	1/[VA*(Po/P)]
0.130703226	237.8573	0.000550
0.165157389	242.2954	0.000682
0.181359360	244.1108	0.000743
0.202652236	246.1901	0.000823
0.249299339	240.7772	0.000908

Sample Weight: 0.1730 g	Analysis Adsorptive: N2
Warm Freespace: 35.0394 cm ³	Analysis Bath: 77.35 K
Equil. Interval: 10 secs	Thermal Correction: No
	Smoothed Pressures: No
	Cold Freespace: 115.9682 cm ³
	Low Pressure Dose: None

Langmuir Surface Area Plot



รูปที่ 2.5.4-4 การพลอตกราฟตามสมการ Langmuir เพื่อหาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์จาก

เปลือกทุเรียนที่กระตุ้นด้วยสารละลายแก๊ส NaCl การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.7 การวิเคราะห์เลขไอโอดีนของถ่านกัมมันต์

วิธีการ (ตามมาตรฐานของ ASTM D 4607-94)

1. บดถ่านกัมมันต์ให้ละเอียด ขนาด 325 mesh จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่ 100 °C
2. ชั่งถ่านกัมมันต์ 1.000, 1.500, และ 2.000 g ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 mL เติมสารละลายกรดเกลือ 5 % (5% HCl) จำนวน 10 mL เขย่าขวดจนถ่านกัมมันต์เปียกชุ่มหมด
3. นำไปต้มจนเดือดประมาณ 30 นาที เพื่อกำจัดซัลเฟอร์ที่อาจรบกวนผลการวิเคราะห์ จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
4. เติม 0.100 N สารละลายไอโอดีน ปริมาตร 100 mL แล้วปิดฝาขวดทันที ประมาณ 30 วินาที แล้วกรองทันทีผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42
5. ปิเปตสารที่กรองได้ 50 mL ใส่ในขวดรูปชมพู่ นำไปไตเตรดหาความเข้มข้นด้วย 0.100 N สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต จนกระทั่งสารละลายเป็นสีเหลืองจางลงจนเกือบขาว จึงเติมน้ำแฉ่ง ประมาณ 1 mL สารละลายจะกลายเป็นสีน้ำเงิน แล้วไตเตรดต่อจนกระทั่งสารละลายใสไม่มีสี แล้วจดปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ที่ใช้ในการไตเตรดทั้งหมด
6. การคำนวณเลขไอโอดีน

ความสามารถของถ่านกัมมันต์ในการดูดซับสารใด ๆ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารนั้นในสารละลาย การวิเคราะห์เลขไอโอดีนจึงต้องใช้ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเพื่อนหาปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ต้องใช้ในการทดสอบเลขไอโอดีน ซึ่งต้องสัมพันธ์กับแอกติวิตี้ของมัน (activity) โดยในการวิเคราะห์นี้ต้องมีความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนที่เหลือจากการดูดซับอยู่ในช่วง 0.008-0.04 N ถ้าหากไม่อยู่ในช่วงดังกล่าวต้องทำการทดสอบซ้ำโดยเปลี่ยนปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการทดสอบใหม่

การคำนวณหาค่า (X/m) และ ©

$$\text{เมื่อ } X = A - [(DF)(B)(S)]$$

$$m = \text{น้ำหนักของถ่านกัมมันต์ (g)}$$

$$A = 12,693N_2$$

$$B = 12,693N_1$$

$$N_1, N_2 = \text{ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตและ ไอโอดีน}$$

ตามลำดับ (Normality, N)

$$S = \text{ปริมาตรของสารละลาย โซเดียมไทโอซัลเฟต}$$

$$C = (N_2/50)(S)$$

$$DF = (I+H); \text{ ตัวแปรซึ่งเป็นฟังก์ชันของความเจือจาง}$$

$$I = \text{ปริมาตรของสารละลายของสารละลายไอโอดีน 0.1 N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมเจ้าคุณฯ ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H = ปริมาตรของสารละลายของกรดไฮโครคลอริก, cm^3 (5 cm^3)

F = ปริมาตรของสารละลายของไอโอดีนที่ใช้ในการดูดซับ (50 cm^3)

$$C = (N_1 \cdot S)F$$

การเขียนความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า X/M และ C

เขียนความสัมพันธ์ของค่า X/M และ C จากการทดสอบการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ปริมาณต่าง ๆ กัน โดยเขียนค่า X/M ไว้บนแกนตั้ง (Y) และ C ไว้บนแกนแนวนอน (X) ของกระดาษกราฟ ล็อก-ล็อก เขียนความสัมพันธ์ (Least square fit) โดยเลขไอโอดีน คือ ค่าที่ X/M ที่ $C = 0.02 \text{ N}$ โดยต้องมี regression coefficient มากกว่า 0.0995

ผลจากวิเคราะห์และค่าเลขไอโอดีนจากการคำนวณโดยวิธีดังกล่าว สรุปไว้ในตารางที่ 2.8 ทุกตัวอย่างทำการทดลองอย่างละ 3 ซ้ำ

ตารางที่ 2.8 เลขค่าไอโอดีนของถ่านกัมมันต์แต่ละชนิดที่เผาที่ 800°C เวลา 3 ชม.

ชนิดถ่านกัมมันต์ที่ถูกกระตุ้น	เลขไอโอดีน (Iodine number) (mg/g)
coconut P	7572.30
coconut S	6252.03
palm P	5622.27
palm S	5256.00
corn P	10466.00
corn S	10264.48
durian P	9548.05
durian S	9982.32

2.3.8 การหาค่าความเป็นกรดเป็นเบสของถ่าน

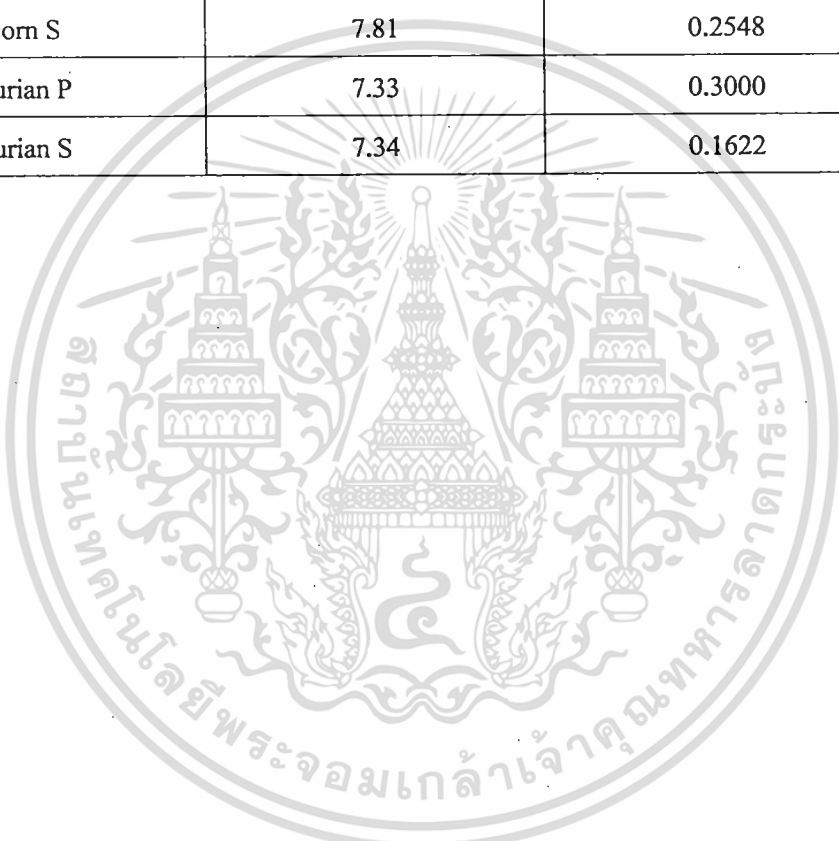
วิธีการ บดถ่านให้ละเอียดแล้วล้างด้วยน้ำ DI ประมาณ 10 mL จากนั้นนำไปวิเคราะห์ค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter (Denver instrument model 215) ค่าที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.9

2.3.9 การหาค่าความหนาแน่นปรากฏ

วิธีการ หากจากวิธี pycnometer ตามมาตรฐาน ASTM ค่าที่ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 2.9 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 แสดงค่า pH และ ค่าความหนาแน่นของถ่านกัมมันต์ชนิดต่าง ๆ

ชนิดถ่านกัมมันต์ที่ถูกกระตุ้น	pH	ความหนาแน่น (g/cm ³)
coconut P	7.92	0.6277
coconut s	7.37	0.5412
palm P	7.81	0.6981
palm S	7.48	0.6993
corn P	7.86	0.3160
corn S	7.81	0.2548
durian P	7.33	0.3000
durian S	7.34	0.1622



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4. การศึกษาพฤติกรรมการดูดซับของโลหะหนักบางตัว

ได้มีการนำเอาถ่านกัมมันต์จากวัสดุ 4 ชนิด ได้แก่ กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ไม้ซ่าว และเปลือกทุเรียน ที่เผาและกระตุ้นให้เกิดรูพรุนจาก 2 วิธี มาดูดซับโลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่ Fe, Zn, Cu และ Ni เพื่อศึกษาพฤติกรรมการดูดซับและความสามารถในการดูดซับโลหะชนิดต่าง โดยการศึกษาลักษณะที่เหมาะสม ได้แก่

1. ปริมาณของถ่านที่เหมาะสมต่อการดูดซับโลหะหนัก
2. เวลาของการดูดซับที่สมดุล
3. อุณหภูมิที่เหมาะสม
4. ความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม

2.4.1 การศึกษาปริมาณถ่านที่เหมาะสมต่อการดูดซับโลหะหนัก

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักถ่านกัมมันต์ 0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g ด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 mL
2. บีบอัดสารละลายโลหะเข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 50 mL ลงในขวดรูปชมพู่ที่มีถ่านกัมมันต์บรรจุอยู่ ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 180 นาที
3. นำสารละลายจากข้อ 2 มากรองแยกถ่านออกด้วย กระดาษกรองเบอร์ 42 แล้วนำสารละลายที่ได้ไปวัดปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่องอะตอมมิคแอนาไลเซอร์พั่นสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (AAS Analyst 100 Perkin Elmer)
4. การเตรียมสารละลายมาตรฐานของโลหะแต่ละชนิด
 Cu เจือจางให้มีความเข้มข้น : 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 ppm
 Fe เจือจางให้มีความเข้มข้น : 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 ppm
 Ni เจือจางให้มีความเข้มข้น : 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ppm
 Zn เจือจางให้มีความเข้มข้น : 0.25, 0.50, 0.75, 1.0 ppm

หมายเหตุ ทำการเจือจางสารละลายโลหะหนักด้วย สารละลายกรดไนตริก 1 % กราฟมาตรฐานที่วิเคราะห์ได้จากเครื่อง อะตอมมิคแอนาไลเซอร์พั่นสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (AAS Analyst 100 Perkin Elmer) แสดงไว้ดังกราฟที่ 2.6.ก-ง

ตารางที่ 2.10 ข้อมูลประกอบการศึกษาปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมกับความเข้มข้นของโลหะหนัก

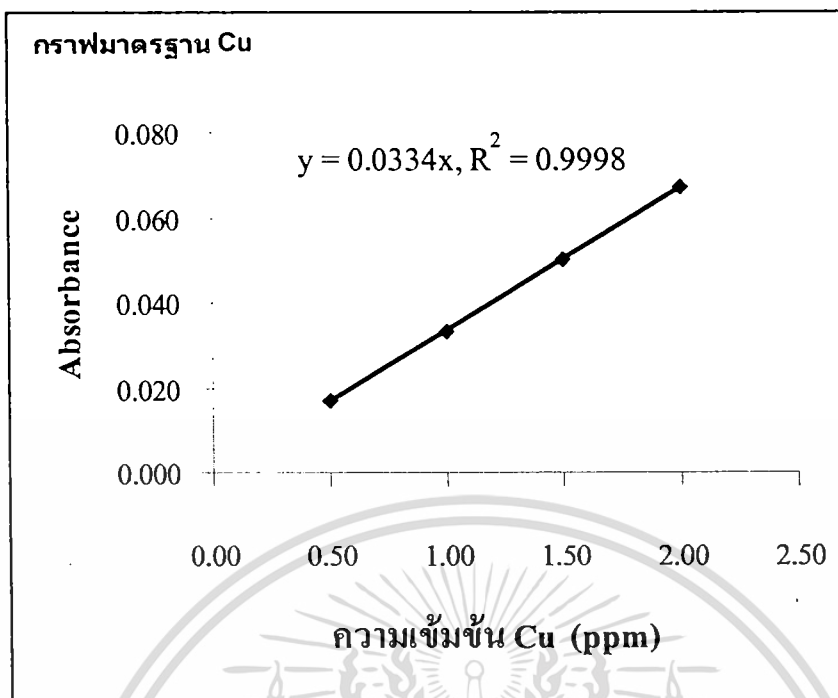
วัสดุ	โลหะ	น้ำหนักถ่านกัมมันต์ (g)	
	ชนิด (100 ppm)	การกระตุ้นด้วยผงเกลือ	การกระตุ้นด้วยสารละลายเกลือ
กะลามะพร้าว	Cu	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g
	Fe	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g
	Ni	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g
	Zn	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g
กะลาปาล์ม น้ำมัน	Cu	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g
	Fe	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g
	Ni	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g
	Zn	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g
ไส้ข้าวโพด	Cu	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g
	Fe	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g
	Ni	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g
	Zn	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g
เปลือกทุเรียน	Cu	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g
	Fe	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g
	Ni	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g
	Zn	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g	0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g

จากกราฟมาตรฐานของโลหะแต่ละชนิด นำมาคำนวณค่าการดูดซับของโลหะจากสูตรการคำนวณ ดังต่อไปนี้ และค่าที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.9 ก-ง และสรุปค่าปริมาณถ่านที่เหมาะสมต่อการดูดซับโลหะทั้ง 4 ชนิดไว้ในตารางที่ 2.11

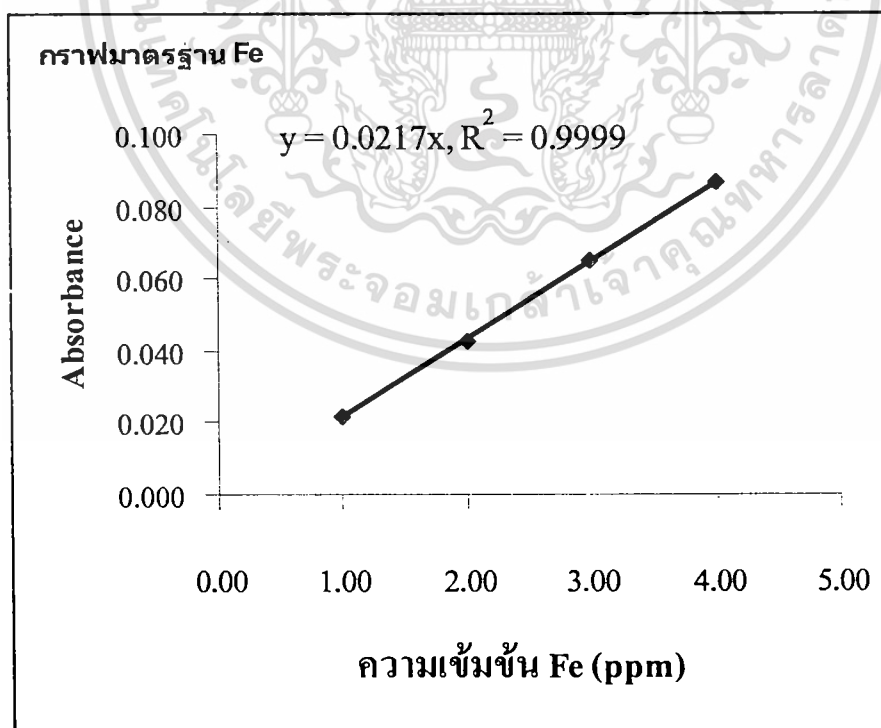
$$\text{ปริมาณการดูดซับ} = \frac{50(C_i - C_f)}{1000}$$

เมื่อ C_i และ C_f คือความเข้มข้นของโลหะหนักเริ่มต้นและที่เหลือจากการดูดซับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

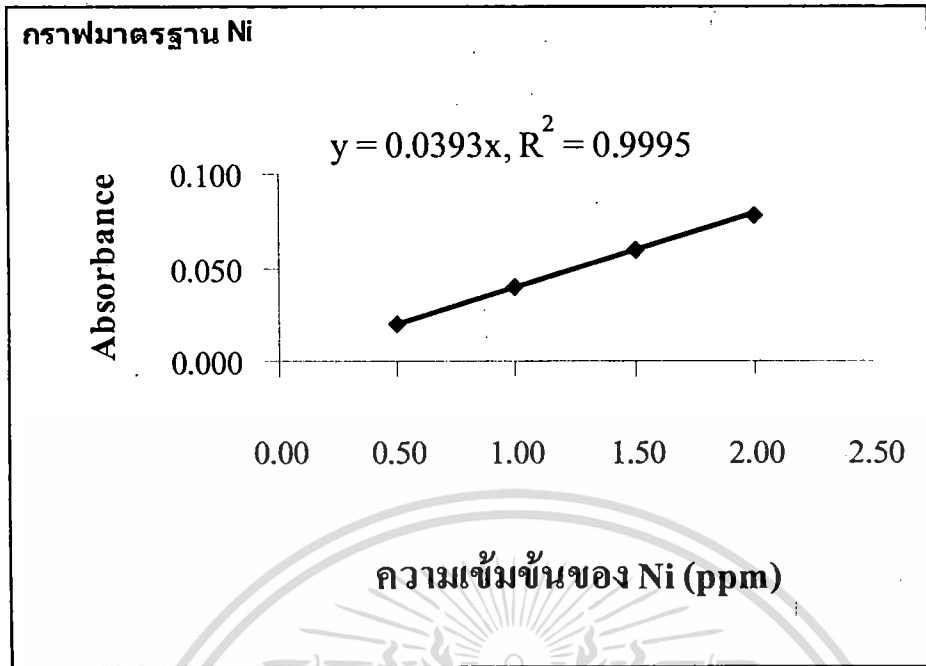


รูปที่ 2.8.ก แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนและความเข้มข้นของ Cu ที่วิเคราะห์ด้วย AAS (Perkin Elmer Analyst 100)

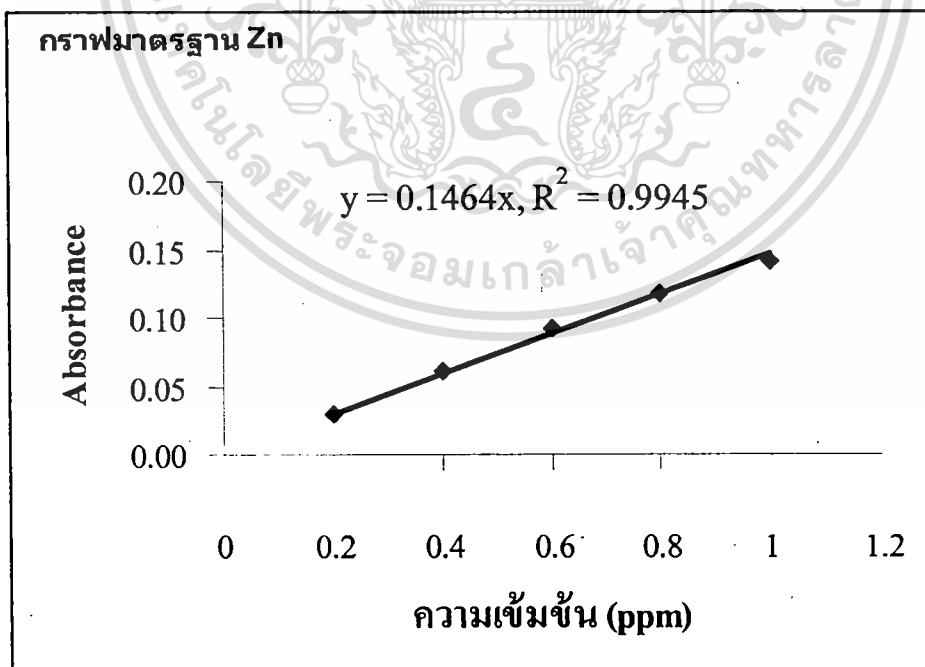


รูปที่ 2.8.ข แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนและความเข้มข้นของ Fe ที่วิเคราะห์ด้วย AAS (Perkin Elmer Analyst 100)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

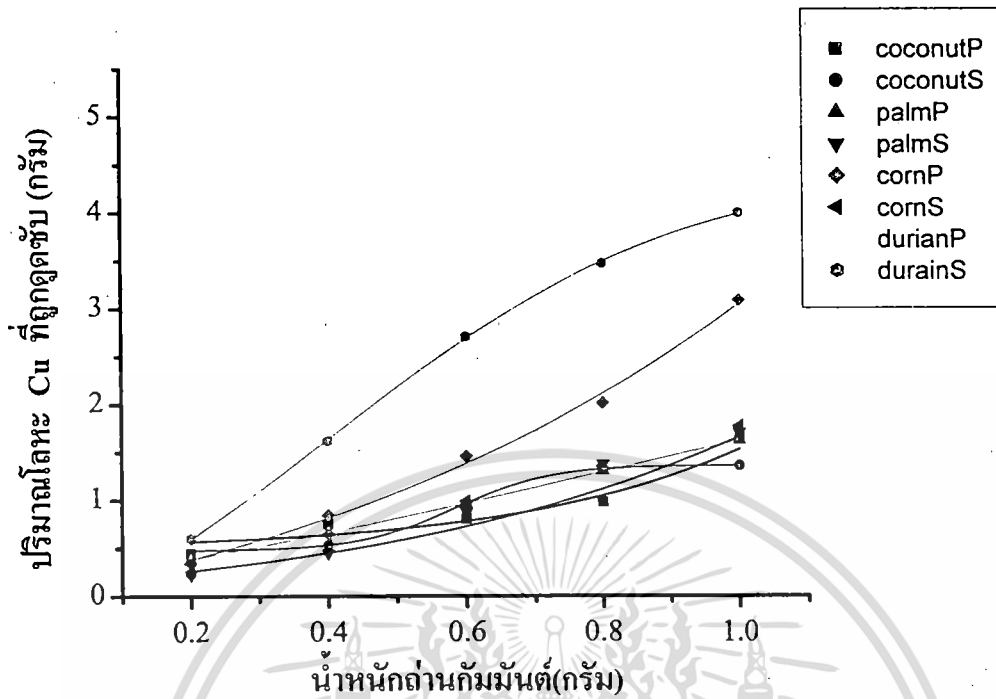


รูปที่ 2.8.ค แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนและความเข้มข้นของ Ni ที่วิเคราะห์ด้วย AAS (Perkin Elmer Analyst 100)

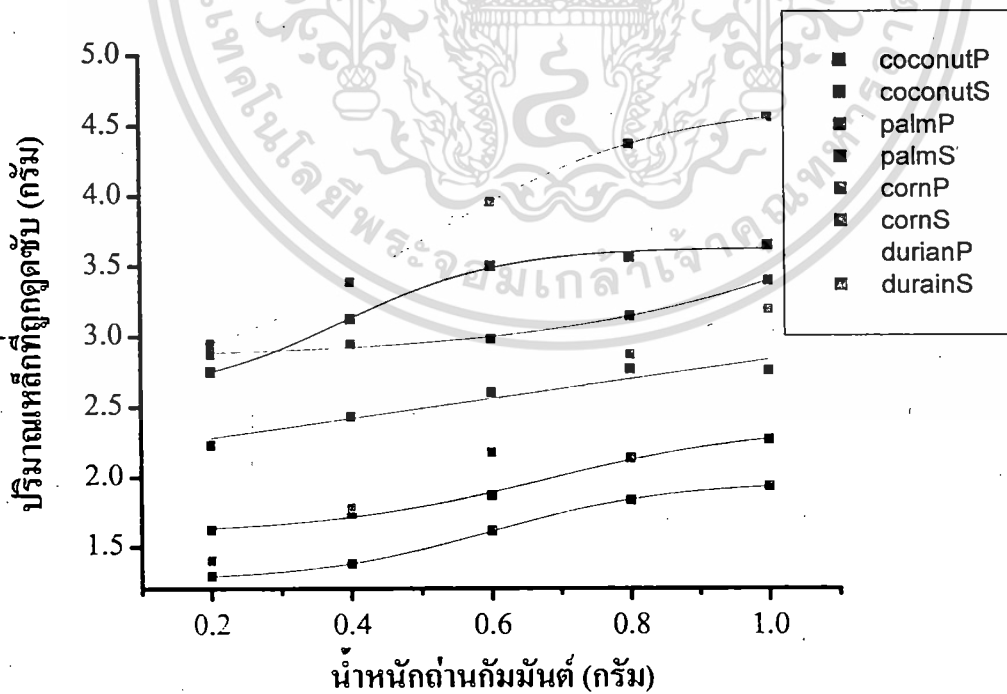


รูปที่ 2.8.ง แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนและความเข้มข้นของ Zn ที่วิเคราะห์ด้วย

AAS (Perkin Elmer Analyst 100) การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

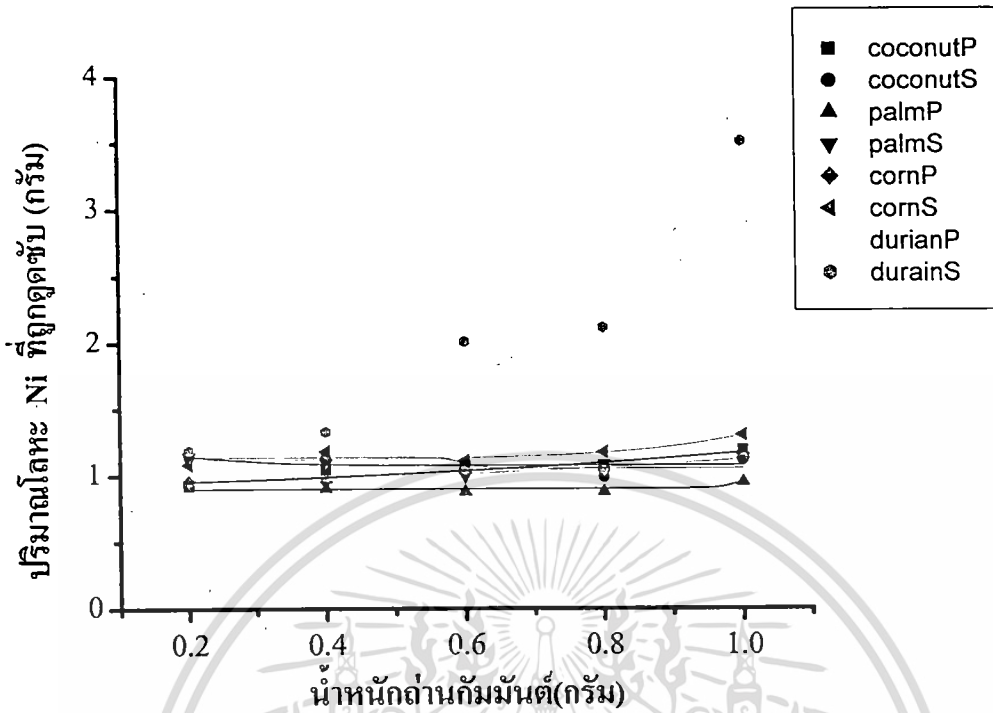


รูปที่ 2.9ก แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับโลหะ ทองแดง ที่น้ำหนักถ่านต่างๆ

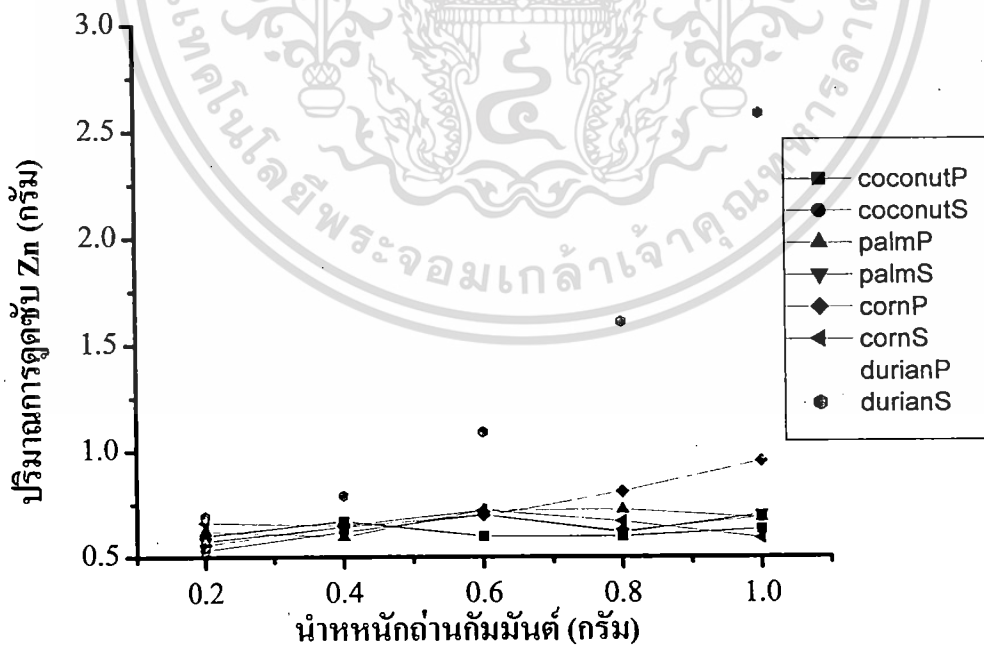


รูปที่ 2.9ข แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับโลหะ เหล็ก ที่น้ำหนักถ่านต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9ค แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับโลหะ นิกเกิล ที่น้ำหนักถ่านต่างๆ



รูปที่ 2.9ง แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับโลหะ สังกะสี ที่น้ำหนักถ่านต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 แสดงปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมกับความเข้มข้นของโลหะชนิดต่าง ๆ

ชนิดโลหะ	ชนิดถ่าน	ปริมาณน้ำหนักถ่านที่เหมาะสม	ปริมาณการดูดซับ (g/g ของถ่าน)
Cu	coconut P	1.000	1.660
	coconut S	1.000	1.358
	palm P	1.000	1.621
	palm S	1.000	1.708
	corn P	1.000	3.083
	corn S	1.000	1.770
	durian P	0.500	3.124
	durian S	0.500	3.021
Fe	coconut P	1.000	1.193
	coconut S	1.000	2.757
	palm P	1.000	0.948
	palm S	1.000	2.268
	corn P	1.000	1.218
	corn S	1.000	1.934
	durian P	0.500	1.284
	durian S	0.500	2.010
Ni	coconut P	1.000	1.193
	coconut S	1.000	1.116
	palm P	1.000	0.948
	palm S	1.000	1.135
	corn P	1.000	1.128
	corn S	1.000	1.304
	durian P	0.500	1.180
	durian S	0.500	2.200
Zn	coconut P	1.000	0.630
	coconut S	1.000	0.687
	palm P	1.000	0.684
	palm S	1.000	0.701
	corn P	1.000	0.953
	corn S	1.000	0.667
	durian P	0.500	1.084
	durian S	0.500	1.090

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การศึกษาผลของเวลา

การศึกษาผลของเวลาต่อการดูดซับของโลหะหนักในถ่านกัมมันต์ชนิดต่าง ๆ เพื่อศึกษาหาสมมูลของการดูดซับ ทำได้ดังนี้

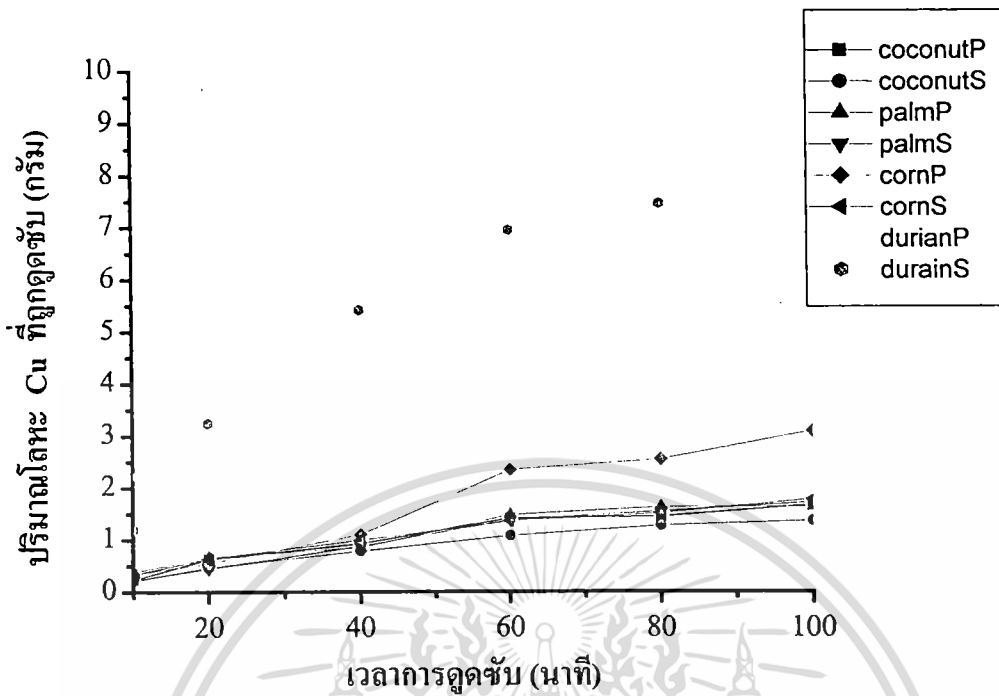
วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักถ่านกัมมันต์ตารางที่ 2.11 ใส่ขวดรูปชมพู่
2. บีบสารละลายโลหะหนัก(Cu, Fe, Ni, Zn) 100 ppm ปริมาตร 50 mL ใส่ในขวดรูปชมพู่
3. ตั้งทิ้งไว้ตามสภาวะเวลาต่าง ๆ ได้แก่ 10, 20, 40, 60, 80, 100, 180 นาที จากนั้นนำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42
4. นำสารละลายที่กรองได้ไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่องอะตอมมิกแอลฟาซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (AAS Analyst 100 Perkin Elmer)

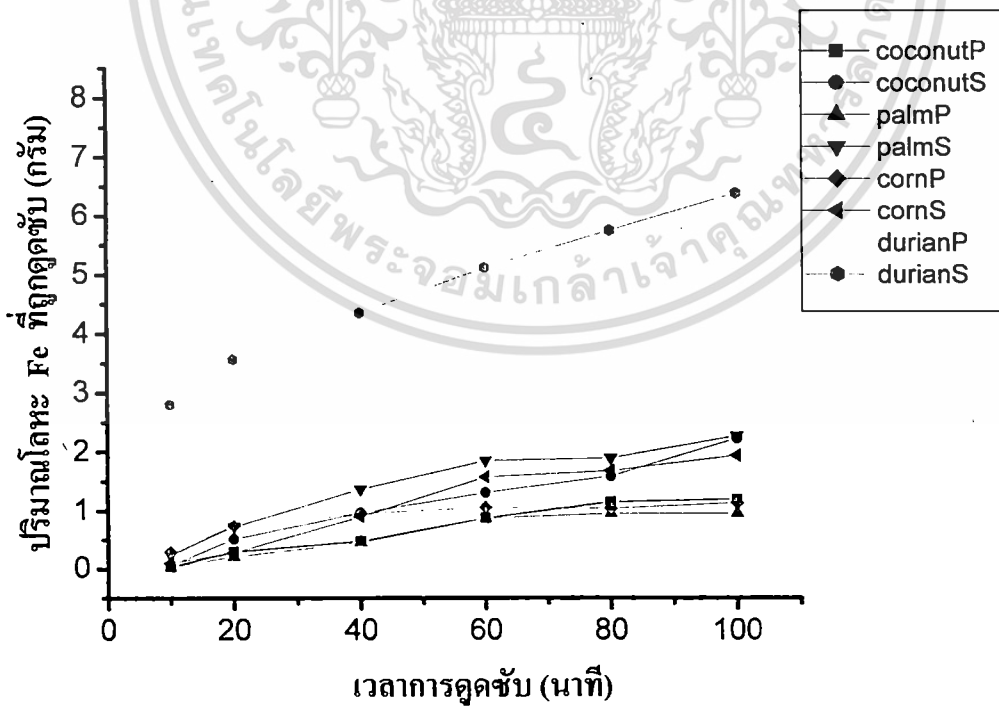
ผลที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถนำมาคำนวณตามสูตรข้างล่าง แล้วนำข้อมูลไปพลอตกราฟ ระหว่างปริมาณไอออนของโลหะหนักที่ถูกดูดซับ (g/g) กับเวลา (นาที) ดังรูปที่ 2.10 ก-ง และค่าการดูดซับที่เวลาสมมูล สรุปไว้ในตารางที่ 2.12

$$\text{ปริมาณการดูดซับ} = \frac{50(C_i - C_f)}{1000M}$$

เมื่อ C_i และ C_f คือความเข้มข้นของเมทิลีนบลูเริ่มต้นและที่เหลือจากการดูดซับ
 M คือ น้ำหนักของถ่านกัมมันต์

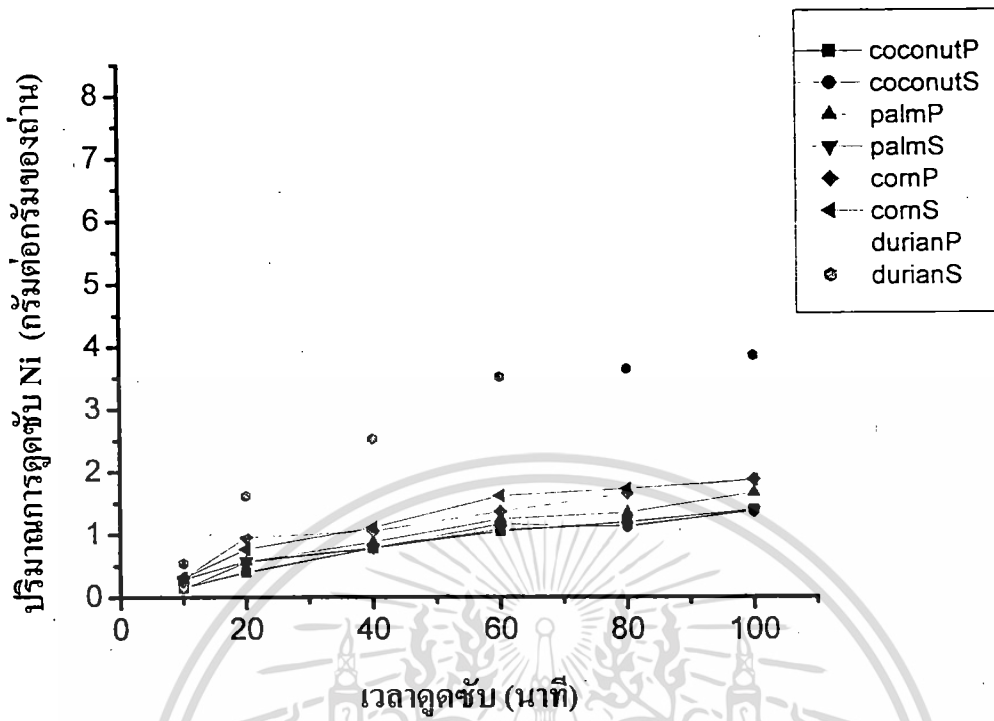


รูปที่ 2.10 ก แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับโลหะ ทองแดง ที่เวลาต่างๆ

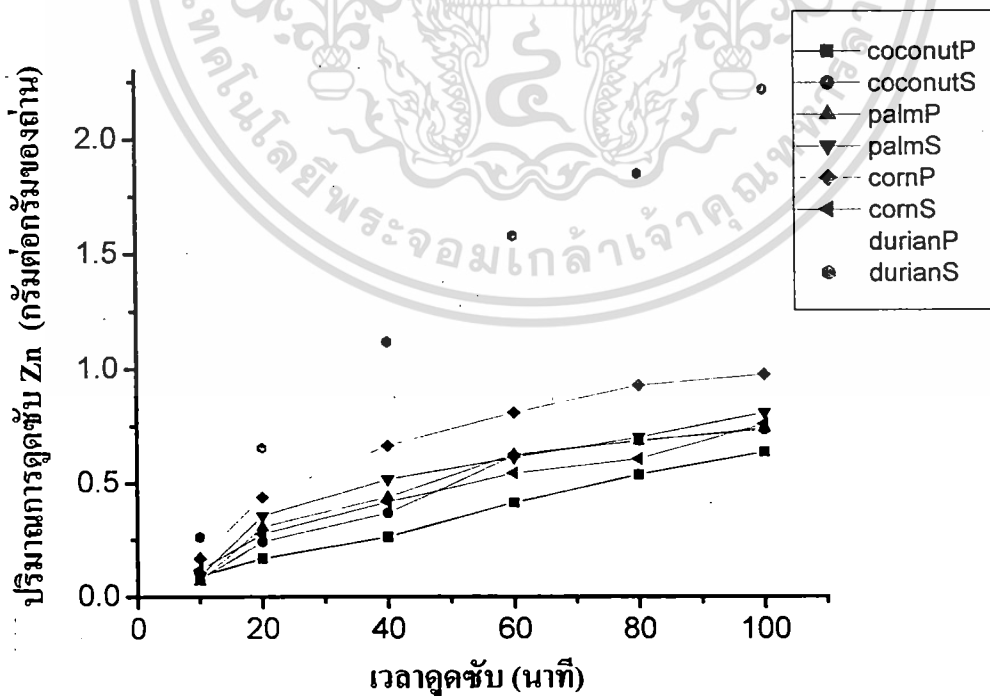


รูปที่ 2.10 ข แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับโลหะ เหล็ก ที่เวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 ค แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับโลหะ นิกเกิล ที่เวลาต่าง ๆ



รูปที่ 2.10 ง แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับโลหะ สังกะสี ที่เวลาต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 แสดงการดูดซับปริมาณโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ที่เวลาเหมาะสม

ชนิดโลหะ	ชนิดถ่าน	เวลาการดูดซับที่เหมาะสม (นาที)	ปริมาณการดูดซับ (g/g ของถ่าน)
Cu	coconut P	60	1.408
	coconut S	60	1.073
	palm P	60	1.473
	palm S	60	1.375
	corn P	60	2.342
	corn S	60	1.352
	durian P	60	9.372
	durian S	60	6.936
Fe	coconut P	60	0.875
	coconut S	60	1.308
	palm P	60	0.942
	palm S	60	1.850
	corn P	60	1.055
	corn S	60	1.572
	durian P	60	6.520
	durian S	60	5.110
Ni	coconut P	60	1.048
	coconut S	60	1.163
	palm P	60	1.084
	palm S	60	1.242
	corn P	60	1.615
	corn S	60	1.360
	durian P	60	2.524
	durian S	60	4.686
Zn	coconut P	60	0.413
	coconut S	60	0.620
	palm P	60	0.627
	palm S	60	0.612
	corn P	60	0.809
	corn S	60	0.544
	durian P	60	1.560
	durian S	60	1.579

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ผู้อื่นใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การศึกษาผลของอุณหภูมิ

เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการดูดซับ จึงทำการทดลอง โดยทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการดูดซับ

วิธีการทดลอง

ทำการทดลองเหมือนกันกับการศึกษาเรื่องเวลา แต่เปลี่ยนแปลงเป็นอุณหภูมิเป็น 27, 35, 45 °C โดยใช้น้ำหนัก ถ่านกัมมันต์ และเวลาที่เหมาะสมของการดูดซับตามตารางที่ 2.11 และ 2.12 จากผลที่ได้จากการวิเคราะห์ นำไปคำนวณหาปริมาณการดูดซับที่อุณหภูมิต่าง ตามสูตรการคำนวณปริมาณการดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ สรุปผลที่ได้ไว้ในตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 ปริมาณการดูดซับโลหะต่าง ๆ ที่เวลา 60 นาที และน้ำหนักถ่านคงที่ ตามชนิดถ่านแต่ละชนิด ที่ อุณหภูมิต่าง ๆ

ชนิดโลหะ	ชนิดถ่าน	ปริมาณการดูดซับที่อุณหภูมิ °C (g/g ของถ่าน)		
		25.0 °C	35.0 °C	45.0 °C
Cu	coconut P	1.428	1.427	1.399
	coconut S	1.093	1.092	1.071
	palm P	1.493	1.492	1.463
	palm S	1.395	1.394	1.367
	corn P	2.362	2.361	2.315
	corn S	1.372	1.371	1.345
	durian P	9.392	9.387	9.204
	durian S	6.956	6.953	6.817
Fe	coconut P	0.895	0.895	0.877
	coconut S	1.328	1.327	1.301
	palm P	0.962	0.962	0.943
	palm S	1.870	1.869	1.833
	corn P	1.075	1.074	1.054
	corn S	1.592	1.591	1.560
	durian P	6.540	6.537	6.409
	durian S	5.130	5.127	5.027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.13(ต่อ) ปริมาณการดูดซับโลหะต่าง ๆ ที่เวลา 60 นาที และน้ำหนักถ่านกึ่งที่ ตามชนิดถ่านแต่ละชนิด ที่ อุณหภูมิต่าง ๆ

ชนิดโลหะ	ชนิดถ่าน	ปริมาณการดูดซับที่อุณหภูมิ °C (g/g ของถ่าน)		
		25.0	35.0	45.0
Ni	coconut P	1.068	1.067	1.047
	coconut S	1.183	1.182	1.159
	palm P	1.104	1.103	1.082
	palm S	1.262	1.261	1.237
	corn P	1.635	1.634	1.602
	corn S	1.380	1.379	1.352
	durian P	2.544	2.543	2.493
	durian S	4.706	4.704	4.612
Zn	coconut P	0.433	0.433	0.424
	coconut S	0.640	0.640	0.627
	palm P	0.647	0.647	0.634
	palm S	0.632	0.632	0.619
	corn P	0.829	0.829	0.812
	corn S	0.564	0.564	0.553
	durian P	1.580	1.579	1.548
	durian S	1.599	1.598	1.567

2.4.4 การศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างของการดูดซับ

เนื่องจากสถานะของความเป็นกรด-ด่าง มีผลต่อการดูดซับ จึงทำการทดลอง โดยทำการเปลี่ยนแปลงสถานะ pH ของการดูดซับ ได้แก่ pH 4, 7, 10

วิธีการทดลอง

ทำการทดลองเหมือนกันกับการศึกษาเรื่องอุณหภูมิ แต่เปลี่ยนแปลง pH เป็น 4, 7, 10 โดยใช้ น้ำหนัก ถ่านกัมมันต์คงที่ และเวลา 60 นาที ตามตารางที่ 2.11 และ 2.12 ผลการทดลองดังในตารางที่ 2.14 แสดงปริมาณโลหะหนักที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักถ่านกัมมันต์ (g/g) กับอุณหภูมิ (°C) ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.14 ปริมาณการดูดซับโลหะต่าง ๆ ที่เวลา 60 นาที และน้ำหนักถ่านคงที่ ตามชนิดถ่าน
แต่ละชนิด ที่ pH ต่าง ๆ

ชนิดโลหะ	pH ของสารเริ่มต้น	ชนิดถ่าน	ปริมาณการดูดซับที่ pH (g/g ของถ่าน)		
			4.0	7.0	9.0
Cu	4.02	coconut P	1.422	1.402	1.350
		coconut S	1.083	1.068	1.029
		palm P	1.488	1.466	1.413
		palm S	1.389	1.369	1.319
		corn P	2.365	2.331	2.246
		corn S	1.366	1.346	1.297
		durian P	9.466	9.330	8.988
		durian S	7.005	6.905	6.652
Fe	4.01	coconut P	0.884	0.871	0.839
		coconut S	1.321	1.302	1.254
		palm P	0.951	0.938	0.903
		palm S	1.869	1.842	1.774
		corn P	1.066	1.050	1.012
		corn S	1.588	1.565	1.508
		durian P	6.585	6.491	6.253
		durian S	5.161	5.087	4.900
Ni	3.99	coconut P	1.058	1.043	1.005
		coconut S	1.175	1.158	1.115
		palm P	1.095	1.079	1.040
		palm S	1.254	1.236	1.191
		corn P	1.631	1.608	1.549
		corn S	1.374	1.354	1.304
		durian P	2.549	2.513	2.421
		durian S	4.733	4.665	4.494
Zn	3.98	coconut P	0.417	0.411	0.396
		coconut S	0.626	0.617	0.595
		palm P	0.633	0.624	0.601
		palm S	0.618	0.609	0.587
		corn P	0.817	0.805	0.776
		corn S	0.549	0.542	0.522
		durian P	1.576	1.553	1.496
		durian S	1.595	1.572	1.514

2.5 การศึกษาพฤติกรรมการดูดซับของสีย้อมบางตัว

ได้มีการนำเอาถ่านกัมมันต์จากวัสดุ 4 ชนิด ได้แก่ กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ไม้ซ่าวโศค และเปลือกทุเรียน ที่เผาและกระตุ้นให้เกิดรูพรุนจาก 2 วิธี มาศึกษาพฤติกรรมการดูดซับสีย้อม 3 ชนิด ได้แก่ สี เมทิลีนบลู, สีเมทิล เรด, และ สีคริสตัล ไวโอเรด โดยการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับ คือ

1. ปริมาณของถ่านที่เหมาะสมต่อการดูดซับสีย้อม
2. เวลาของการดูดซับที่สมดุล
3. อุณหภูมิที่เหมาะสม
4. ความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม

2.5.1 การศึกษาปริมาณถ่านที่เหมาะสมต่อการดูดซับสีย้อม

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักถ่านกัมมันต์ 0.200, 0.400, 0.600, 0.800, 1.000 g ด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 mL (ทำอย่างละ 3 ซ้ำ)
2. ปิเปตสารละลายสีย้อมเข้มข้น 500 ppm ปริมาตร 50 mL ลงในขวดรูปชมพู่ที่มีถ่านกัมมันต์บรรจุอยู่ ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 180 นาที
3. นำสารละลายจากข้อ 2 มากรองแยกถ่านออกด้วย กระดาษกรองเบอร์ 42 แล้วนำสารละลายที่ได้ไปตรวจวัดปริมาณสีย้อมด้วยเครื่อง ยูวี สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV spectrophotometer)
4. การเตรียมสารละลายมาตรฐานของสีย้อมทั้ง 3 ชนิด ด้วยน้ำปราศจากไอออน โดย สีย้อมทั้ง 3 คือ สี เมทิลีนบลู, สีเมทิล เรด, และ สีคริสตัล ไวโอเรด เจือจางให้มีความเข้มข้น 4 ความเข้มข้น คือ : 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 ppm

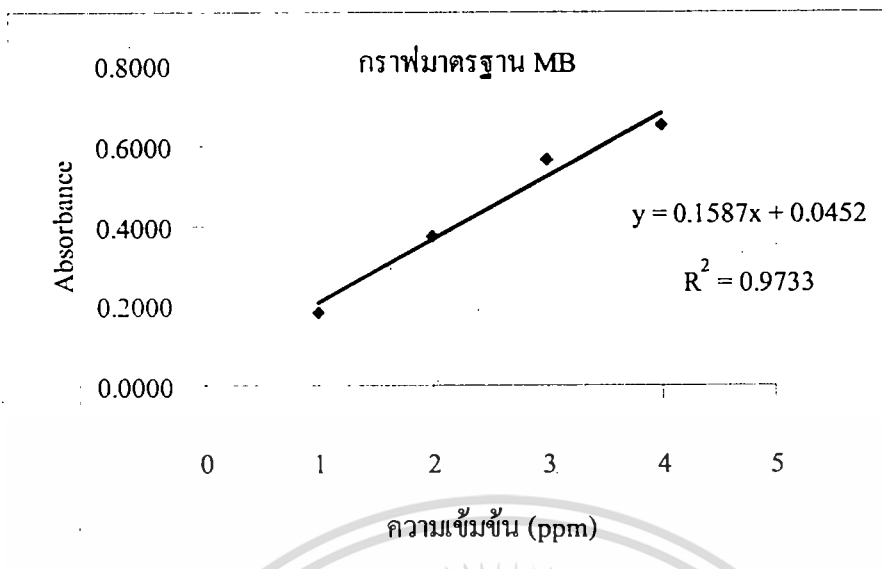
กราฟมาตรฐานที่วิเคราะห์ได้จากเครื่องยูวี สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV spectrophotometer) แสดงไว้ดังกราฟที่ 2.11ก-ค

จากกราฟมาตรฐานของสีย้อมแต่ละชนิด นำมาคำนวณค่าการดูดซับของสีย้อมจากสูตรการคำนวณ ดังต่อไปนี้ และค่าที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.12ก-ค และตารางที่ 2.15 แสดงค่าน้ำหนักถ่านที่เหมาะสมกับสีย้อมแต่ละชนิด

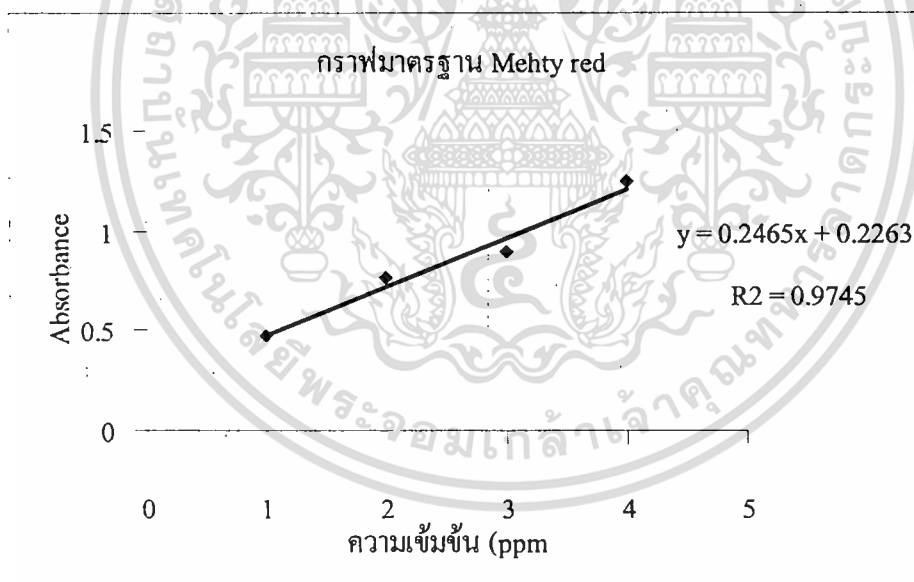
$$\text{ปริมาณการดูดซับ} = \frac{50(C_i - C_f)}{1000}$$

เมื่อ C_i และ C_f คือความเข้มข้นของสีย้อมเริ่มต้นและที่เหลือจากการดูดซับ

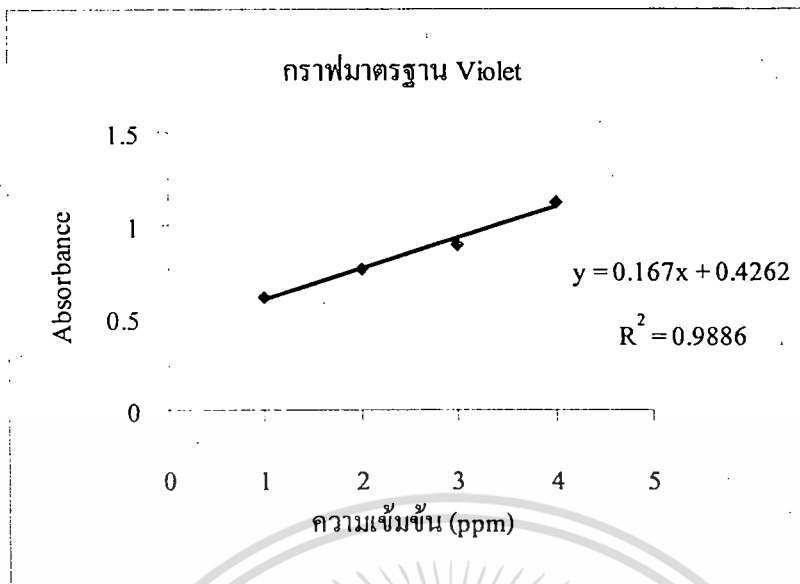
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



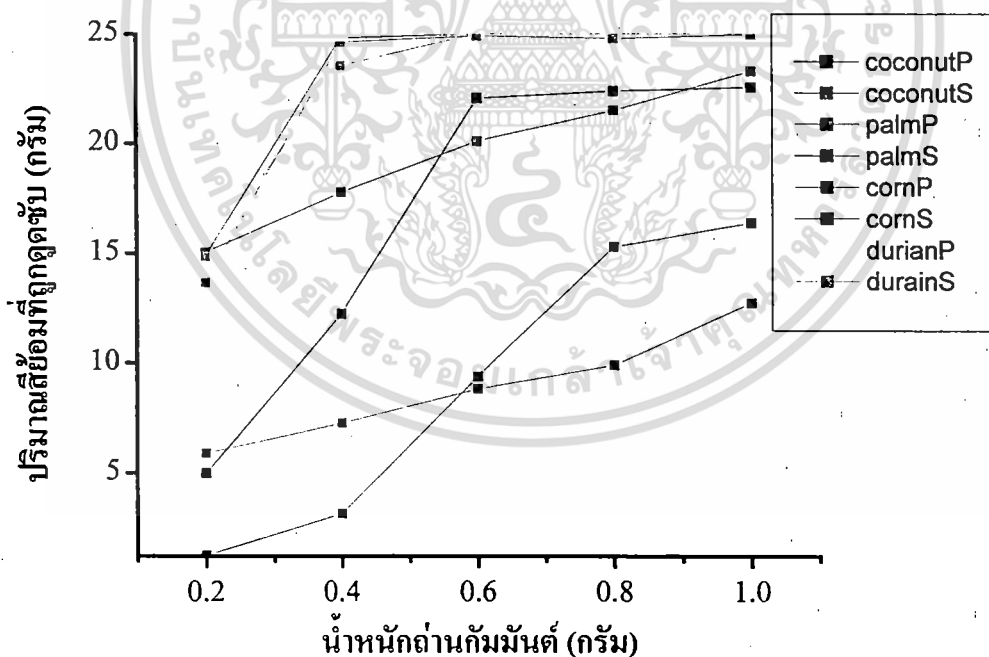
รูปที่ 2.11ก แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนและความเข้มข้นของสี เมทธีลินบลู ที่วิเคราะห์ด้วย ยูวี สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV spectrophotometer)



รูปที่ 2.11ข แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนและความเข้มข้นของสีเมทธีล เรด ที่วิเคราะห์ด้วย ยูวี สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV spectrophotometer)

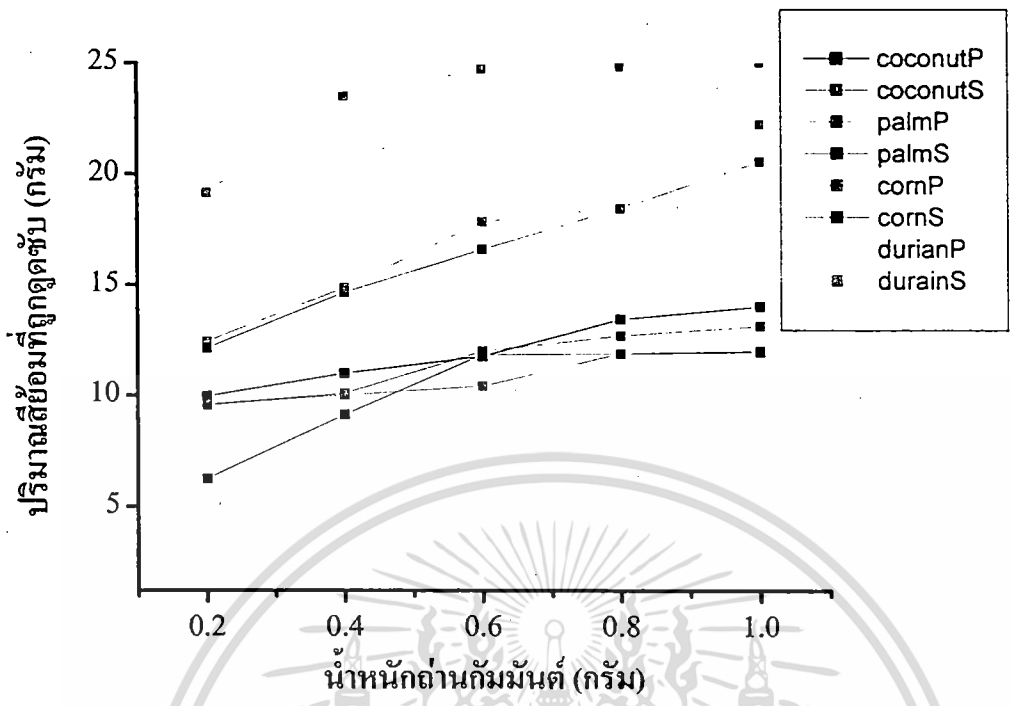


รูปที่ 2.11ค แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนและความเข้มข้นของสีคริสตัล ไวโอเรด ที่วิเคราะห์ด้วย ยูวี สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV spectrophotometer)

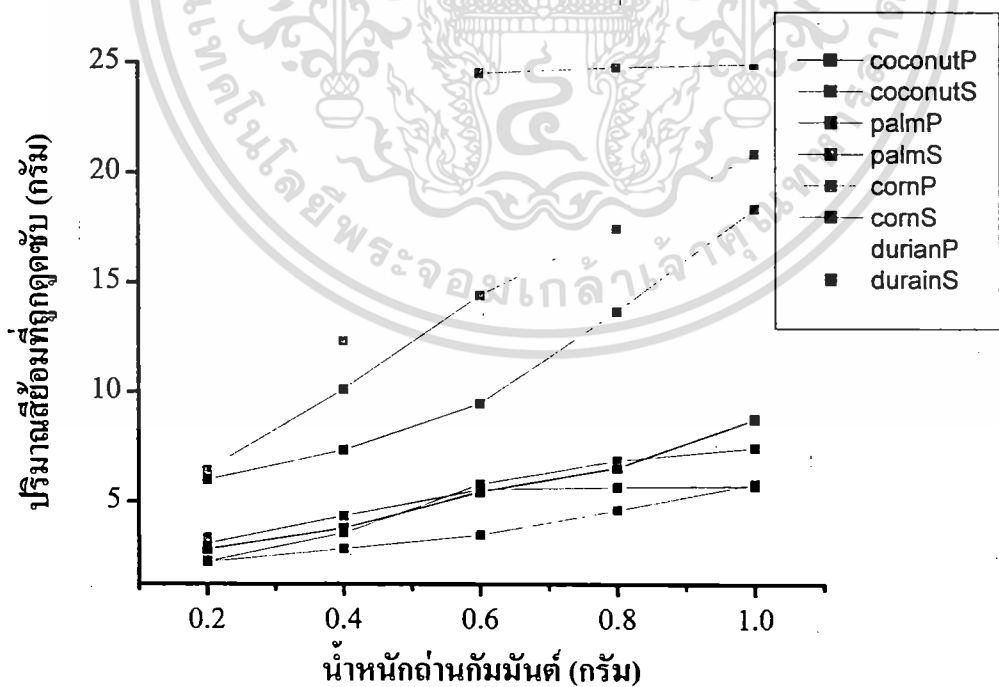


รูปที่ 2.12ก แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับ สี เมทิลีนบลู ที่น้ำหนักถ่านต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ด้วย ยูวี สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV spectrophotometer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12ข แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับ สีเมทิล เรด ที่น้ำหนักถ่านต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ด้วย ยูวี สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV spectrophotometer)



รูปที่ 2.12ค แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับ สีคริสตัล ไวโอเรด ที่น้ำหนักถ่านต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ด้วย ยูวี สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV spectrophotometer) ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.15 แสดงปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมกับความเข้มข้นของสีย้อมชนิดต่าง ๆ

ชนิดสีย้อม	ชนิดถ่าน	ปริมาณน้ำหนักถ่านที่เหมาะสม	ปริมาณการดูดซับ (g/g ของถ่าน)
สี เมทริลีนบลู	coconut P	0.600	22.0558
	coconut S	0.600	20.1061
	palm P	0.800	9.9076
	palm S	0.800	15.2888
	corn P	0.400	24.6267
	corn S	0.400	24.8104
	durian P	0.400	24.8871
	durian S	0.400	23.5468
สีเมทริล เรด	coconut P	0.800	13.4268
	coconut S	0.800	12.6848
	palm P	0.800	11.8646
	palm S	0.800	11.8648
	corn P	0.800	18.4268
	corn S	0.800	18.4268
	durian P	0.800	24.876
	durian S	0.800	24.7862
สีคริสตัล ไวโอเรด	coconut P	1.000	8.7725
	coconut S	1.000	7.4611
	palm P	1.000	5.8114
	palm S	1.000	5.7156
	corn P	1.000	20.8698
	corn S	1.000	18.3817
	durian P	0.600	24.7018
	durian S	0.600	24.5162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การศึกษาผลของเวลา

การศึกษาผลของเวลาต่อการดูดซับของสีย้อมทั้ง 3 ชนิด ในถ่านกัมมันต์ชนิดต่าง ๆ เพื่อศึกษาหาสมมูลของการดูดซับ ทำได้ดังนี้

วิธีการทดลอง

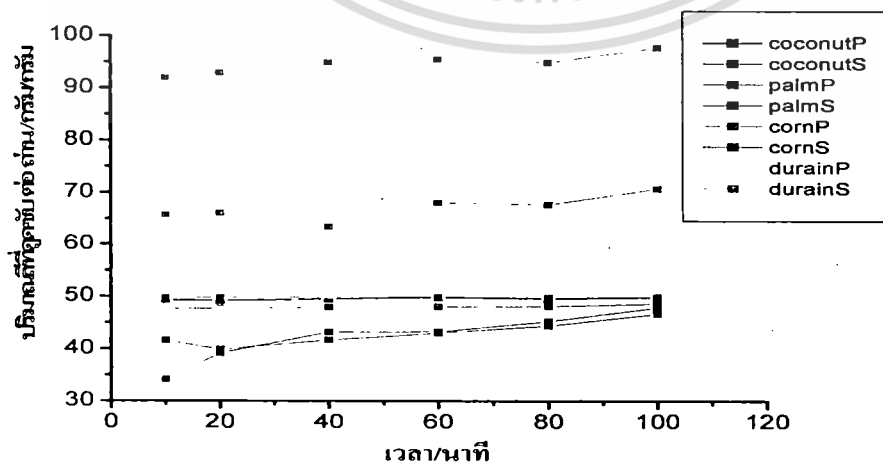
1. ชั่งน้ำหนักถ่านกัมมันต์ตารางที่ ใส่ขวดรูปชมพู่
2. ปิเปตสารละลายสีย้อมแต่ละชนิด (สี เมทิลีนบลู, สีเมทิล เรด และ สีคริสตัล ไวโอ เรด) 500 ppm ปริมาตร 50 mL ใส่ในขวดรูปชมพู่
3. ตั้งทิ้งไว้ตามสภาวะเวลาต่าง ๆ ได้แก่ 10, 20, 40, 60, 80, 100, นาที จากนั้นนำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42
4. นำสารละลายที่กรองได้ไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณ โลหะหนักด้วยเครื่องยูวี สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV spectrophotometer)
5. การทำการกราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นที่เหลืออยู่ของสีย้อมแต่ละชนิดทำเช่นเดียวกันกับการศึกษาปริมาณถ่านที่เหมาะสมใน หัวข้อ 2.4.1

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถนำมาคำนวณตามสูตรข้างล่าง แล้วนำข้อมูลไปพลอตกราฟระหว่างปริมาณไอออนของสีย้อมแต่ละชนิดที่ถูกดูดซับ (g/g) กับเวลา (นาที) ดังรูปที่ 2.13 ก-ค และค่าการดูดซับที่เวลาสมมูล สรุปไว้ในตารางที่ 2.16

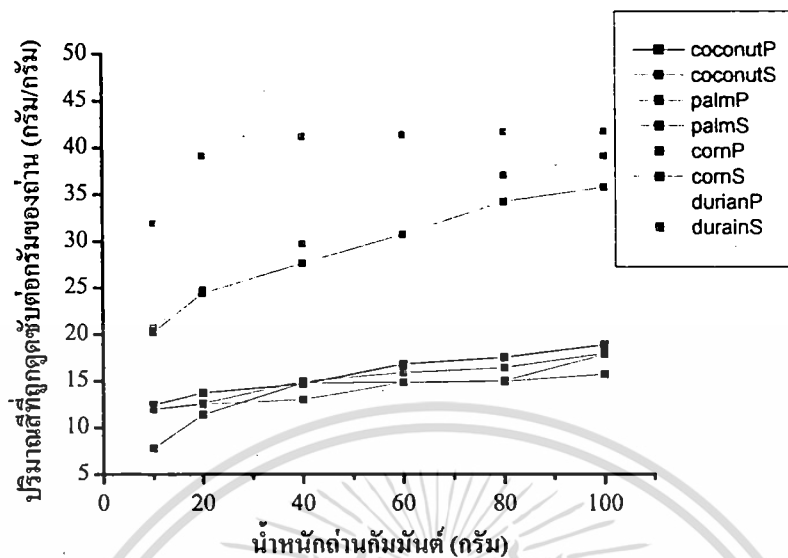
$$\text{ปริมาณการดูดซับ} = \frac{50(C_i - C_f)}{1000M}$$

เมื่อ C_i และ C_f คือความเข้มข้นของเมทิลีนบลูเริ่มต้นและที่เหลือจากการดูดซับ

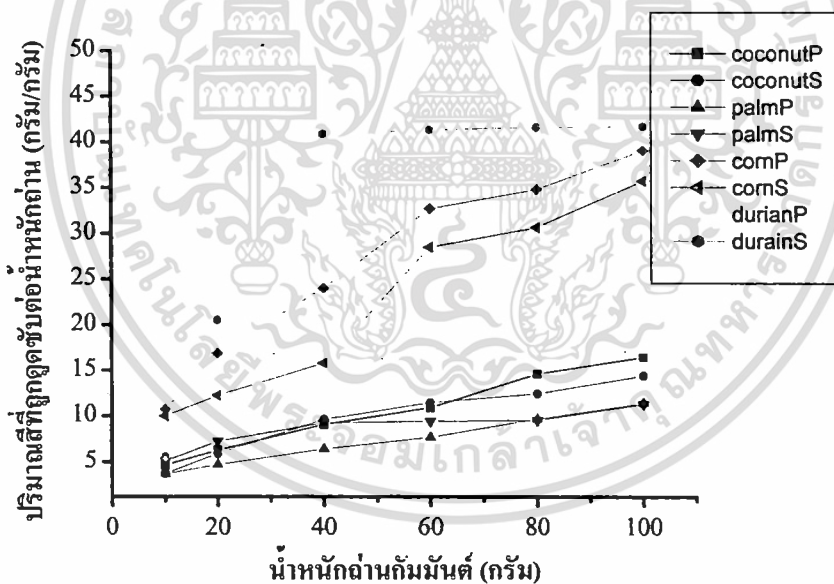
M คือ น้ำหนักของถ่านกัมมันต์



รูปที่ 2.13 ก แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับสี เมทิลีนบลู ที่เวลาต่างๆ นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ข แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับ สีเมทิล เรด ที่เวลาต่าง ๆ



รูปที่ 2.13 ค แสดงกราฟระหว่างปริมาณการดูดซับ สีคริสตัล ไวโอเรด ที่เวลาต่าง ๆ

ตารางที่ 2.16 แสดงการดูดซับสีขึ้นอยู่กับสภาวะเวลาที่เหมาะสม

ชนิดสีข้อม	ชนิดถ่าน	เวลาที่เหมาะสม (นาที)	ปริมาณการดูดซับ (g/g ของถ่าน)
สี เมทธีลีนบลู	coconut P	60	49.81
	coconut S	60	49.93
	palm P	60	48.05
	palm S	60	43.26
	corn P	60	68.13
	corn S	60	43.03
	durian P	60	55.96
	durian S	60	95.46
สีเมทธีล เรด	coconut P	60	16.78
	coconut S	60	15.86
	palm P	60	14.83
	palm S	60	14.83
	corn P	40	30.71
	corn S	40	30.71
	durian P	40	41.33
	durian S	40	41.12
สีคริสตัล ไวโอเรด	coconut P	80	14.62
	coconut S	80	12.44
	palm P	80	9.69
	palm S	80	9.53
	corn P	60	32.68
	corn S	60	28.48
	durian P	40	41.17
	durian S	40	40.86

2.5.3 การศึกษาผลของอุณหภูมิ

เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการดูดซับ จึงทำการทดลอง โดยทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ

การดูดซับ

วิธีการทดลอง

ทำการทดลองเหมือนกันกับการศึกษาเรื่องเวลา แต่เปลี่ยนแปลงเป็นอุณหภูมิเป็น 25, 35,

40 °C โดยใช้น้ำหนัก ถ่านกัมมันต์ และเวลาตามตารางที่ 2.15 และ 2.16 ผลการทดลองดังแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตารางที่ 2.17 จากนั้นนำไปพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอออนของโลหะหนักที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักถ่านกัมมันต์ (g/g) กับอุณหภูมิ (°C)

ตารางที่ 2.17 ปริมาณการดูดซับสีย้อมชนิดต่าง ๆ ที่เวลา 60 นาที และน้ำหนักถ่านกัมมันต์ ตามชนิดถ่านแต่ละชนิด ที่ อุณหภูมิต่าง ๆ

ชนิดสีย้อม	ชนิดถ่าน	ปริมาณการดูดซับที่อุณหภูมิ °C (g/g ของถ่าน)		
		25	35	45
สี เมทธีลีนบลู	coconut P	50.81	46.82	47.82
	coconut S	50.92	46.93	47.93
	palm P	49.01	45.17	46.13
	palm S	44.13	40.67	41.53
	corn P	69.49	64.04	65.40
	corn S	43.89	40.44	41.30
	durian P	57.08	52.61	53.72
	durian S	97.37	89.73	91.64
สีเมทิลออเรนจ์	coconut P	17.12	16.45	16.11
	coconut S	16.17	15.54	15.22
	palm P	15.13	14.53	14.24
	palm S	15.13	14.53	14.24
	corn P	31.33	30.10	29.48
	corn S	31.33	30.10	29.48
	durian P	42.16	40.50	39.68
	durian S	41.94	40.30	39.48
สีคริสตัล ไวโอเรด	coconut P	14.91	14.47	13.30
	coconut S	12.68	12.31	11.32
	palm P	9.88	9.59	8.81
	palm S	9.72	9.43	8.67
	corn P	33.34	32.36	29.74
	corn S	29.05	28.20	25.92
	durian P	41.99	40.76	37.46
	durian S	41.68	40.45	37.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 การศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างของการดูดซับ

เนื่องจากสภาวะของความเป็นกรด-ด่าง มีผลต่อการดูดซับ จึงทำการทดลอง โดยทำการเปลี่ยนแปลงสภาวะ pH ของการดูดซับ ได้แก่ pH 4, 7, 10

วิธีการทดลอง

ทำการทดลองเหมือนกันกับการศึกษาเรื่องอุณหภูมิ แต่เปลี่ยนแปลง pH เป็น 4, 7, 10 โดยใช้น้ำหนัก ถ่านกัมมันต์ และเวลาตามตารางที่ 2.15 และ 2.16 ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ จากนั้นนำไปพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอออนของโลหะหนักที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักถ่านกัมมันต์ (g/g) กับอุณหภูมิ (°C) ผลดังรูปที่

ตารางที่ 2.18 ปริมาณการดูดซับสี่ข้อมชนิดต่าง ๆ ที่เวลา 60 นาที และน้ำหนักถ่านกัมที่ ตามชนิดถ่านแต่ละชนิด ที่ pH ต่าง ๆ

ชนิดสีข้อม	pH ของสารเริ่มต้น	ชนิดถ่าน	ปริมาณการดูดซับที่ pH (g/g ของถ่าน)		
			4	7	9
สีเมทริลีนบลู	6.89-7.67	coconut P	48.82	50.31	49.31
		coconut S	48.93	50.42	49.43
		palm P	47.09	48.53	47.57
		palm S	42.40	43.70	42.83
		corn P	66.76	68.81	67.45
		corn S	42.16	43.46	42.59
		durian P	54.84	56.52	55.40
		durian S	93.55	96.42	94.51
สีเมทริล เรด	6.54-7.22	coconut P	16.45	16.95	16.62
		coconut S	15.54	16.01	15.70
		palm P	14.53	14.98	14.68
		palm S	14.53	14.98	14.68
		corn P	30.10	31.02	30.40
		corn S	30.10	31.02	30.40
		durian P	40.50	41.74	40.92
		durian S	40.30	41.53	40.71
สีคริสตัล ไวโอเรด	7.32-7.95	coconut P	14.33	14.77	14.47
		coconut S	12.19	12.56	12.31
		palm P	9.49	9.78	9.59
		palm S	9.34	9.62	9.43
		corn P	32.03	33.01	32.36
		corn S	27.91	28.77	28.20
		durian P	40.35	41.58	40.76
		durian S	40.04	41.27	40.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

บทสรุปแลวิจารณ์

1. สรุปผลการศึกษาระบวนการเผาถ่านถ่านกัมมันต์

จากการศึกษาระบวนการและออกแบบวิธีการผลิตถ่านกัมมันต์ในงานวิจัยชิ้นนี้ ได้ออกแบบโดยปรับปรุงแก้ไข ตามกระบวนการและวิธีของงานวิจัยที่ผ่านมา โดยเลือกที่จะใช้การเค็มในการกระตุ้นโดยเลือกเกลือแกง (NaCl) และแบ่งออกเป็น 2 เทคนิค ได้แก่ การเผาผสมผงเกลือและการเผาผสมสารละลายเกลือแกง ในการเผาที่ใช้วิธีการเผาแบบหนึ่งขั้นตอนครั้ง คือ นำวัสดุที่จะเผาโดยไม่ผ่านการบดให้ละเอียดเหมือนงานของคนอื่น ๆ มาผสมผงเกลือหรือสารละลายเกลือ จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิที่ 400, 600, 800 °C สำหรับการกระตุ้นด้วยผงเกลือในอัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง แต่การกระตุ้นด้วยสารละลายอิมตัวของเกลือแกงต้องนำไปทำให้แห้งโดยตั้งอุณหภูมิแห้งที่ไว้ที่ 200 °C 1 ชม. จากนั้นค่อยเพิ่มอุณหภูมิไปที่ 400, 600, 800 °C ในการเผายังได้กำหนดเวลาของการเผาออกไปเป็น 1, 2, และ 3 ชม. จากถ่านที่เผาได้ทั้งหมดทุกตัวอย่างจะถูกนำไปตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น คราว ๆ ได้แก่ การศึกษาร้อยละของผลผลิตที่ได้ การศึกษาค่าการดูดซับเมทิลีนบลู การศึกษาโครงสร้างถ่านทางเทคนิคสเปกโทรสโกปีของการสั่น

จากการศึกษาร้อยละของการผลิตถ่านกัมมันต์ ปรากฏว่าที่อุณหภูมิของการเผาเท่ากันแต่ใช้เวลาในการเผามากขึ้น มีผลทำให้ร้อยละของผลผลิตลดลง และในทำนองเดียวกัน ร้อยละผลผลิตก็ลดลงตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิด้วย เช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาโครงสร้างถ่านทางเทคนิคสเปกโทรสโกปีของการสั่น โดยสเปกตรัมของถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิ และ เวลาต่างๆ นั้นมีความแตกต่างกัน โดยจะพบว่า ที่อุณหภูมิที่ 400 และ 600 °C ถ่านที่ได้จากการเผายังหลงเหลือสารชนิดอื่น เช่น CO หรือ CO₂ โดยจะพบแถบของการสั่นที่ประมาณ 1350-1550 cm⁻¹ แสดงให้เห็นว่าการเผายังไม่ได้คาร์บอนอย่างสมบูรณ์ แม้จะเพิ่มเวลาการเผา ก็ยัง หลงเหลืออยู่ ด้วยเหตุผลของสถานะอุณหภูมิที่ยังไม่เพียงพอในการเผาไหม้ให้เกิดคาร์บอน เมื่อพิจารณาจากสเปกตรัมที่อุณหภูมิที่ 800 °C พบว่าไม่ปรากฏแถบการดูดกลืนของสารชนิดอื่น ๆ เหลืออยู่ โดยพบเฉพาะแถบการดูดกลืนเฉพาะที่มาจากคาร์บอน ซึ่งเหมือนกันทั้งหมดแม้เวลาการเผาจะเพิ่มขึ้นก็ตาม

จากการศึกษาการดูดซับเมทิลีนบลู (methylene blue number) เพื่อการพิจารณาคุณภาพถ่านกัมมันต์ที่เผาในสถานะอุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ ถึงปริมาณการดูดซับว่า ถ่านกัมมันต์ไหนจะมีผลของการดูดซับได้ดีที่สุด และมีความประหยัคมากที่สุด เพื่อจะได้นำเอาถ่านกัมมันต์ดังกล่าวไปตรวจสอบและประยุกต์ใช้ต่อไป พบว่าค่าเมทิลีนบลูสัมพันธ์กับค่าร้อยละของการผลิตและโครงสร้างที่ได้ตรวจสอบด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีการสั่น คือ ที่อุณหภูมิการเผาที่ 800 °C จะให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมในการดูดซับได้ดี ซึ่งจะสอดคล้องกับปริมาณรูพรุนของถ่านในเทคนิค BET นั้น ถ่านกัมมันต์จาก กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ใส้ข้าวโพด จะใช้น้ำหนักที่ 1.000 g ยกเว้นถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียนที่ใช้น้ำหนักเพียง 0.500 g เท่านั้น ส่วนในเรื่องของเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับนั้น ใช้เวลาเหมือนกันทั้งหมด คือ 60 นาที โดยเวลานี้จะทำให้การดูดซับโลหะหนักเหล่านี้ไม่แตกต่างกันมากนักกับเวลาที่เพิ่มขึ้น สังเกตได้จากกราฟของการดูดซับของโลหะหนักแต่ละชนิดแทบจะคงที่ ในส่วนของการศึกษาผลของอุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่างที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับนั้น พบว่า อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ไม่ทำให้ค่าการดูดซับโลหะหนักแต่ละชนิดเพิ่มหรือลด หรือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปมากนัก เช่นเดียวกับความเป็นกรด-ด่างที่เปลี่ยนแปลงไปตามการปรับค่า pH จากจุดเริ่มต้น ก็ไม่ทำให้ค่าการดูดซับโลหะหนักในแต่ละชนิดเปลี่ยนแปลงไปอย่างชัดเจน แต่มีผลในด้านการสิ้นเปลืองทั้งค่าใช้จ่าย และเวลาที่เสียไปมากขึ้นนั่นเอง

3.3 สรุปผลการศึกษาพฤติกรรมการดูดซับสีข้อม

จากการศึกษาพฤติกรรมการดูดซับสีข้อม ได้แก่ สี เมทิลีนบลู, สีเมทิลออเรนจ์, และ สี คริสตัล ไวโอเล็ต จากการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้นั้น ในการศึกษาได้กำหนดตัวแปรที่จะศึกษา คือ ปริมาณของถ่านกัมมันต์ในแต่ละชนิดที่เหมาะสมในการดูดซับ เวลาที่เหมาะสมในการดูดซับ สภาพของอุณหภูมิและ ความเป็นกรด-ด่างของการดูดซับที่เหมาะสม พบว่าปริมาณถ่านที่เหมาะสมในการดูดซับได้ดี ซึ่งจะสอดคล้องกับปริมาณรูพรุนของถ่านในเทคนิค BET นั้น ถ่านกัมมันต์จากวัสดุทั้ง 4 ชนิด และการกระตุ้นที่แตกต่างกัน จะใช้น้ำหนักที่ไม่เท่ากัน โดยถ่านกัมมันต์ที่ได้จาก เปลือกทุเรียนจะใช้น้ำหนักที่น้อยที่สุด อยู่ที่ 0.4 00-0.600 g ส่วนถ่านกัมมันต์จาก กะลามะพร้าวและกะลาปาล์มจะใช้น้ำหนักมากกว่า คือ ใช้น้ำหนักที่ 0.800-1.000 g จึงทำให้การดูดซับสีข้อมในแต่ละสีที่ดีที่สุด ส่วนในเรื่องของเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับนั้น ก็เช่นเดียวกัน คือ ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและกะลาปาล์มจะใช้เวลาการดูดซับสีข้อมทั้งสามชนิดที่ประมาณ 60 นาที ส่วนถ่านกัมมันต์จากใส้ข้าวโพดและเปลือกทุเรียนจะใช้เวลาประมาณ 40 นาที ในการดูดซับสีทั้งสามชนิด สังเกตได้จากกราฟของการดูดซับของสีข้อมแต่ละชนิดแทบจะคงที่ ในส่วนของการศึกษาผลของอุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่างที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับนั้น พบว่า อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ไม่ทำให้ค่าการดูดซับสีข้อมแต่ละชนิดเพิ่มหรือลด หรือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปมากนัก เช่นเดียวกับความเป็นกรด-ด่างที่เปลี่ยนแปลงไปตามการปรับค่า pH จากจุดเริ่มต้น ก็ไม่ทำให้ค่าการดูดซับสีข้อมในแต่ละชนิดเปลี่ยนแปลงไปอย่างชัดเจน แต่มีผลในด้านการสิ้นเปลืองทั้งค่าใช้จ่าย และเวลาที่เสียไปมากขึ้นนั่นเอง เช่นเดียวกับกับการศึกษาการดูดซับโลหะหนัก 4 ชนิด

3.4 ข้อเสนอแนะทั่วไป

จากการศึกษากระบวนการผลิตด้านกัมมันต์ โดยได้นำเอาวัสดุเหลือทิ้งทางด้านการเกษตร ได้แก่ กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ไม้ซ่าวโพค และ เปลือกทุเรียน มาเผาและกระตุ้นให้เกิดรูพรุน โดยใช้ผงเกลือแกงและ สารละลายเกลือแกงชนิดอิ่มตัว ซึ่งได้ออกแบบ กระบวนการและวิธีที่ง่ายและสะดวก ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย พบว่าด้านกัมมันต์ที่ได้มีคุณภาพปานกลาง เมื่อผ่านการตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด และได้นำไปศึกษาพฤติกรรมการดูดซับกำจัดโลหะหนัก และสีข้อม ปรากฏว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้ในการกำจัดมลภาวะจากน้ำเสีย ด้วยเหตุผลของการดูดซับที่ดี และอีกอย่าง คนทั่วไปก็สามารถที่จะผลิตขึ้นใช้งานได้เอง และในอนาคตข้างหน้า คณะผู้ทำวิจัย มีความเห็นว่า หากมีการพัฒนาต่อในการออกแบบหรือหาวิธีการผลิตเพิ่มเติมเพื่อวัสดุประสงค์ที่จะทำให้ได้ด้านกัมมันต์จากวัสดุดังกล่าว หรือวัสดุเหลือทิ้งอื่น ให้มีคุณภาพดียิ่ง ๆ ขึ้น และมีกระบวนการผลิตที่ง่าย ๆ เพื่อให้เหมาะแก่การนำไปผลิตใช้เองของคนทั่วไป



เอกสารอ้างอิง

- รัชนก แซ่เจน, การดูดซับสารหนู ด้วยถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากแกลบและกะลามะพร้าว, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คณะวิทยาศาสตร์, 1998.
- รัตนา มหาชัย, 2541 รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาพื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุดูดซับบางชนิด, ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- รัตนา มหาชัย, 2542 รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาพฤติกรรมการดูดซับของโลหะหนักบางตัวบน วัสดุดูดซับแกลบ, ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ดำรง ชุมมงคลและคณะ. 2539 การใช้ถ่านกัมมันต์โดยใช้ NaCl เป็นตัวกระตุ้น. วิศวกรรมสาร ปีที่ 43, ฉบับที่ 6 (2533). หน้า 96-99.
- ธีระโชติ ศรีธีระวิโรจน์ และคณะ, 2542. การผลิตคาร์บอนกัมมันต์จากกะลามะพร้าว โดยใช้ สารละลายซิงค์คลอไรด์ สารละลายโซเดียมคลอไรด์ และสารผสมระหว่างสารละลายซิงค์ คลอไรด์ กับสารละลายโซเดียมคลอไรด์เป็นสารกระตุ้น. วิศวกรรมสารฉบับที่ 16. ฉบับที่ 4 (ธ.ค. 2542). หน้า 141-146.
- Cao, Q., Ke-Chang, X., Yong-Kang, L., Wei-Ren, B., (2006) Process effects on activated carbon with large specific surface area from corn cob, *Bioresource Technology* 97 110-115.
- Guo J., Lua A. C. (2002) Characterization of adsorbent prepared from oil-palm shell by CO₂ activation for removal of gaseous pollutants, *Materials Letters* 55 334-339
- Guo J., Lua A. C. (2003) Adsorption of sulphur dioxide onto activated carbon prepared from oil-palm shells with and without pre-impregnation, *Separation and Purification Technology* 30 265-273.
- Hayashi, J. Horikawa, T. Takeda, I. Muroyama, K. Ani, F.N. (2002) Preparing activated carbon from various nutshells by chemical activation with K₂CO₃. *Carbon* 40 2381-2386.
- Kannan N., Sundaram M. M., (2001) Kinetics and mechanism of removal of methylene blue by adsorption on various carbons—a comparative study, *Dyes and Pigments* 51 25-40.
- Kobya M., Demirbas E., Senturk E., Ince M. (2005) Adsorption of heavy metal ions from aqueous solutions by activated carbon prepared from apricot stone, *Bioresource Technology* 96 1518-1521
- Lafi, W.K. (2001) Production of activated carbon from acorns and olive seeds. *Bioresource Technology* 20 57-62.
- Lua A. C., Lau F. Y., Guo J. (2006) Influence of pyrolysis conditions on pore development

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือนำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- of oil-palm-shell activated carbons, *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 76 96–102.
- Mozammel H. M., Masahiro O., Bhattacharya SC. (2002) Activated charcoal from coconut shell using $ZnCl_2$ activation, *Biomass and Bioenergy* 22 397 – 400
- Namane, A., Mekarzia, A., Benrachedi, K., Belhaneche-Bensemra, N., Hellal, A., (2005) Determination of the adsorption capacity of activated carbon made from coffee ground by chemical activation with $ZnCl_2$ and H_3PO_4 , *J.Hazard. Mater.* B119 189-194.
- Prakash Kumar, B.G., Miranda, L. R., Velan M. (2005) Adsorption of Bismark Brown dye on activated carbons prepared from rubberwood sawdust (*Hevea brasiliensis*) using different activation methods. *Journal of Hazardous Materials* B126 63–70.
- Su, W., Zhou, L. Zhou, Y. (2003) Preparation of microporous activated carbon from coconut shells without activating agents. *Letters to the Editors/carbon* 41 861-863.
- Vitidsant, T. Suravattanasakul, T. Damronglerd, S. (1999) Production of activated carbon from palm-oil shell by pyrolysis and steam activation in a fixed bed reactor. *Science Asia* 25 211-222.
- Wilson, K., Yang, H. Seo, C.W. Marshall, W.E. (2006) Select metal adsorption by activated carbon made from peanut shells. *Bioresource Technology* 97 2266-2270.