

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตผ่านกัมมันต์จากกาบบน

3 122



T107751



๑๖
๒๖
๒๕๔๘

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน...107751
วัน,เดือน,ปี...10 พ.ค. 2553

b...12210535
i.....

โครงการพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Preparation of Activated Carbon from Tea Leaf Residues



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of Requirement for the Degree of

Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง การผลิตถ่านกัมมันต์จากกากไบโชา
นักศึกษา นายชวลิต เรืองขจร
 นางสาวชุตินา กัลยาประสิทธิ์
ภาควิชา เคมี
สาขาวิชา เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา อ.กมลีนสุคนธ์ สุวรรณรัตน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ผศ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์	
กรรมการ ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์	
กรรมการ อ.กมลีนสุคนธ์ สุวรรณรัตน์	
กรรมการ ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์	



(ผศ.ดร.ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การผลิตถ่านกัมมันต์จากกากใบชา	
นักศึกษา	นายชวลิต	เรืองขจร
	นางสาวชุตินา	กัลยาประสิทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.กถินสุคนธ์	สุวรรณรัตน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.อุสารัตน์	ถาวรชัยสิทธิ์
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม	
ปีการศึกษา	2548	

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษฉบับนี้ทำการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากกากใบชา โดยทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการทำให้เป็นถ่าน ได้แก่ อุณหภูมิและระยะเวลา จากการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการทำให้เป็นถ่าน คือ อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งจะทำได้ปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงสุด เท่ากับ 9.95 ± 0.13 เปอร์เซ็นต์ และทำให้ได้ผลผลิตดีที่สุด และทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการกระตุ้น คือ อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการกระตุ้น และสัดส่วนระหว่าง $ZnCl_2$ (ซิงค์ คลอไรด์) ต่อกากใบชา พบว่า เมื่อใช้สัดส่วนระหว่าง ซิงค์คลอไรด์ต่อกากใบชาเป็น 3:1 จะทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีความสามารถในการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูสูงสุดค่าคงที่สมดุลการดูดซับ (K_d) ของถ่านชนิดนี้ เท่ากับ 28.33 ลิตรต่อกรัม อย่างไรก็ตามพบว่าถ่านกัมมันต์ที่ได้ มีพื้นที่ผิว และปริมาตรรูพรุนน้อยมาก เมื่อเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า ในขณะที่ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้น โดยใช้สัดส่วนระหว่างซิงค์คลอไรด์ต่อกากใบชาเท่ากับ 1:1 ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนสูงสุดโดยมีความสามารถในการดูดซับเมทิลีนบลูน้อยสุด โดยมีค่าคงที่สมดุลการดูดซับ (K_d) เท่ากับ 3.89 ลิตรต่อกรัมผลที่ได้จึงบ่งชี้ว่าการดูดซับของสารเคมีด้วยถ่านกัมมันต์จากกากใบชาอาจเป็นกระบวนการดูดซับทางเคมีซึ่งขึ้นอยู่กับรูปร่างกึ่งขั้วบนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ ส่วนค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ชนิดที่ดูดซับได้ดีที่สุดมีค่าเท่ากับ 37.40 ซึ่งเป็นค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้านั้นที่ค่าไอโอดีนนัมเบอร์เท่ากับ 1694.77

คำสำคัญ: ถ่านกัมมันต์; กากใบชา; กระบวนการทำให้เป็นถ่าน; กระบวนการกระตุ้นทางเคมี; พื้นที่ผิว; ปริมาตรรูพรุน; ไอโอดีนนัมเบอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Preparation of Activated Carbon from Tea Leaf Residues	
Name	Chavalid	Ruengkajohn
	Chutima	Kanlayaprasit
Department	Chemistry	
Program	Environmental Resource Chemistry	
Academic Year	2005	
Special Project Advisor	Ms. Glinsukol	Suwannarat
Special Project co-advisor	Dr. Usarat	Thawornchaisit

ABSTRACT

This special project studied the potential in production of activated carbon from tea leaf residues. Factors affecting carbonization process such as temperature and time were studied. The results showed that the optimum temperature and time for carbonization process was 500 °C for 30 minutes. With this condition, the highest amount for fixed carbon and the largest product yield were obtained. Furthermore, factors affecting activation process such as activation temperature and impregnation ratio of ZnCl₂ to tea leaf residues were studied. It was found that activated carbon being activated at impregnation ratio of 3:1 and at temperature 500 °C had the highest adsorption capacity for methylene blue. The adsorption equilibrium constant (K_d) was found to be 28.33 L/g. However, total surface area and pore volume of this activated carbon were less than those of commercial activated carbon. While the activated carbon being activated by impregnation ratio 1:1 at 600 °C has the highest total surface area and pore volume of 186.22 m²/g and 0.0023 ml/Å/g. The result suggested that adsorption by activated carbon from tea leaf residues could occur via chemisorption process which its adsorption capacity might depend on the functional group on surface area of activated capacity. Iodine number of activated carbon from tea leaf residues was 37.40. The value was less than commercial activated carbon that had an iodine number of 1694.77.

Key words : activated carbon, tea leaves, carbonization, activation, surface area, pore volume, iodine number

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้จะสำเร็จไม่ได้เลย หากไม่ได้รับคำแนะนำที่ดีจากอาจารย์ผู้ควบคุมโครงการพิเศษ คือ อ.กลั่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ และ ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์ ที่คอยเอาใจใส่ดูแล ติดตามตรวจสอบ ตลอดจนแก้ไขและติชม จนโครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านทั้งสอง และกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ และ ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์ ที่ให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำต่างๆ ตลอดจนช่วยตรวจรายละเอียดต่างๆ ในโครงการพิเศษฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ตะวัน สุขน้อย ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำในการวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุน โดยใช้เครื่อง Autosorp-1 รวมไปถึง คุณสุจิตรา อภิลิทธิเนตร และ คุณณัฐพล กังวาน ไกล รุ่นพี่ปริญญาโท สาขาปิโตรเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ช่วยสอน และให้คำปรึกษาในการใช้เครื่อง Autosorp-1

ขอขอบคุณ คุณวิชุดา ชูเลิศ รุ่นพี่ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำและความรู้ในการผลิตถ่านกัมมันต์ และการหาพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุน

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้ความช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกตลอดช่วงระยะเวลาการทำโครงการพิเศษ

ขอบพระคุณ บริษัท ยูนิ-เพรสซิเดนท จำกัด (ยูนิฟ) ที่ให้ความอนุเคราะห์มอบใบชา ให้ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำโครงการพิเศษครั้งนี้

ขอบคุณเพื่อนๆทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง

สุดท้าย ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยรับฟังปัญหา สนับสนุน และยังคงเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ชวลิต เรืองขจร

ชุตินา กัลยาประสิทธิ์

17 มีนาคม 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ถ่านกัมมันต์	3
2.2 โครงสร้างทางเคมีของถ่านกัมมันต์	4
2.3 การผลิตถ่านกัมมันต์	5
2.4 การไพโรไลซิส	5
2.5 กระบวนการกระตุ้น	6
2.5.1 การกระตุ้นด้วยก๊าซออกซิไดซ์	7
2.5.2 การกระตุ้นด้วยสารคุดน้ำ	9
2.6 การนำถ่านกัมมันต์ไปใช้ประโยชน์	9
2.7 กากชา	10
2.7.1 องค์ประกอบของกากชา	11
2.7.2 การนำกากชาไปใช้ประโยชน์	11
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	15
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี	15
3.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพ	16

ของกระบวนการทำให้เป็นถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.3 การศึกษาผลของระยะเวลาที่มีผลต่อประสิทธิภาพ ของกระบวนการทำให้เป็นถ่าน	16
3.4 การศึกษาอัตราส่วนของสารเคมี และอุณหภูมิ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการกระตุ้น	16
3.5 การวิเคราะห์สมบัติของถ่านกัมมันต์	17
3.5.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับเมทิลีนบลู	17
3.5.2 การหาค่าการดูดซับไอโอดีน	17
3.5.3 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของถ่านกัมมันต์	18
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	20
4.1 ผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้เป็นถ่าน	20
4.2 ผลของระยะเวลาต่อประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้เป็นถ่าน	22
4.3 ผลของอัตราส่วนระหว่างสารละลายซิงค์คลอไรด์ต่อกากใบชา และอุณหภูมิ ต่อประสิทธิภาพของกระบวนการกระตุ้น	23
4.3.1 ความสามารถในการดูดซับเมทิลีนบลู	23
4.3.2 ความสามารถในการดูดซับไอโอดีน	25
4.3.3 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของถ่านกัมมันต์	26
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	30
5.1 สรุปผลการทดลอง	30
5.2 ข้อเสนอแนะ	31
บรรณานุกรม	32
ภาคผนวก	34
ภาคผนวก ก	35
ภาคผนวก ข	37
ภาคผนวก ค	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1 สมบัติทางเคมีของกากชา	11
ตาราง 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของกากชาเทียบกับเนื้อไม้ และถ่านหิน	11
ตาราง 3.1 การแสดงวิธีวิเคราะห์ของถ่านกัมมันต์	18
ตารางที่ 4.1 ค่าการดูดซับเมทธิลีนบลูของถ่านกัมมันต์ชนิดต่างๆ	24
ตารางที่ 4.2 ค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า และถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยสารละลายซิงค์คลอไรด์ อัตราส่วนต่อกากใบชา 3:1 ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส	25
ตารางที่ 4.3 พื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนของถ่านกัมมันต์ชนิดต่างๆ	26
ตารางที่ ข-1 คุณสมบัติทางเคมีของคาร์บอนกัมมันต์ผง	38
ตารางที่ ค-1 ปริมาณความชื้นของกากใบชาที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน	40
ตารางที่ ค-2 ปริมาณเถ้าของกากใบชาที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน	41
ตารางที่ ค-3 ปริมาณสารระเหยของกากใบชาที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน	42
ตารางที่ ค-4 ปริมาณคาร์บอนคงตัวของกากใบชาที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน	43
ตารางที่ ค-5 ผลผลิตที่ของถ่านได้จากกระบวนการทำให้เป็นถ่าน ณ ระยะเวลาต่างๆ	44
ตารางที่ ค-6 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเมทธิลีนบลู	44
ตารางที่ ค-7 ปริมาณเมทธิลีนบลูที่ถูกดูดซับบนถ่านกัมมันต์	45
ตารางที่ ค-8 ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไทโอซัลเฟต ในการหาค่าไอโอดีนนัมเบอร์	46
ตารางที่ ค-9 การหาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า	47
ตารางที่ ค-10 การหาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ชนิดที่ดูดซับดีที่สุด	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะอนุภาคของถ่านกัมมันต์	3
รูปที่ 4.1 ปริมาณคาร์บอนคงตัวเฉลี่ยในกากไบชาที่ผ่านการเผาแบบอับอากาศ ณ อุณหภูมิต่างกัน	21
รูปที่ 4.2 ปริมาณสารระเหยเฉลี่ยในกากไบชาที่ผ่านกระบวนการเผาแบบอับอากาศ ณ อุณหภูมิต่างกัน	21
รูปที่ 4.3 ร้อยละของผลผลิตที่ได้ในการเผากากไบชาแบบอับอากาศที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ณ เวลาต่างกัน	22
รูปที่ 4.4 ลักษณะพื้นผิวของกากไบชาที่ผ่านกระบวนการทำเป็นถ่าน	27
รูปที่ 4.5 ลักษณะพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ อัตราส่วนต่อกากไบชา 3:1 ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส	27
รูปที่ 4.6 ลักษณะพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า	28
รูปที่ ค-1 ปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า	48
รูปที่ ค-2 ปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับบนถ่านกัมมันต์ชนิดที่ดูดซับดีที่สุด	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ

ปัจจุบันคนไทยเริ่มหันมาสนใจดูแลสุขภาพมากขึ้น การดื่มชา นับว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการดูแลสุขภาพที่กำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องดื่มประเภทชาจึงขยายตัวขึ้น ส่งผลให้มีกาบไซชาเหลือทิ้งจากระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก การจัดการกับกาบไซชาที่เหลือใช้นั้นสามารถทำได้โดย การนำไปทิ้ง การฝังกลบ หรือ การเผา ซึ่งวิธีการเหล่านี้ อาจก่อให้เกิดปัญหาตามมาได้ แม้ว่ากาบไซชาจะเป็นของเสียจากการผลิต แต่ก็นับว่าเป็นวัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่เป็นจำนวนมากเพียงพอที่จะนำกาบไซชานั้นมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้ ซึ่งนอกจากจะสามารถลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นแล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่กาบไซชาที่เหลือใช้อีกด้วย

ถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมอย่างมากในการนำมาเป็นตัวดูดซับ กระบวนการดูดซับเป็นกระบวนการที่นิยมอย่างแพร่หลายในการบำบัดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม เช่น การดูดซับโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินหรือน้ำ การดูดซับไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เป็นอันตราย หรือใช้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น กระบวนการดูดซับสามารถทำได้ง่ายและใช้ต้นทุนต่ำ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกาเลือกชนิดของตัวดูดซับด้วย เพราะตัวดูดซับแต่ละชนิดมีราคาที่แตกต่างกันขึ้นกับวัตถุดิบที่นำมาผลิต ซึ่งวัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์มีมากมาย โดยทั่วไปแล้ว การเลือกวัตถุดิบที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์นั้นจะต้องเลือกวัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูงและมีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำ ยกตัวอย่างเช่น ไม้ ลิกไนต์ และพีท เป็นต้น แต่ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้าส่วนมากมักจะมีราคาแพง ในปัจจุบันจึงมีการให้ความสนใจที่จะนำเอาวัตถุดิบที่เหลือใช้จากภาคเกษตรกรรมมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ ซึ่งวัตถุดิบประเภทนี้ส่วนใหญ่แล้วจะมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง ข้อดีในการนำเอาวัตถุดิบทางการเกษตรมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ คือ วัตถุดิบที่หาได้ง่ายและมีราคาถูก เพราะวัตถุดิบที่เหลือใช้เหล่านี้จะไม่มีมูลค่าในภาคอุตสาหกรรม

การผลิตถ่านกัมมันต์มี 2 ขั้นตอน คือ กระบวนการทำให้เป็นถ่าน และ กระบวนการกระตุ้น สำหรับกระบวนการทำให้เป็นถ่านนั้นสามารถทำได้โดยการเผาในที่อับอากาศ จากนั้นจึงนำเอาถ่านที่ได้จากการเผาไปผ่านกระบวนการกระตุ้น ซึ่งกระบวนการกระตุ้นสามารถทำได้ทั้งวิธีการกระตุ้นทางกายภาพ หรือการกระตุ้นด้วยทางเคมี ซึ่งการเลือกวิธีการกระตุ้นนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการนำเอาถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ ในการนำกากใบชาที่เหลือใช้มาผลิตเป็น ถ่านกัมมันต์ รวมไปถึงการทดสอบและเปรียบเทียบการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากกากใบ ชา กับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า เพื่อเป็นแนวทางในการลดปริมาณของเสียที่อาจก่อให้เกิดปัญหา มลพิษ และสามารถนำเอาถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มาใช้เป็นตัวดูดซับเพื่อใช้ในการบำบัดมลพิษทาง สิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากกากใบชา
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตถ่านกัมมันต์
3. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้
4. เพื่อเปรียบเทียบสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้กับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการทำให้เป็นถ่าน โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ อุณหภูมิ และระยะเวลา และทำการวิเคราะห์สมบัติของถ่านที่ได้จากกระบวนการทำให้เป็นถ่าน
2. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ได้ โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ สัดส่วน ของสารเคมีด่างกากใบชา และอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการกระตุ้น และทำการวิเคราะห์ สมบัติของถ่านที่ได้
3. การวิเคราะห์สมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ โดยมีสมบัติที่ทำการวิเคราะห์ คือ
 - 3.1 ค่าการดูดซับเมทิลีนบลู โดยนำถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ทุกชนิดมาทดสอบการดูดซับ สารละลายเมทิลีนบลู
 - 3.2 ค่าการดูดซับไอโอดีน โดยนำถ่านกัมมันต์ชนิดที่ดูดซับดีที่สุด มาทดสอบการดูดซับ ไอโอดีนเพื่อเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ทางการค้า
 - 3.3 สมบัติทางกายภาพของถ่านกัมมันต์ ได้แก่ พื้นที่ผิว และปริมาตรรูพรุน โดยวิเคราะห์ จากถ่านกัมมันต์ชนิดที่ดูดซับได้ดีที่สุด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบความเป็นไปได้ในการนำกากใบชามาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์
2. ทราบปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตถ่านกัมมันต์จากกากใบชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เป็นแนวทางในการลดปริมาณของเสียที่อาจก่อให้เกิดปัญหามลพิษได้
4. สามารถนำถ่านกัมมันต์จากกากใบชาไปใช้ในการบำบัดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 ถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์เป็นคาร์บอนอสัณฐานชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำวัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักมาผ่านกระบวนการกระตุ้นจนได้ผลิตภัณฑ์สีดำ มีโครงสร้างที่มีรูพรุนและมีพื้นที่ผิวสูง มีคุณสมบัติในการดูดซับสารต่าง ๆ ได้ดี ลักษณะอนุภาคและพื้นที่ผิวภายในของถ่านกัมมันต์แสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะอนุภาคของถ่านกัมมันต์

การแบ่งประเภทของถ่านกัมมันต์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532) คือ

1. ชนิดผง (Powder) คือ ถ่านกัมมันต์ที่มีขนาดเล็กกว่า 297 ไมครอน โดยถ่านกัมมันต์ประเภทนี้นิยมใช้ในการดูดซับในสารละลาย โดยบดถ่านที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่านและกระบวนการกระตุ้นให้มีขนาดเล็กลง

2. ชนิดเม็ด (Granular) คือ ถ่านกัมมันต์ที่มีขนาดใหญ่กว่า 297 ไมครอน โดยถ่านกัมมันต์ชนิดนี้นิยมใช้ในการดูดซับก๊าซหรือสารระเหยต่าง ๆ

นอกจากนี้ยังมีการจำแนกประเภทของถ่านกัมมันต์ได้จากขนาดของรูพรุน (Tamon, 2001) ตามหลักเกณฑ์ของ International Union of Pure Applied Chemistry (IUPAC) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3

ประเภทคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. รูพรุนขนาดเล็ก (Micropore) มีรัศมีรูพรุนน้อยกว่า 2 นาโนเมตร
2. รูพรุนขนาดกลาง (Mesopore) มีรัศมีรูพรุนตั้งแต่ 2.5 นาโนเมตร ถึง 50 นาโนเมตร
3. รูพรุนขนาดใหญ่ (Macropore) มีรัศมีรูพรุนมากกว่า 50 นาโนเมตร

2.2 โครงสร้างทางเคมีของถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์มีโครงสร้างคล้ายผลึกแกรไฟต์ กล่าวคือ อะตอมคาร์บอนจะวางตัวเป็นชั้น ๆ ซึ่งแต่ละชั้นจะห่างกันประมาณ 0.335 นาโนเมตร แรงยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นเป็นแรงแวนเดอร์วาล์ว ซึ่งเป็นแรงที่ไม่แข็งแรงนัก แต่ละชั้นจะประกอบไปด้วยกลุ่มอะตอมคาร์บอนที่มีโครงสร้างคล้ายรูปหกเหลี่ยม อะตอมคาร์บอนแต่ละตัวจะใช้ซิกมาออร์บิทัลสร้างพันธะเดียวกับอะตอมข้างเคียงตัวอื่น 3 อะตอม ความยาวระหว่างอะตอมภายในชั้นประมาณ 0.144 นาโนเมตร อะตอมที่เหลืออยู่อีกหนึ่งตัวเป็นไพอออร์บิทัลที่ใช้ในการสร้างพันธะที่ไม่อิ่มตัว คือพันธะคู่ (Double bond) แต่โดยทั่วไปถ่านหรือถ่านกัมมันต์จะมีออร์บิทัลไม่ครบคู่ อะตอมคาร์บอนบางตัวจึงต้องรับออร์บิทัลดังกล่าวไว้ ทำให้มีความหนาแน่นของประจุสูง อะตอมดังกล่าวจะปล่อยให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปยังอะตอมข้างเคียงได้ (Resonance) เพื่อลดความหนาแน่นของประจุและทำให้โครงสร้างเสถียรยิ่งขึ้น

กระบวนการกระตุ้นจะช่วยให้การเกาะตัวกันของอะตอมคาร์บอนกับอะตอมอื่นกลายเป็นพันธะทางเคมีที่แข็งแรงขึ้นซึ่งมักเกิดกับอะตอมที่อยู่ตามวงขอบหกเหลี่ยม ถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับแบบเคมีกับออกซิเจนได้และกลายเป็นออกไซด์เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถสร้างพันธะแข็งแรงกับอะตอมไฮโดรเจนซึ่งจะไม่หลุดออกแม้จะใช้อุณหภูมิสูงถึง 1,000 องศาเซลเซียส รวมทั้งสามารถดึงอะตอมไนโตรเจนออกจากโมเลกุลแอมโมเนีย ดึงอะตอมซัลเฟอร์ออกจากโมเลกุลไฮโดรเจนซัลไฟด์ และดึงอะตอมกลุ่มฮาโลเจน ออกจากโมเลกุลฮาโลเจนที่อยู่ในสภาพก๊าซหรือของเหลว เกิดเป็นหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ บนผิวของถ่านกัมมันต์ที่สำคัญคือ ผิวที่เกิดจากอะตอมคาร์บอนและออกซิเจนนี้ จะทำให้ผิวของถ่านกัมมันต์มีสมบัติความชอบน้ำ (Hydrophilicity) และมีความเป็นกรด (Acidity) หมู่ฟังก์ชันที่ผิวของถ่านกัมมันต์ที่เกิดจากอะตอมของคาร์บอนและออกซิเจนมีดังนี้

1. หมู่คาร์บอกซิลิกที่แรง (strong carboxylic groups)
2. หมู่คาร์บอกซิลิกที่อ่อน (weak carboxylic groups)
3. หมู่ฟีนอลิก (phenolic groups)
4. หมู่คาร์บอนิล (carbonyl groups)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การผลิตถ่านกัมมันต์

กระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์มีขั้นตอนสำคัญ 2 ขั้นตอน คือ กระบวนการทำให้เป็นถ่าน (Carbonization) และกระบวนการกระตุ้น (Activation)

การทำให้เป็นถ่าน (Carbonization) เป็นการเผาวัตถุดิบในที่อับอากาศหรือเรียกว่ากระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) โดยใช้ความร้อนไล่ความชื้นและสารต่าง ๆ ออกจากวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของแข็ง เรียกว่า ถ่านชาร์ (Char) ส่วนที่หลุดออกมา คือ ก๊าซและน้ำมันทาร์ (Tar) กระบวนการนี้เป็นการเพิ่มร้อยละของคาร์บอนให้สูงขึ้น ถ่านชาร์ที่ได้จากกระบวนการเผาแบบอับอากาศ จะถูกนำไปกระตุ้นต่อไปด้วยวิธีทางกายภาพหรือวิธีทางเคมี ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการนำถ่านกัมมันต์ไปใช้งาน

2.4 กระบวนการไพโรไลซิส

การไพโรไลซิส เป็นกระบวนการการสลายสารอินทรีย์ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูงในที่อับอากาศ เป็นกระบวนการทางเคมีที่ผันกลับไม่ได้ กระบวนการไพโรไลซิสของชีวมวลโดยทั่วไปเป็นปฏิกิริยาคูดความร้อน เกิดที่อุณหภูมิระหว่าง 200-600 องศาเซลเซียส โดยที่องค์ประกอบย่อยต่างๆ จะถูกปลดปล่อยออกมาในสถานะก๊าซ

การไพโรไลซิสวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก เป็นปฏิกิริยาการสลายตัวทางความร้อนที่ไม่สมบูรณ์ จะได้ผลิตภัณฑ์ของถ่านคาร์บอน ของเหลวที่กลั่นออกมา และก๊าซต่างๆ การไพโรไลซิสในที่อับอากาศที่ได้คาร์บอนเป็นผลิตภัณฑ์หลัก เรียกว่า คาร์บอนในเซชัน

ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการไพโรไลซิส

1. องค์ประกอบของชีวมวล

มีผลโดยตรงต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส โดยทั่วไปแล้วสารชีวมวลจะให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารระเหยประมาณร้อยละ 60-70 โดยน้ำหนัก

2. อุณหภูมิ

เป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อกระบวนการไพโรไลซิส โดยจะทำให้ส่วนประกอบของคาร์บอนและปริมาณสารระเหยเปลี่ยนแปลงไป อุณหภูมิในการไพโรไลซิสชีวมวล แบ่งออกเป็น 3 ช่วง ช่วงแรกเป็นช่วงตั้งแต่อุณหภูมิห้องถึงประมาณ 135 องศาเซลเซียส ช่วงนี้ปริมาณสารระเหยยังมีไม่มาก และสารส่วนใหญ่ที่ระเหยออกมาจะเป็นความชื้น ช่วงนี้ปริมาณสารระเหยยังมีไม่มาก และสารส่วนใหญ่ที่ระเหยออกมาจะเป็นความชื้นที่มีอยู่ในวัสดุ ช่วงที่สองเป็นช่วงอุณหภูมิระหว่าง 135-400 องศาเซลเซียส ในช่วงนี้สารระเหยจะถูกปล่อยออกมาค่อนข้างมาก ช่วงที่สามคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงอุณหภูมิมากกว่า 400 องศา เซลเซียส จะเป็นช่วงที่มีการผลิตคาร์บอนจะเป็นช่วงที่มีการผลิตคาร์บอน

3. อัตราการให้ความร้อน

สารชีวมวลที่มีอัตราการให้ความร้อนต่ำ เช่น ถ่าน และน้ำมันดิน ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ก๊าซต่างๆ เมื่อเพิ่มอัตราการให้ความร้อนร้อยละผลผลิตของคาร์บอนที่ได้จะลดลง แต่จะเกิดพวกก๊าซมากขึ้น และในเวลาที่เท่ากัน เมื่อใช้อัตราการให้ความร้อนต่ำๆ จะทำให้เกิดคาร์บอนมากขึ้น

4. สภาวะบรรยากาศ

กระบวนการไพโรไลซิส เป็นกระบวนการดูดความร้อน ซึ่งการให้ความร้อนมี 2 วิธี คือ ทางตรง โดยการเผาไหม้บางส่วน หรือการเติมเชื้อเพลิงต่างๆเข้าไปในกระบวนการ และ วิธีทางอ้อม โดยการแยกส่วนเผาไหม้และส่วนไพโรไลซิสออกจากกัน และใช้ตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อส่งผ่านความร้อนซึ่งกันและกัน วิธีทางตรงมักใช้ออกซิเจน หรืออากาศเติมเข้าไปยังเครื่องปฏิกรณ์ แม้ว่าออกซิเจนมีราคาแพง แต่จะช่วยในการหลีกเลี่ยงปัญหาการก่อตัวออกไซด์ของไนโตรเจน ซึ่งเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

5. ขนาดของวัสดุ

ขนาดของวัสดุจะมีผลต่อกระบวนการไพโรไลซิส โดยวัสดุที่มีขนาดเล็กจะทำให้มีพื้นที่ผิวมากกว่าการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะเกิดได้เร็ว ในกรณีที่วัสดุมีขนาดใหญ่ การให้ความร้อนจะช้าทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าวัสดุที่มีขนาดเล็ก การกระจายอุณหภูมิจะไม่สม่ำเสมอทำให้การสลายสารอินทรีย์ไม่สม่ำเสมอ และปริมาณสารระเหยจะได้น้อยกว่า

2.5 กระบวนการกระตุ้น

ถ่านชาร์ที่ได้จากกระบวนการทำให้เป็นถ่านส่วนใหญ่จะมีสมบัติในการดูดซับไม่ดี จึงจำเป็นต้องมีการกระตุ้น เพื่อทำให้ถ่านชาร์นั้นกลายเป็นถ่านกัมมันต์และมีความสามารถในการดูดซับได้ดียิ่งขึ้น

กระบวนการกระตุ้นมีความสำคัญต่อคุณสมบัติ และคุณภาพของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ เพราะการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ผิวและขนาดของรูพรุน เมื่อถ่านกัมมันต์มีรูพรุนเพิ่มมากขึ้นจะทำให้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านกัมมันต์ดีขึ้น ประสิทธิภาพของการกระตุ้นขึ้นกับลักษณะ และชนิดของวัสดุดิบ กระบวนการกระตุ้นแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

1. การกระตุ้นทางกายภาพ โดยใช้ก๊าซออกซิไดซ์ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจน ไอน้ำยิ่งยวด ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การกระตุ้นทางเคมี โดยการใส่สารดูดน้ำ (Dehydrating agent) สารประกอบของโพแทสเซียม กรดฟอสฟอริก ฯลฯ

ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะการกระตุ้นด้วยก๊าซออกซิไดซ์และการกระตุ้นด้วยสารดูดน้ำเท่านั้น เนื่องจากเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและเป็นการเพิ่มรูพรุนได้มากกว่าวิธีอื่น ๆ (Girgis, et al. 2002)

2.5.1 การกระตุ้นด้วยก๊าซออกซิไดซ์

ก๊าซหรือไอน้ำที่นิยมใช้ ได้แก่ ก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำยิ่งยวดหรือก๊าซคลอรีน (พงษ์ชัย และคณะ. 2544) โดยปัจจัยที่มีผลต่อการกระตุ้นมีดังนี้

1. คุณสมบัติทางเคมี และความเข้มข้นของก๊าซออกซิไดซ์ที่ได้

2. อุณหภูมิขณะเกิดปฏิกิริยา

3. ระยะเวลาของปฏิกิริยา

4. ชนิดและปริมาณขององค์ประกอบ เช่น ปริมาณของคาร์บอน สารระเหยในวัตถุดิบที่ใช้ อุณหภูมิที่ใช้สามารถกำหนดแน่นอนได้ แต่ส่วนใหญ่ไม่เกิน 1,000 องศาเซลเซียส เพราะหากใช้อุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้ความสามารถในการดูดซับของถ่านลัมมันต์ลดลง จึงนิยมใช้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 800 – 900 องศาเซลเซียส บางกรณีอาจใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 600 องศาเซลเซียส

สำหรับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะยกตัวอย่างกรณีการใช้ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซออกซิไดซ์ ที่อุณหภูมิ 800 – 900 องศาเซลเซียส มีปฏิกิริยาดังนี้



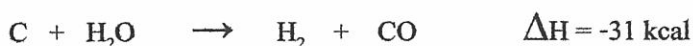
ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 600 องศาเซลเซียส มีปฏิกิริยาดังนี้



การกระตุ้นด้วยก๊าซออกซิไดซ์มี 2 วิธี คือ

1. ทางตรง หมายถึง การใช้ก๊าซเหล่านี้ผ่านเข้าไปในวัตถุดิบโดยตรง ที่ใช้มากที่สุด คือ ไอน้ำ หรืออาจใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนี้

- การกระตุ้นด้วยไอน้ำ ในที่นี้ไอน้ำ หมายถึง ไอน้ำยิ่งยวด (Superheated Steam) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นแบบดูดความร้อน ดังสมการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะหลุดออกไป ทำให้เกิด
 รุพุน แต่ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ส่วนหนึ่งจะทำปฏิกิริยากันและให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และ
 คาร์บอน



การกระตุ้นด้วยไอน้ำมีข้อดีคือ ราคาถูก และไม่ทำให้มีสารเคมีตกค้าง แต่อุณหภูมิต้องสูง
 พอที่จะทำให้อัตราการออกซิไดซ์เกิดอย่างรวดเร็ว ถ้าใช้อุณหภูมิสูงเกินกว่า 1,000 องศาเซลเซียส
 ความสามารถในการดูดซับก็จะลดลง แต่จากการศึกษาพบว่าความสามารถในการดูดซับไอโอดีน
 และฟีนอล สามารถพัฒนาให้เพิ่มขึ้นได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิ แต่การดูดซับพวกกากน้ำตาล การเพิ่ม
 อุณหภูมิจะมีผลต่อการดูดซับไม่มากนัก (พงษ์ชัยและคณะ.2544)

อุปกรณ์สำคัญในการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์โดยกระตุ้นด้วยไอน้ำ คือ เตาเผาแบบหมุน
 (Rotary kiln) ซึ่งเป็นเตาเผาที่นิยมใช้กัน ในปัจจุบัน เตาแบบนี้มีส่วนสำคัญอยู่ 3 ส่วน คือ

1. แหล่งกำเนิดไอน้ำ เป็นส่วนที่เปลี่ยนน้ำที่เป็นของเหลวให้กลายเป็นไอน้ำ
2. ตัวเครื่อง ซึ่งประกอบด้วย ท่อบรรจุคาร์บอน มอเตอร์ ที่วัดอุณหภูมิ และเครื่องควบแน่น
3. แหล่งให้ความร้อน เพื่อให้ไอน้ำที่ผ่านเข้ามาในตัวเครื่องกลายเป็นไอน้ำยิ่งยวด

- การกระตุ้นด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิที่ใช้อยู่ในช่วง 800-900 องศาเซลเซียส
 วัตถุดิบที่ใช้ควรถูกเผาเป็นคาร์บอนเสียก่อน ส่วนวิธีการสังเคราะห์นั้นคล้ายกับการกระตุ้นด้วยไ
 น้ำ



2. ทางอ้อม หมายถึง การใช้สารเคมีชนิดใดชนิดหนึ่ง ซึ่งเมื่อถูกเผาที่อุณหภูมิประมาณ 800-
 1,000 องศาเซลเซียส จะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น การกระตุ้นด้วยสารโดโลไมต์ หรือ สาร
 ซัลเฟต

- การกระตุ้นด้วยสารโดโลไมต์

เป็นการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากถ่านหินลิกไนต์โดยทำโดโลไมต์ ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) ให้แห้ง
 แล้วนำไปเผาในที่อับอากาศที่อุณหภูมิ 600 – 900 องศาเซลเซียส ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ออก
 จากการเผาโดโลไมต์จะกระตุ้นถ่านหินลิกไนต์จากนั้นแยกเอาแคลเซียมออกไซด์และแมกนีเซียม
 ออกไซด์ออกจากถ่านกัมมันต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การกระตุ้นด้วยสารคูดน้ำ

สารคูดน้ำที่ใช้ส่วนมากเป็นเกลือโลหะคอลลอยด์ เช่น แคลเซียมคอลลอยด์ แมกนีเซียมคอลลอยด์ ซิงค์คอลลอยด์ นอกจากนี้ ยังพบว่ามีการใช้กรดฟอสฟอริก และกรดซัลฟิวริก นิยมใช้กับวัตถุดิบที่มีโครงสร้างละเอียด เช่น คาร์บอนดินพรุ เปลือกถั่ว และขี้เถ้า

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (ประมาณ 500 องศาเซลเซียส สำหรับซิงค์คอลลอยด์ และ 1,000 องศาเซลเซียส สำหรับกรดฟอสฟอริก) โมเลกุลของน้ำจะหลุดออกจากเซลล์และลิกนินซึ่งเป็นส่วนประกอบอยู่ในวัตถุดิบ ถ้าการกระตุ้นโดยซิงค์คอลลอยด์ใช้อุณหภูมิไม่สูงนักจะทำให้อนุภาคคาร์บอนไม่สามารถรวมตัวเป็นผลึกขนาดใหญ่ขึ้นได้

- การกระตุ้น โดยใช้ซิงค์คอลลอยด์

ซิงค์คอลลอยด์เป็นสารเคมีที่มีความสามารถในการกัดกร่อนโลหะได้ดี มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 136.28 กรัม/โมล เป็นของแข็งสีขาว ความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.91 จุดหลอมเหลวเท่ากับ 275 องศาเซลเซียส จุดเดือด 756 องศาเซลเซียส

ซิงค์คอลลอยด์ที่อยู่ในรูปของสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง อัตราส่วนที่ใช้คือสารละลายซิงค์คอลลอยด์เข้มข้นประมาณ 0.5-4 ส่วนต่อน้ำหนักของวัตถุดิบแห้ง 1 ส่วน บางครั้งอาจมีการเติมกรดไฮโดรคลอริก หรือ กรดฟอสฟอริก ลงไปเล็กน้อย หลังจากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิประมาณ 600-700 องศาเซลเซียส (พงษ์ชัย และคณะ. 2544)

ถ่านกัมมันต์ที่ได้จำเป็นต้องนำไปล้างด้วยน้ำกลั่น และกรดไฮโดรคลอริกเจือจางเพื่อเอาซิงค์คอลลอยด์ที่เหลือและสาร Basic Zinc Chlorides ที่เกิดในปฏิกิริยาออกไป ซิงค์คอลลอยด์ที่ใช้แล้วสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก จากการศึกษาพบว่าเมื่อปริมาณซิงค์คอลลอยด์เพิ่มขึ้นจะช่วยเพิ่มคุณภาพของถ่านกัมมันต์ให้ดีขึ้น โดยการทำให้มีปริมาณรูพรุนเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากซิงค์คอลลอยด์จะถูกดูดซับในปริมาณที่มาก

2.6 การนำถ่านกัมมันต์ไปใช้ประโยชน์

ได้มีการแบ่งการใช้ประโยชน์ของถ่านกัมมันต์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ประเภทใช้กับของเหลว (liquid phase carbon) ใช้ในสารละลายหรือในของเหลว ได้แก่

-ใช้ฟอกสี และทำให้น้ำตาลดิบบริสุทธิ์ขึ้น ในอุตสาหกรรมน้ำตาล

-ใช้ในการฟอกสี แยกสบู่ และเปอร้อออกไซด์ออกจากไขมัน และน้ำมัน ในอุตสาหกรรมน้ำ

มันและไขมันสำหรับการบริโภค

-ใช้ดูดกลิ่นสี และแยกสิ่งเจือปนในอุตสาหกรรมอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ใช้ถ่านกัมมันต์ดูดกลิ่นที่ไม่ต้องการ ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เช่น ไวน์, วิสกี้ ฯลฯ

-ใช้กำจัดสิ่งปนเปื้อน ช่วยในการผลิตยาปฏิชีวนะ วิตามิน และฮอร์โมนบางชนิด ในอุตสาหกรรมเคมีและยา

-ใช้กำจัดสี และกลิ่น ในอุตสาหกรรมทำน้ำให้บริสุทธิ์

-ใช้แยกโลหะออกจากสารละลายที่ต้องการ เช่น การแยกทองหลังการสกัดแร่ด้วยวิธีไซยาไนด์ เป็นต้น

-ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หรือเป็นตัวพาสารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst carrier) เช่น เป็นตัวพาสารเร่งปฏิกิริยาสำหรับปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชัน (Hydrogenation)

-ใช้ในทางการแพทย์ เช่น ให้ยาถูกดูดซับบนถ่านกัมมันต์ ยาจะค่อยๆ ออกฤทธิ์โดยมีความเข้มข้นสม่ำเสมอ ตัวอย่างคือ Hydroxyl aminophenylarsonic acid สำหรับรักษาโรคที่เกิดจากการติดเชื้ออะมีบา และพาราไซต์ และยังใช้ในการดูดสารพิษจากที่ได้รับยาเกินขนาด หรือกินยาพิษ นอกจากนี้ยังใช้ในการรักษาอาการมีแก๊สมากในกระเพาะอีกด้วย

2. ประเภทที่ใช้ในการดูดก๊าซและไอ (gas phase carbon)

-ใช้ทำหน้าฉากป้องกันก๊าซพิษ ทั้งที่ใช้ในกิจการทหารและที่ใช้กันทั่วไป ทั้งนี้เพราะถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับก๊าซพิษ และไอระเหยของสารอินทรีย์ได้

-ใช้แยกก๊าซโซลีนออกจากก๊าซธรรมชาติ

-ใช้แยกเบนซอล (Benzol) ออกจากก๊าซอุตสาหกรรม

-ใช้แยกไอระเหยของตัวทำละลายที่ใช้แล้ว เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ โดยถ่านกัมมันต์จะดูดซับไอระเหยเหล่านั้นที่อุณหภูมิห้อง ความดันบรรยากาศ และจะคายออกที่ความดันไอล่ำๆ

-ใช้ถ่านกัมมันต์ดูดสารปนเปื้อนออกจากอากาศ ในอุตสาหกรรมปรับอากาศและแยกก๊าซ

-ใช้กำจัดสารประกอบออร์แกนิกซัลเฟอร์ (Organic sulfur) เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และสิ่งเจือปนอื่นๆ จากโรงงานอุตสาหกรรม

-ใช้ดูดซับกัมมันตภาพรังสีออกจากปฏิกิริยานิวเคลียร์สำหรับหน่วยปฏิกิริยาให้การสลายตัวเกิดขึ้นสมบูรณ์ ขณะที่ยังถูกจับไว้ในชั้นของถ่านกัมมันต์ (Activated carbon)

-ใช้ทำกันกรองนุหรี

2.7 กากชา

กากชา คือ ใบชาที่นำไปชงดื่มแล้ว ในกากชาจะมีส่วนประกอบของใบชามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 56 รองลงมา คือ ผงชา ซึ่งเป็นส่วนของกากชาที่ไม่สามารถจำแนกส่วนประกอบได้ ร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

29 และยังมีส่วนประกอบที่เรียกว่า ดาซา และก้านชา ร้อยละ 9 และ 6 ตามลำดับ โดยส่วนประกอบของกากชาส่วนใหญ่จะมีขนาดประมาณ 1-2 มิลลิเมตร ส่วนผงชาจะมีขนาดต่างๆกันยกเว้นในช่วง 0.5-0.6 มิลลิเมตร สมบัติทางเคมีของกากชาแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สมบัติทางเคมีของกากชา

สมบัติของกากชา	ปริมาณ
ความชื้น (ร้อยละ)	8.57 ± 0.67
เถ้า (ร้อยละ)	7.10 ± 0.20
สารระเหย (ร้อยละ)	75.43 ± 0.35
คาร์บอนคงตัว (ร้อยละ)	8.90 ± 1.01
ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	4.390

ที่มา : วนิดา (2548)

2.7.1 องค์ประกอบของกากชา

องค์ประกอบของกากชาที่ทำการวิเคราะห์โดยเครื่อง Electron Dispersive Spectrometer (EDS) แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของกากชา

องค์ประกอบทางเคมี	กากชา	เนื้อไม้	ถ่านหิน
คาร์บอน (C)	66.30 ± 3.21	50 -55	75.50
ออกซิเจน (O)	27.70 ± 3.00	40 - 45	4.90
ไนโตรเจน (N)	4.94 ± 0.89	1	5.00
ซัลเฟอร์ (S)	0.07 ± 0.06	-	2.90
แมกนีเซียม (Mg)	0.25 ± 0.17	-	
ซิลิกอน (Si)	0.11 ± 0.08	-	
โพแทสเซียม (K)	0.63 ± 0.57	-	

ที่มา : วนิดา (2548)

จากข้อมูลในตารางที่ 2.2 จะเห็นว่าปริมาณคาร์บอนในกากชามีสูงถึงร้อยละ 66.30 ± 3.21 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณคาร์บอนในเนื้อไม้และถ่านหิน พบว่า ถ่านหินจะมีปริมาณคาร์บอน

สูงสุด รองลงมา คือ กากชา และเนื้อไม้ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม้และถ่านหิน นับว่าเป็นวัสดุที่นิยมนำมาทำเป็นถ่านกัมมันต์ แต่เนื่องจากการนำไม้มาเป็นวัตถุดิบนั้นอาจเป็นการทำลายทรัพยากรธรรมชาติ และถ่านหินมีราคาแพง กากชาจึงเป็นวัตถุดิบที่มีความน่าสนใจ ที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้ เพราะกากชามีปริมาณคาร์บอนอยู่สูง เช่นเดียวกับไม้และถ่านหิน

2.7.2 การนำกากชาไปใช้ประโยชน์

1. การทำหมอนสำหรับเด็กทารก

หมอนใบเล็ก ๆ สำหรับเด็กทารก ปัจจุบันนี้มักจะยัดด้วยนุ่น หรือวัสดุสังเคราะห์อื่น ๆ เวลานอน เด็กจะร้อนและเหงื่อออกที่หนังศีรษะ หมอนจะมีกลิ่นอับชื้น ทำให้เด็กนอนไม่สบาย สมัยก่อน คนจีนจะใช้กากชาที่ตากแห้งสนิทยัดหมอนแทนการใช้นุ่น กากชาจะช่วยดูดความชื้นจากเหงื่อ ป้องกันไม่ให้เกิดโรคผื่นหนังบนหนังศีรษะ ขณะเดียวกัน กลิ่นหอมของกากชาจะทำให้เด็กนอนหลับสบาย

2. ดับกลิ่นตู้เสื้อผ้า

เปิดประตูตู้เสื้อผ้าทิ้งไว้แล้วนำเอากากชาที่แห้งสนิทไปโรยไว้ในตู้เสื้อผ้า จะช่วยดูดกลิ่นที่ไม่พึงปรารถนาออกอย่างรวดเร็ว

3. ดับกลิ่นในตู้เย็น

ให้เอากากชาที่แห้งสนิทใส่ไว้ในถุงผ้าขาวบางหรือไว้ในขาม แล้วนำไปวางไว้ในตู้เย็น กากชาที่แห้งสนิทมีความสามารถดูดกลิ่น ไม่แพ้ น้ำยาดับกลิ่นที่มีขายตามท้องตลาด เมื่อกากชาเริ่มชื้นแล้วจึงนำมาเปลี่ยนใหม่

4. ดับกลิ่นในตู้อบไมโครเวฟ

นำกากชาใส่ลงไปในถ้วยแก้ว แล้วเติมน้ำลงไป ตั้งความร้อนสูงสุด ต้มนานประมาณ 1-2 นาที จนกระทั่งน้ำเดือด ทิ้งไว้ในตู้อบไมโครเวฟสักครู่ ให้นำกระดาษทิชชูไปทั่วตู้ เสร็จแล้วให้เอาผ้าชุบน้ำหมาดๆ เช็ดทำความสะอาดกลิ่นก็จะหายไป

5. การกำจัดหอยขึ้นกในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (กฤษณา, 2540)

6. การประกอบอาหาร

ในกากชายังอุดมไปด้วยแร่ธาตุ วิตามิน โปรตีนและเส้นใย ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย นำกากชาที่เหลือจากการชงมาอบหรือคั่วให้แห้งเก็บไว้ใช้ประกอบอาหารได้นาน

7. ประโยชน์ของใช้ต่างๆ

กากชายังมีสมบัติในการดูดกลิ่น โดยเฉพาะสารเทอร์พีน (terpene) ที่อยู่ในใบ จึงมีการนำใบชาหรือกากชามาประดิษฐ์เป็นของใช้ในบ้านเรือน เช่น พิ่นรองเท้า, กระจาด ฯลฯ (Kazuyoshi, 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ถ่านอัดแท่ง มีการนำเอากากขามาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง (วนิตา, 2548)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พงษ์ชัย เพชรสังหาร และคณะ (2544) ได้ทำการสังเคราะห์คาร์บอนกัมมันต์จากกากกาแฟ เพื่อใช้ดูดซับฟีนอลและ โทลูอิน พบว่า การเผากากเมล็ดกาแฟแบบอับอากาศ ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เวลา 40 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ในการกระตุ้นทางกายภาพด้วยไอน้ำยิ่งยวด สภาวะที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิการกระตุ้น 900 องศาเซลเซียส และใช้เวลา 1 ชั่วโมง ส่วนการกระตุ้นทางเคมีด้วยสารละลายซิงค์คลอไรด์และสารละลายกรดฟอสฟอริก อัตราส่วน โดยน้ำหนักของคาร์บอนกัมมันต์ต่อสารเคมีที่เหมาะสมคือ 1:2.5 ใช้อุณหภูมิการกระตุ้น 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที จากนั้นนำถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ ไปทดสอบการดูดซับฟีนอลและ โทลูอิน พบว่า คาร์บอนกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก มีความสามารถในการดูดซับฟีนอลมากกว่าคาร์บอนกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยสารละลายซิงค์คลอไรด์ และคาร์บอนกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยสารละลายซิงค์คลอไรด์ สามารถดูดซับ โทลูอิน ได้มากกว่าคาร์บอนกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก

Boonamnuayvittaya, et al. (2005) ทำการผลิตถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟ กระตุ้นทางกายภาพโดยใช้ ก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์และ ไอน้ำยิ่งยวด และกระตุ้นทางเคมี โดยใช้ ซิงค์คลอไรด์ นอกจากนี้ยังมีการกระตุ้นร่วมกันทั้งทางกายภาพและทางเคมี โดยใช้ ซิงค์คลอไรด์ร่วมกับก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ และ ซิงค์คลอไรด์ร่วมกับ ไอน้ำยิ่งยวด จากนั้นจึงเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ กับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า โดยศึกษาการดูดซับไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์ พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่เตรียม ได้จากกากกาแฟโดยใช้ ซิงค์คลอไรด์ในการกระตุ้น จะมีความสามารถในการดูดซับฟอร์มัลดีไฮด์สูงสุด

Girgis, et al. (2002) ได้นำเอาผงเปลือกถั่วลิสงแห้งมาผลิตถ่านกัมมันต์ โดยใช้สารเคมีเป็นตัวกระตุ้น ได้แก่ กรดฟอสฟอริก ซิงค์คลอไรด์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และมีการใช้ไอน้ำกระตุ้น จากนั้นนำถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มาทำการทดสอบการดูดซับเมทิลีนบลู พบว่า เมื่อกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ จะได้ถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนสูงสุดและความสามารถในการดูดซับปานกลาง ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก จะมีพื้นที่ผิวน้อยแต่มีความสามารถในการกำจัดเมทิลีนบลูสูงสุด ในขณะที่ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วย KOH จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lua และ Guo (2001) ได้ผลิตถ่านกัมมันต์จากเมล็ดปาล์มน้ำมัน โดยการเผาแบบอับอากาศที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส แล้วกระตุ้นด้วยก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วทำการทดสอบการดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้สามารถดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับเทียบเท่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า

Bernardo, et al. (2000) ผลิตถ่านกัมมันต์จากขานอ้อยของประเทศไทย และบราซิล โดยเผาด้วยก๊าซไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 300°C และผ่านไอน้ำที่ 800°C ในขามเซรามิกภายในเตาไฟฟ้า จะได้ผลผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ประมาณ 10 - 20% ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีลักษณะเฉพาะคือสามารถดูดซับ melanoidin ได้ จากการทดลอง พบว่า ถ่านกัมมันต์มีความสามารถในการดูดซับสูงเมื่อเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า และมีพื้นที่ผิวมากกว่า 400 ตารางเมตร/กรัม

Hu และ Srinivasan (1998) ทำการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว โดยการเผาแบบอับอากาศและกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่เผาแบบอับอากาศที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส และมีการกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์อัตราส่วนเท่ากับ 0.75 จะมีพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนสูงสุด และจากการทดสอบการดูดซับ พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มีประสิทธิภาพการดูดซับฟีนอลใกล้เคียงกับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1. เตาเผาชนิด Muffle Furnace Model F6010, Thermolyne
2. เตาอบ Model Isotemp Oven ITEM FT 01/125, FISHER SCIENTIFIC
3. เครื่อง Scanning Electron Microscope Model Leo 1455 VP, LEO ELECTRON

MICROSCOPE

4. เครื่อง X-Ray Diffraction Model D8 Advance, BRUKER AXS
5. เครื่อง UV/VIS Spectrometer Model 6405 UV/VIS, JENWAY
6. เครื่องเขย่า Shaker Model Hetoffrig CD60 VS, HETO
7. เครื่อง Autosorb-1, QUANTACHROME
8. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง Model TR 1601, DENVER INSTRUMENT COMPANY
9. เครื่องกรองแบบลดความดัน Model Buchi B-169 Vacuum System, BUCHI
10. เซลล์เคเตอร์
11. ถ้วยเซรามิก
12. ครุฑเปิด
13. กรวยบุงเนอร์
14. กระดาษกรอง เบอร์ 2 (WHATMAN)
15. แท่นให้ความร้อน
16. ถูพลาสติกซีปัส
17. แท่งแม่เหล็ก
18. กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ (CARLO ERBA)
19. เครื่องแก้วสำหรับห้องปฏิบัติการ
20. ชิงค์กลอไรด์ (AR Grade, CARLO ERBA)
21. กรดไฮโดรคลอริก (AR Grade, CARLO ERBA)
22. เมทิลีนบลู (AR Grade, CARLO ERBA)
23. เกล็ดไอโอดีนไอโอดีน (AR Grade, CARLO ERBA)
24. โปแทสเซียมไอโอไดด์ (AR Grade, CARLO ERBA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำหนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

25. โปแทสเซียมไอโอเดต (AR Grade, UNIVAR)
26. โซเดียมไทโอซัลเฟต (AR Grade, UNIVAR)
27. โซเดียมคาร์บอเนต (AR Grade, UNIVAR)
28. น้ำแข็ง
29. ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า (MERCK)
30. กากชาเขียว (บริษัทยูนิ-เพรสซิเคนท์ (ประเทศไทย) จำกัด จ.นครปฐม)

3.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้เป็นถ่าน

1. บรรจุกากใบชาลงในถ้วยเซรามิกที่ผ่านการอบแห้งจนเต็ม แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก
2. นำไปเผาแบบอับอากาศโดยการปิดฝาด้วยเซรามิก ในเตาเผาชนิด Muffle Furnace ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องในเคซิเคเตอร์
3. ชั่งน้ำหนักกากใบชาที่เหลืออยู่ในถ้วยเซรามิก แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น เถ้า สารระเหย และปริมาณคาร์บอนคงตัวของใบชาที่ได้จากกระบวนการทำให้เป็นถ่าน
4. ทำซ้ำตามวิธีการข้างต้น แต่แปรค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาแบบอับอากาศจาก 300 เป็น 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

3.3 การศึกษาผลของระยะเวลาที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้เป็นถ่าน

1. บรรจุกากใบชาลงในถ้วยเซรามิกที่ผ่านการอบแห้งจนเต็ม แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก
2. นำไปเผาแบบอับอากาศในเตาเผาชนิด Muffle Furnace เป็นเวลา 20 นาที ณ อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองในหัวข้อ 3.2 จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องในเคซิเคเตอร์
3. ชั่งน้ำหนักกากใบชาที่เหลืออยู่ในถ้วยเซรามิก คำนวณหาร้อยละของผลผลิตของถ่านที่ได้
4. ทำซ้ำตามวิธีการข้างต้น แต่แปรค่าระยะเวลาเป็น 30, 40, 50 และ 60 นาที

3.4 การศึกษาอัตราส่วนของสารเคมี และอุณหภูมิที่มีผลต่อสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ได้

1. นำกากใบชาที่ได้จากกระบวนการเผาให้เป็ถ่าน ณ อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำไปแช่ในสารละลายซิงค์คลอไรด์ ในอัตราส่วนสารเคมีต่อกากใบชาที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน เท่ากับ 1:1 (w/w)
2. บรรจุกากใบชาที่แช่สารเคมีแล้วลงในในครุชเชิลที่อบแห้งแล้วปิดฝา จากนั้นจึงนำไปเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

107751

3. นำถ่านกัมมันต์ที่ได้มาบด แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น สารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.1 โมลาร์ และน้ำกลั่นร้อน เพื่อกำจัดซิงค์คลอไรด์และคลอไรด์ไอออนที่เหลืออยู่ ทดสอบพีเอชให้มีค่าพีเอชเป็นกลางโดยใช้กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ จากนั้นนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วนำไปเก็บไว้ในเคซิเคเตอร์ ก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์สมบัติของถ่านกัมมันต์ต่อไป

4. ทำการทดลองซ้ำ ตั้งแต่ข้อ 1-3 แต่แปรค่าสัดส่วนของสารเคมีต่อกากไบชาที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน เป็น 2:1 และ 3:1 (w/w) ตามลำดับ

5. ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1-4 แต่แปรค่าอุณหภูมิ เป็น 600 และ 700 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

3.5 การวิเคราะห์สมบัติของถ่านกัมมันต์

3.5.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับเมทิลีนบลู

1. ชั่งถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้มา 250 มิลลิกรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายเมทิลีนบลูเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่
3. นำสารละลายไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า ที่ความเร็วรอบ 160 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
4. นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของเมทิลีนบลูที่เหลืออยู่ในสารละลาย ด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV/VIS Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร
5. ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1-4 แต่เปลี่ยนชนิดของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากกากไบชาเป็นถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า

3.3.2 การหาค่าการดูดซับไอโอดีน

1. นำถ่านกัมมันต์ที่สามารถดูดซับสารละลายเมทิลีนบลูได้ดีที่สุด ไปอบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เก็บไว้ในเคซิเคเตอร์
2. ชั่งถ่านกัมมันต์มา 2 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ปิดสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก จำนวน 10 มิลลิลิตร ใส่ลงไปปิดปากขวดด้วยจุกยาง เขย่าให้ถ่านกัมมันต์เปียกทั่วกันทั้งหมด นำไปวางบนแท่นให้ความร้อนเพื่อไล่สารประกอบซัลเฟอร์ จนเดือดประมาณ 30 วินาที แล้วยกลง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปิเปตสารละลายไอโอดีนเข้มข้น 0.10 นอร์มอล จำนวน 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ ปิดฝาด้วยจุกยางอย่างรวดเร็ว เขย่าแรงๆเป็นเวลา 30 วินาที แล้วกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 2 ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ

4. ปิเปตสารละลายจำนวน 50 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่ จากนั้นนำสารละลายมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไทโอซัลเฟตที่หาความเข้มข้นที่แน่นอนได้เท่ากับ 0.0993 นอร์มอล จนสารละลายเป็นสีเหลืองจาง เดิมน้ำแข็ง 2-3 หยด แล้วไทเทรตต่อจนได้สารละลายใส

5. บันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไทโอซัลเฟต คำนวณหาความเข้มข้นให้อยู่ในช่วง 0.008 – 0.02 นอร์มอล หากไม่อยู่ในช่วงดังกล่าว ให้ทำใหม่ โดยหากความเข้มข้นที่คำนวณได้มากเกินไป ให้เพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์ และถ้าความเข้มข้นน้อยเกินไป ให้ลดปริมาณถ่านกัมมันต์

6. เมื่อได้ค่าความเข้มข้นในช่วงดังกล่าวแล้ว ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยเปลี่ยนน้ำหนักเพื่อให้ได้ค่าความเข้มข้นอีก 2 ค่า ในช่วงดังกล่าว

7. ทำ Blank โดยไม่ใส่ถ่านกัมมันต์

8. นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าการดูดซับไอโอดีน โดยการเขียนกราฟระหว่าง X/M กับ ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนหลังการดูดซับ ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$X/M = (A_1 - (DF)(B_1)(S))/M$$

$$C_1 = (N_1 \times S)/F_1$$

รายละเอียดสัญลักษณ์ และวิธีการคำนวณ อ้างอิงเพิ่มเติมในภาคผนวก ก.

3.5.3 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของถ่านกัมมันต์

นำถ่านกัมมันต์ชนิดที่ดูดซับสารละลายเมทธิลีนบลู ได้ดีที่สุดไปวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุน การวิเคราะห์สมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้แสดงดังตารางที่ 3.1

ตาราง 3.1 การแสดงวิธีวิเคราะห์ของถ่านกัมมันต์

พารามิเตอร์	เครื่องมือ / วิธีการวิเคราะห์	ตัวอย่างที่ทดสอบ
ค่าการดูดซับเมทธิลีนบลู	การดูดซับสารละลายเมทธิลีนบลู (Girgis et al., 2002)	ถ่านกัมมันต์ทุกชนิด
พื้นที่ผิว / ปริมาตรรูพรุน	Autosorb-1/BET Isotherm	ถ่านกัมมันต์ชนิดที่ดูดซับดีที่สุด
ลักษณะพื้นผิว	Scanning Electron Microscope	
ค่าการดูดซับไอโอดีน	การดูดซับสารละลายไอโอดีนตามวิธีมาตรฐาน B600 (AWWA, 1994)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.1 (ต่อ) การแสดงวิธีวิเคราะห์ของถ่านกัมมันต์

พารามิเตอร์	เครื่องมือ / วิธีการวิเคราะห์	ตัวอย่างที่ทดสอบ
ความชื้น	ASTM D3173	กากใบชาที่ผ่าน กระบวนการทำให้ เป็นถ่าน
เถ้า	ASTM D3174	
สารระเหย	ASTM D3175	
คาร์บอนคงตัว	100 – ผลรวมของ ASTM D3173 ถึง ASTM D3175	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

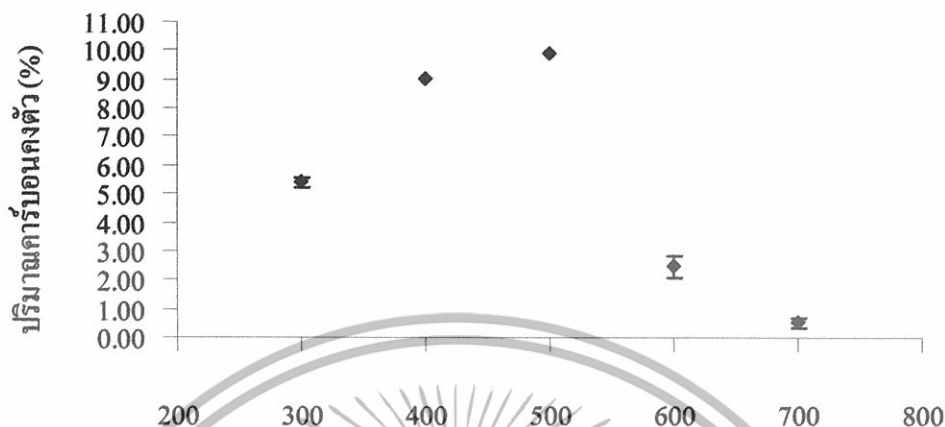
บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

โครงการพิเศษนี้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตถ่านกัมมันต์จากกากใบชา โดยนำกากใบชามาผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน และทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการทำกากใบชาให้ เป็นถ่าน ซึ่งมีปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเผา ประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้เป็นถ่านสามารถวัดได้จากปริมาณคาร์บอนคงตัวและปริมาณผลผลิตที่ได้ จากนั้นจึงนำถ่านที่ได้จากกระบวนการทำให้เป็นถ่าน ไปทำการกระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีการทางเคมี ซึ่งในขั้นตอนนี้ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างสารเคมีต่อถ่านจากกากใบชา โดยสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการกระตุ้น คือ ซิงค์คลอไรด์ และ ทำการศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการกระตุ้น ซึ่งถ่านกัมมันต์ที่ได้จะนำไปทดสอบความสามารถในการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลู จากนั้นจึงนำถ่านกัมมันต์ชนิดที่มีความสามารถในการดูดซับดีที่สุด ไปทดสอบการดูดซับสารละลายไอโอดีนเพื่อหาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ และนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ พื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุน นอกจากนี้ยังนำไปศึกษาลักษณะพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope ผลการทดลองที่ได้เป็นดังนี้

4.1 ผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้เป็นถ่าน

ในการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้เป็นถ่านของกากใบชา ทำการทดลองโดยการเผากากใบชาแบบอับอากาศ และทำการแปรค่าอุณหภูมิเป็น 300, 400, 500, 600 และ 700 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเผาแบบอับอากาศ 30 นาที จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์สมบัติของถ่านที่ได้ คือ ปริมาณความชื้น และปริมาณแฉะ ในกากใบชาที่เผา ณ อุณหภูมิต่างกัน พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 2.39 ถึง 4.03 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณแฉะ 8.72 ถึง 12.15 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์หา ปริมาณคาร์บอนคงตัว และปริมาณสารระเหยในกากใบชาที่เผา ณ อุณหภูมิต่างกัน ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 ปริมาณการรับอนคงตัวเฉลี่ยในภาคใบชาที่ผ่านการเผาแบบอับอากาศ ณ อุณหภูมิต่างกัน แถบความผิดพลาด (error bar) แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ หากไม่ปรากฏ แสดงว่ามีค่าน้อยมาก



รูปที่ 4.2 ปริมาณสารระเหยเฉลี่ยในภาคใบชาที่ผ่านกระบวนการเผาแบบอับอากาศ ณ อุณหภูมิต่างกัน แถบความผิดพลาด (error bar) แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ หากไม่ปรากฏ แสดงว่ามีค่าน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

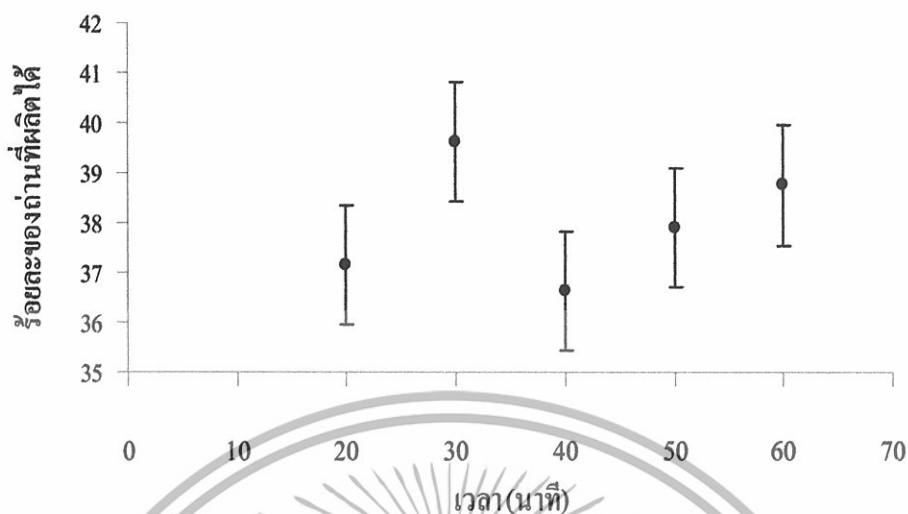
จากรูปที่ 4.1 พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาถ่านใบชามีผลต่อปริมาณคาร์บอนคงตัว เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเผาแบบอับอากาศจาก 300 องศาเซลเซียส เป็น 500 องศาเซลเซียส จะทำให้มีปริมาณคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้นจาก 5.40 ± 0.2 เป็น 9.95 ± 0.13 เปอร์เซ็นต์ โดยที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส จะทำให้มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงสุด เนื่องจากในช่วงอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส จะเป็นช่วงการไพโรไลซิส จะมีการสร้างคาร์บอนคงตัวให้เพิ่มมากขึ้น โดยคาร์บอนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของถ่านใบชาจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ แต่เมื่อใช้อุณหภูมิในการเผาถ่านใบชาสูงกว่า 500 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณคาร์บอนคงตัวมีค่าลดลง เพราะที่อุณหภูมิสูง 600-700 องศาเซลเซียส จะเป็นช่วงการเกิดก๊าซ เรียกว่า แกสซิฟิเคชัน ทำให้หึ่งค์ประกอบที่เป็นคาร์บอนในถ่านใบชาสลายตัวกลายเป็นก๊าซและสารระเหยต่างๆ หลุดออกไป (www.eng.mut.ac.th) จากรูปที่ 4.2 เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการทำให้เป็นถ่านต่อปริมาณสารระเหย พบว่า จะมีปริมาณสารระเหยต่ำสุด เท่ากับ 79.04 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้อุณหภูมิในการเผา 500 องศาเซลเซียส ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณคาร์บอนคงตัวคือ เมื่อมีปริมาณคาร์บอนคงตัวเกิดขึ้นมาก จะทำให้ปริมาณสารระเหยน้อยลงไปด้วย

การเลือกวัตถุดิบที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์นั้น ควรจะเลือกวัตถุดิบที่มีคาร์บอนคงตัวในปริมาณสูง และมีสารอินทรีย์ในปริมาณต่ำ จากการศึกษาพบว่า ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสจะทำให้ถ่านใบชามีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงที่สุด ดังนั้นที่อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการทำให้เป็นถ่านคือ 500 องศาเซลเซียส

4.2 ผลของระยะเวลาต่อประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้เป็นถ่าน

ในการศึกษาผลของระยะเวลาที่ใช้ในการเผาแบบอับอากาศต่อประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้เป็นถ่านของถ่านใบชา ทำการทดลองโดยการเผาถ่านใบชาแบบอับอากาศที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส และทำการแปรค่าระยะเวลาที่ใช้ในการเผาเป็น 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที ปริมาณผลผลิตที่ได้มีค่าดังแสดงรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ร้อยละของผลผลิตที่ได้ในการเผาถ่านในบรรยากาศที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เวลาต่างกัน

จากรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า เมื่อใช้ระยะเวลาในการเผาแบบอับอากาศนานขึ้น ผลผลิตที่ได้จะเพิ่มขึ้น จากนั้นผลผลิตที่ได้จะลดลงและเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ผลผลิตที่ได้อยู่ในช่วงร้อยละ 36-39 ร้อยละของผลผลิตที่ได้จะมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงระยะเวลาจะทำให้ได้ปริมาณผลผลิตที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ องค์กรใดก็ตามเพื่อให้ได้ผลผลิตในการเผาแบบอับอากาศมากที่สุด จึงเลือกระยะเวลา 30 นาที ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการทำให้เป็นถ่าน คือ การเผาแบบอับอากาศที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาที

4.3 ผลของอัตราส่วนระหว่างสารละลายซิงค์คลอไรด์ต่อกากใบชา และอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการกระตุ้น ต่อสมบัติของถ่านกัมมันต์จากกากใบชา

ในการศึกษาการกระตุ้นถ่านกัมมันต์ด้วยสารละลายซิงค์คลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 4.5 โดยน้ำหนัก ทำการทดลองโดยนำกากใบชาที่ได้จากกระบวนการทำให้เป็นถ่านแช่ในสารละลายซิงค์คลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 4.5 โดยน้ำหนัก ซึ่งแปรค่าอัตราส่วนระหว่างสารละลายซิงค์คลอไรด์ต่อกากใบชา เป็น 1:1, 2:1 และ 3:1 จากนั้นจึงนำไปเผาที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 500, 600 และ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที เมื่อได้ถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสารละลายซิงค์คลอไรด์แล้ว จึงนำถ่านกัมมันต์ไปทดสอบความสามารถในการดูดซับ และทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของถ่านกัมมันต์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ความสามารถในการดูดซับเมทธิลินบลู

ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกระบวนการกระตุ้นด้วยอัตราส่วนของสารเคมีและอุณหภูมิแตกต่างกัน ถูกนำมาทดสอบความสามารถในการดูดซับเมทธิลินบลู ซึ่งการทดสอบความสามารถในการดูดซับสารละลายเมทธิลินบลูนี้ เป็นการบ่งชี้ถึงความสามารถของถ่านกัมมันต์ในการดูดซับโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ ที่นำมาใช้เป็นค่ามาตรฐานในการทดสอบถ่านกัมมันต์ชนิดผงของประเทศญี่ปุ่น (พงษ์ชัย และคณะ, 2544) ผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าการดูดซับเมทธิลินบลูของถ่านกัมมันต์ชนิดต่างๆ

ชนิดของถ่านกัมมันต์		ความเข้มข้นของสารละลายเมทธิลินบลูหลังการดูดซับ (mg/L)	ปริมาณเมทธิลินบลูที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ (mg/g)	K_d (L/g)	
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราส่วน $ZnCl_2$ ต่อกากไบชา	1:1	19.78	389.96	19.72
		2:1	17.58	391.45	22.27
		3:1	13.84	392.16	28.33
	500	1:1	91.63	356.22	3.89
		2:1	45.26	374.90	8.28
		3:1	14.94	386.80	25.89
	700	1:1	23.51	388.27	16.51
		2:1	21.97	386.01	17.57
		3:1	17.36	389.58	22.44
ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า (MERCK)		10.11	394.64	39.05	

จากตารางที่ 4.1 พบว่า อัตราส่วนระหว่างสารละลายซิงค์คลอไรด์ต่อกากไบชาเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับเมทธิลินบลูของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากไบชามีค่าสูงขึ้น ดังจะเห็นได้จากค่า K_d ที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่า ถ่านกัมมันต์มีความสามารถในการดูดซับเมทธิลินบลูได้ดีขึ้น ถ่านกัมมันต์ชนิดที่ดูดซับได้ดีที่สุดจะมีค่า K_d มากที่สุด ได้แก่ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยสารละลายซิงค์คลอไรด์ที่มีอัตราส่วนซิงค์คลอไรด์ต่อกากไบชาเท่ากับ 3:1 ที่

อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส มีค่า K_d เท่ากับ 28.33 ลิตรต่อกรัม ปริมาณเมทธิลินบลูที่ถูกดูดซับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ เท่ากับ 392.16 มิลลิกรัมต่อกรัม ส่วนถ่านกัมมันต์ที่มีความสามารถในการดูดซับต่ำที่สุด คือ ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยสารละลายซิงค์คลอไรด์อัตราส่วนต่อกากไบชา เท่ากับ 1:1 ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีค่า K_d เท่ากับ 3.89 ลิตรต่อกรัม สามารถดูดซับสารละลายเมทธิลีนบลูได้น้อยที่สุด คือ 356.22 มิลลิกรัมต่อกรัม และเมื่อให้อัตราส่วนระหว่างสารละลายซิงค์คลอไรด์ต่อกากไบชาที่ใช้ในการกระตุ้นเท่ากัน พบว่า เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะไม่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับเมทธิลีนบลู เช่น ที่อัตราส่วนระหว่างสารละลายซิงค์คลอไรด์ต่อกากไบชา เป็น 3:1 ค่า K_d ในการดูดซับสารละลายเมทธิลีนบลูเมื่อใช้ อุณหภูมิในการกระตุ้น 500, 600 และ 700 องศาเซลเซียส เท่ากับ 28.33, 25.89 และ 22.44 ลิตรต่อกรัม ตามลำดับ จะเห็นว่า ค่า K_d นั้นกระจายตัวและไม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลง อย่างไรก็ตาม ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส จะทำให้ถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับเมทธิลีนบลูได้ดีที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบค่า K_d ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากกาก ไบชากับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากไบชามีค่า K_d ตั้งแต่ 8.28-28.33 ลิตรต่อกรัม ส่วนถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้ามีค่า K_d เท่ากับ 39.05 ลิตรต่อกรัม จะเห็นได้ว่า ค่า K_d ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้ามีค่าสูงกว่าค่า K_d ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากไบชา แสดงให้เห็นว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากไบชานั้นมีความสามารถในการดูดซับเมทธิลีนบลูได้น้อยกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า

4.3.2 ความสามารถในการดูดซับไอโอดีน

ในการศึกษาเพื่อหาว่าการดูดซับไอโอดีน ได้น้ำถ่านกัมมันต์ที่สามารถดูดซับสารละลายเมทธิลีนบลูได้ดีที่สุด คือ ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยสารละลายซิงค์คลอไรด์ อัตราส่วนต่อกากไบชาเท่ากับ 3:1 ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส มาทดสอบการดูดซับสารละลายไอโอดีนเข้มข้น 0.10 นอร์มอล ซึ่งค่าการดูดซับไอโอดีน หรือ ค่าไอโอดีนนัมเบอร์นี้ สามารถบ่งชี้ได้ถึงความสามารถของถ่านกัมมันต์ในการดูดซับ โมเลกุลขนาดเล็ก ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่กำหนดในอุตสาหกรรมว่าถ่านกัมมันต์ชนิดผงควรมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ไม่น้อยกว่า 600 (AWWA, 1994) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่าการดูดซับ ไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า และถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยสารละลายซิงค์คลอไรด์อัตราส่วนต่อกากใบชา 3:1 ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

ชนิดของถ่านกัมมันต์	ค่าการดูดซับ ไอโอดีน (mg/g)	ค่าไอโอดีนนัมเบอร์
ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า (MERCK)	3.23	1694.77
ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วย $ZnCl_2$ อัตราส่วน 3:1 ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส	1.57	37.40

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่า ค่าการดูดซับ ไอโอดีนคือปริมาณ ไอโอดีนที่ถูกดูดซับบนถ่านกัมมันต์ต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ ซึ่งถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้าและถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากใบชาสามารถดูดซับ ไอโอดีนได้ เท่ากับ 3.23 และ 1.57 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ เมื่อนำค่าดังกล่าวไปคำนวณหา ค่าไอโอดีนนัมเบอร์แล้ว พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้ามีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงถึง 1694.77 ในขณะที่ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยสารละลายซิงค์คลอไรด์อัตราส่วนต่อกากใบชา 3:1 ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์เท่ากับ 37.40 แม้ว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากใบชาจะสามารถดูดซับสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ อย่างเช่นเมทธิลีนบลู ได้เป็นอย่างดี แต่พบว่ามีค่าไอโอดีนนัมเบอร์น้อยมากและต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งมาตรฐานกำหนดให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ มีค่าไม่น้อยกว่า 600 แสดงให้เห็นว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากใบชาไม่เหมาะต่อการนำไปใช้ในการดูดซับสารเคมีที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก

4.3.3 สมบัติทางกายภาพของถ่านกัมมันต์

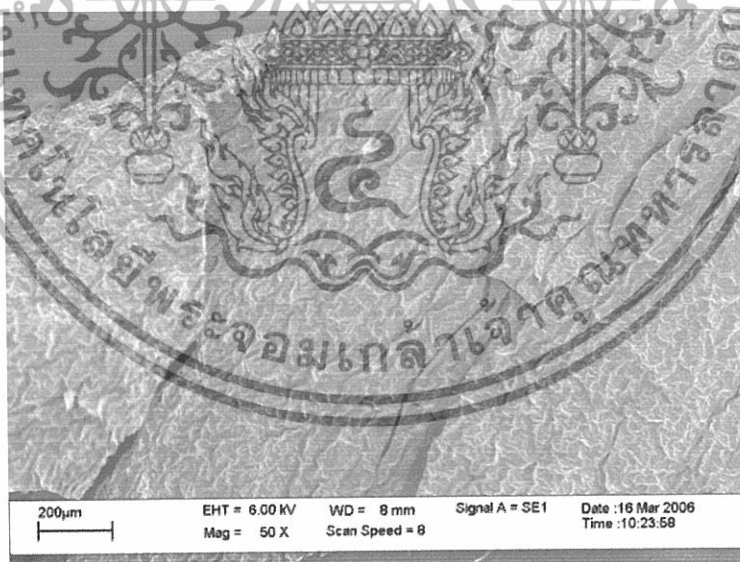
ในการศึกษาเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของถ่านกัมมันต์ ทำได้โดยนำถ่านกัมมันต์ชนิดที่สามารถดูดซับเมทธิลีนบลูได้ดีที่สุด ดูดซับ ได้ปานกลาง และต่ำที่สุดที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการดูดซับเมทธิลีนบลู มาวิเคราะห์หาพื้นที่ผิว และปริมาตรรูพรุนรวมไปถึงกากใบชาที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน พร้อมทั้งเปรียบเทียบค่าที่วิเคราะห์ได้กับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 พื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนของถ่านกัมมันต์ชนิดต่างๆ

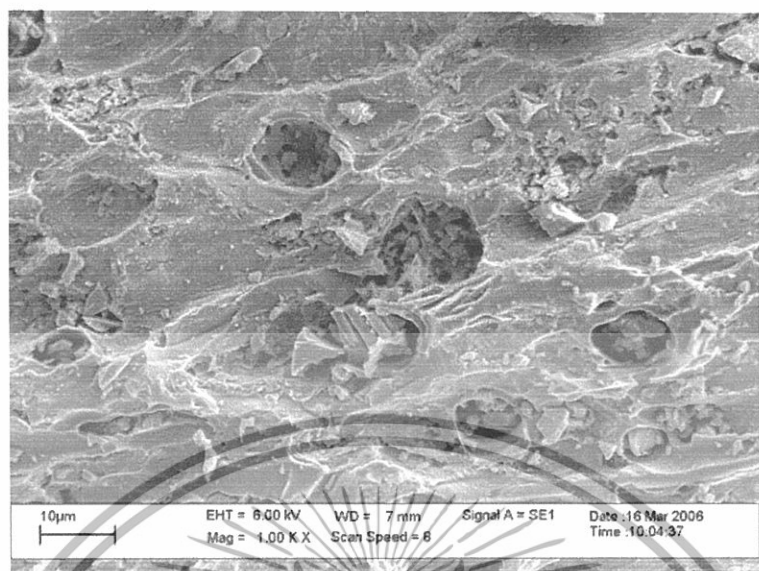
ชนิดของถ่านกัมมันต์	พื้นที่ผิว (m^2/g)	ปริมาตรรูพรุน ($ml/\text{\AA}/g$)
กากใบชาที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน	ND	ND
ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วย $ZnCl_2$ อัตราส่วน 3:1 ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส	39.30	ND
ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วย $ZnCl_2$ อัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส	186.82	0.0023
ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วย $ZnCl_2$ อัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส	128.78	0.0023
ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า (MERCK)	1304.32	0.0181

หมายเหตุ: ND – ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ (Non Detectable)

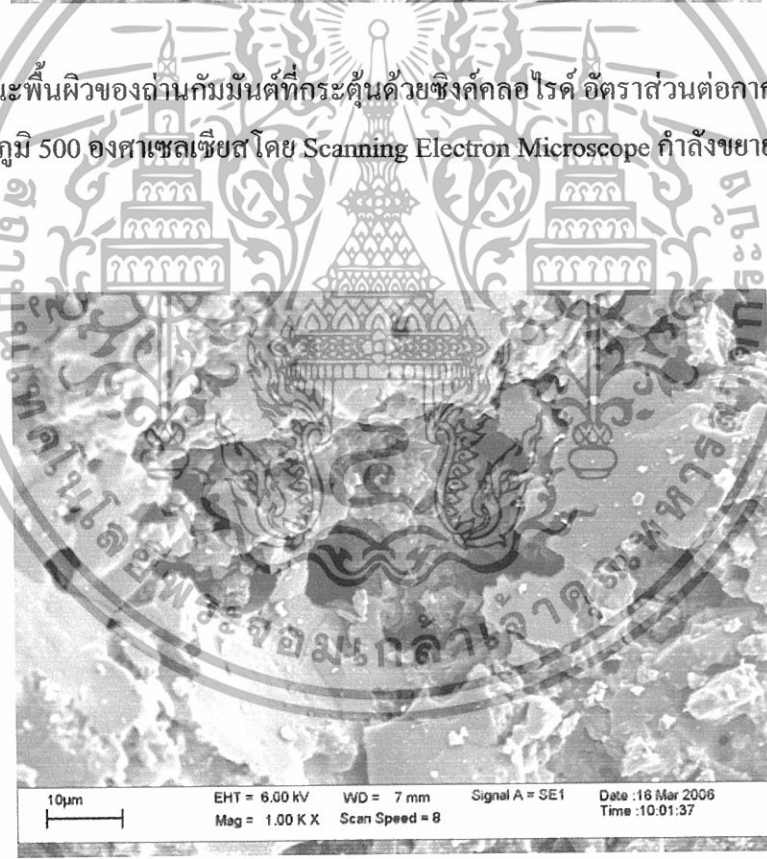


รูปที่ 4.4 ลักษณะพื้นผิวของกากใบชาที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน โดย Scanning Electron Microscope กำลังขยาย 50 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ลักษณะพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ อัตราส่วนต่อกากไบชา 3:1 ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส โดย Scanning Electron Microscope กำลังขยาย 1000 เท่า



รูปที่ 4.6 ลักษณะพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า โดย Scanning Electron Microscope กำลังขยาย 1000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วย $ZnCl_2$ อัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีพื้นที่ผิวสูงสุด เท่ากับ 186.82 ตารางเมตรต่อกรัม และมีปริมาตรรูพรุน เท่ากับ 0.0023 มิลลิลิตรต่ออัตรอมต่อกรัม ส่วนถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วย $ZnCl_2$ อัตราส่วน 3:1 ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส มีพื้นที่ผิวน้อยที่สุด คือ 39.30 ตารางเมตรต่อกรัม และมีปริมาตรน้อยมากจนไม่สามารถวิเคราะห์ได้เมื่อเทียบกับกากใบชาที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่านที่ไม่มีพื้นที่ผิวที่สามารถดูดซับได้ เมื่อพิจารณาลักษณะพื้นที่ผิวของกากใบชาที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน (รูปที่ 4.4) ถ่านกัมมันต์จากกากใบชา (รูปที่ 4.5) และถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า (รูปที่ 4.6) แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า การกระตุ้นทางเคมีนั้นมีผลอย่างยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ผิว และปริมาตรรูพรุน อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากใบชา กับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้ามีพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนสูงกว่า โดยมีพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุน เท่ากับ 1304.32 ตารางเมตรต่อกรัม และ 0.0181 มิลลิลิตรต่ออัตรอมต่อกรัม ตามลำดับ ในขณะที่ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากใบชานั้นมีพื้นที่ผิวน้อยมาก เมื่อพิจารณาสมบัติทางกายภาพรวมกับความสามารถในการดูดซับเมทธิลีนบลู จะเห็นได้ว่า ถ่านกัมมันต์ชนิดที่มีพื้นที่ผิวมากที่สุดมีความสามารถในการดูดซับเมทธิลีนบลูได้น้อยสุด ส่วนถ่านกัมมันต์ชนิดที่มีพื้นที่ผิวน้อยที่สุด มีความสามารถในการดูดซับเมทธิลีนบลู ได้ดีที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก การดูดซับที่เกิดขึ้นเป็นการดูดซับทางเคมี ซึ่งจะขึ้นอยู่กับหมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ การเกิดหมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ เกิดได้จากกระบวนการกระตุ้นที่แตกต่างกัน การใช้อุณหภูมิในการกระตุ้นต่างกันจะทำให้หมู่ฟังก์ชันแตกต่างกัน (Lua และ Guo, 2001) ซึ่งในการทดลองได้ใช้อุณหภูมิในการกระตุ้นที่แตกต่างกันคือ 500, 600 และ 700 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจทำให้พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์มีหมู่ฟังก์ชันที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับสารเคมีมีค่าต่างกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อผลิตถ่านกัมมันต์จากกากใบชา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากใบชามาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ และเปรียบเทียบสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้กับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้เป็นถ่าน ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ และระยะเวลา พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในกระบวนการทำให้เป็นถ่าน คือ 500 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้ปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงสุด เท่ากับ 9.95 ± 0.13 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลา 30 นาที เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่จะทำให้ได้ผลผลิตมากที่สุด คือ 39.65 เปอร์เซ็นต์

ในการศึกษาผลของอัตราส่วนของสารเคมีต่อกากใบชา และ อุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้นต่อสมบัติของถ่านกัมมันต์ พบว่า อัตราส่วนของสารเคมีต่อกากใบชามีผลต่อสมบัติของถ่านกัมมันต์ ในแง่ของความสามารถในการดูดซับสารละลายเมทธิลินบลู แต่อุณหภูมิจะไม่มีผลต่อความสามารถต่อการดูดซับเมทธิลินบลู โดยเมื่อใช้สัดส่วนระหว่างสารเคมีต่อกากใบชาเป็น 3:1 และใช้อุณหภูมิในการกระตุ้น 500 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีความสามารถในการดูดซับสารละลายเมทธิลินบลูได้ดีที่สุด มีค่าคงที่ในการดูดซับ (K_d) เท่ากับ 28.33 ลิตรต่อกรัม แต่มีพื้นที่ผิวเพียง 39.30 ตารางเมตรต่อกรัม และมีปริมาตรรูพรุนน้อยมากจนเกือบหาค่าไม่ได้ ในขณะที่ถ่านกัมมันต์ที่ใช้สัดส่วนระหว่างสารเคมีต่อกากใบชา 1:1 และใช้อุณหภูมิในการกระตุ้น 600 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการดูดซับสารละลายเมทธิลินบลูได้น้อยที่สุด โดยมีค่าคงที่ในการดูดซับ (K_d) เท่ากับ 3.89 ลิตรต่อกรัม แต่มีพื้นที่ผิวมากที่สุด คือ 186.82 ตารางเมตรต่อกรัม และมีปริมาตรรูพรุน เท่ากับ 0.0023 มิลลิลิตรต่ออั้งสตรอมต่อกรัม เป็นไปได้ว่าการดูดซับที่เกิดขึ้นนั้นเป็นการดูดซับทางเคมี ซึ่งขึ้นอยู่กับหมู่ฟังก์ชันบนผิวของถ่านกัมมันต์ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในกระบวนการกระตุ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้ามีพื้นที่ผิว เท่ากับ 1304.32 ตารางเมตรต่อกรัม และมีปริมาตรรูพรุน 0.0181 มิลลิลิตรต่ออั้งสตรอมต่อกรัม มีค่าคงที่ในการดูดซับ (K_d) เท่ากับ 39.05 ลิตรต่อกรัม ซึ่งมากกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากใบชา

ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ ของถ่านกัมมันต์ชนิดที่ดูดซับดีที่สุดมีค่าเท่ากับ 37.40 ส่วนถ่านกัม

มันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ 1694.77 โดยค่ามาตรฐานไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กัมมันต์สำหรับอุตสาหกรรมต้องไม่น้อยกว่า 600 ซึ่งค่าไอ โอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากใบชายังต่ำกว่ามาตรฐาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนของถ่านกัมมันต์ โดยการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายซิงค์คลอไรด์ หรือ เพิ่มสัดส่วนของสารเคมีต่อกากใบชา
2. เปลี่ยนวิธีการกระตุ้นถ่านกัมมันต์ เช่น การใช้วิธีการกระตุ้นทางกายภาพร่วมกับการกระตุ้นทางเคมี
3. ควรมีการศึกษานิตของหมู่ฟังก์ชันที่เกิดขึ้นบนผิวของถ่านกัมมันต์ เพื่อศึกษากลไกของการดูดซับที่เกิดขึ้น
4. ควรมีการหาค่าไอ โอดีนนัมเบอร์ของกากใบชาที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการกระตุ้นเพื่อเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้
5. ปรับปรุงวิธีการไพโรไลซิสเพื่อให้ได้ปริมาณคาร์บอนคงตัวเพิ่มมากขึ้น เช่น การอัดกากใบชาให้เป็นแท่ง โดยการใช้ตัวประสาน เช่น ดินเหนียว เพื่อลดพื้นที่ผิวในการสัมผัสอากาศ หรือ เสาเพื่อไล่ความชื้นที่มีอยู่ในกากใบชาก่อนการไพโรไลซิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. ถ่านกัมมันต์. [Online] Available: <http://www.dip.go.th>, 18 ธันวาคม 2548.
- [2] กฤษณา รัตนอาภา. 2540. ผลกระทบของหอยขึ้นก่อกองเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาระบบปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [3] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร. การใช้พลังงานจากชีวมวล. [Online] Available: <http://www.eng.mut.ac.th>, 15 มีนาคม 2549.
- [4] โครงการศึกษาและจัดทำแบบอย่างการลงทุนเพื่อเผยแพร่ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต. Activated Carbon. [Online] Available: <http://www.smethai.net>, 18 ธันวาคม 2548.
- [5] พงษ์ชัย เพชรสังหาร, ไพศาล เด่นรุ่งเรือง และวิชนพล บุญเลิศ. 2544. การสังเคราะห์คาร์บอนกัมมันต์จากกากเมล็ดกาแฟเพื่อใช้ในการดูดซับฟีนอลและโทลูอิน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [6] ภาสกร สว่างวุฒิชัยธรรม, ศุภโชค ชายแสน และสมชาย กองทรัพย์เจริญ. 2543. การดูดซับตะกั่วและโครเมียมโดยใช้ถ่านกัมมันต์และขี้เถ้าลอย. โครงการพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [7] วนิตา จาดคำ. 2548. การศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกากชาเขียวที่ผลิตโดยเครื่องอัดแบบเกลียว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [8] สมอ. 2532. ถ่านกัมมันต์ **Standard for Activated Carbon**. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [9] AWWA. 1994. **AWWA Standard for Granular Activated Carbon**. Denver: American Water Works Association.
- [10] Bernado, E. C.; Egashira, R. and Kawashi, J. 2000. Decolorization of molasses wastewater using activated carbon prepared from cane bagasse. **Carbon**. (35): 1217-1221.
- [11] Boonamnuayvittaya, V. Sae-ung, S. and Tanthapanichakoon, W. 2005. Preparation of activated carbon from Coffee residue for the adsorption formaldehyde. **Separation and Purification Technology**. (42): 159-168.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] Chaiya, C. and Boonamnuayvittaya, V. Tanthapanichkoon W. and Jarudilokkul, S. 2004. Removal of heavy metals by adsorbent prepared from pyrolyzed coffee residue and clay. **Separation and Purification Technology**. (35): 11-22.
- [13] Chaiya, C. and Boonamnuayvittaya, V. 2000. **The adsorption of heavy metal ions with adsorbent comprised of coffee residue**. The 1st Asian Practical Technology Symposium.; Bangkok Thailand.
- [14] Girgis, S. B. Yunis, S. S. and Soliman, M. A. 2002, Characteristics of activated carbon from peanut hulls in relation to condition of preparation. **Materials Letters**. (57): 164-172.
- [15] Hayashi, J. Muroyama, K. Gomes, V. G. and Watkinson, A. P. 2002. Fractal dimension of activated carbons prepared from lignin by chemical activation. **Carbon**. (40): 617-636.
- [16] Hu, Z. Srinivasan, M. P. and Ni, Y. 2001. Novel activation process for preparing highly microporous and mesoporous activated carbon. **Carbon**. (39): 877-886.
- [17] Hu, Z. and Srinivasan, M.P. 1998. Preparation of high-surface-area activated carbons from coconut shell. **Microporous and Mesoporous Materials**. (27): 11-18.
- [18] Larter, R. B. and Acquah, F. 1999. **Developing national capability for manufacture of activated carbon from agriculture wastes**. The Ghana Engineer. [n.p.]
- [19] Lua, C. A. and Yang, T. 2005. Characteristics of activated carbon prepared from pistachio-nut shell by Zinc Chloride activation under nitrogen and vacuum condition. **Journal of Colloid and Interface Science**. (290): 505-513.
- [20] Lua, A. C. and Guo, J. 2001. Preparation and characterization of activated carbons from oil-palm stones for gas-phase adsorption. **Colloids and Surfaces**. (179): 151-162.
- [21] Storck, S. Bretinger, H. and Maier, W. F. 1998. Characterization of micro and mesoporous solid by physisorption method and pore-size analysis. **Applied Catalysis**. (174): 137-146.
- [22] Tamon, H. 2001. **Preparation and Characterization of Functional Carbon Material Activated Carbon; Aerogels and Cryogels**. Lecture at Chulalongkorn University: Bangkok. Thailand.
- [23] Tsai, W. T. Chang, C. Y. Lin, M. C. Chien, S. F. Sun, S. F. and Hsieh, M. F. 2001. Adsorption of acid dye onto activated carbons prepared from agricultural waste bagasse by ZnCl₂ activation. **Chemosphere**. (45): 51-58.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[24] Virginia Technology. Activated Carbon. [Online] Available: <http://www.ewr.cce.vt.edu>,
March, 13th 2006.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์สมบัติของกากชา

1. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1.1 การหาพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุน

การวัดพื้นที่ผิวจะใช้หลักการของการดูดซับก๊าซบนผิวของแข็ง ซึ่งปกติจะใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นตัวดูดซับที่จุดสมดุล ณ สภาวะมาตรฐาน (จุดเดือด -195.8 องศาเซลเซียส) ปริมาณของก๊าซที่ถูกดูดซับจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดัน ซึ่งสามารถวัดและคำนวณหาค่าพื้นที่ผิวได้โดยใช้ไมโนแกรม วิธีการคือ ใช้ Adsorption vessel 2 ใบ ที่มีปริมาตรเท่ากัน โดยใบหนึ่งบรรจุตัวอย่าง อีกใบหนึ่งเป็นภาชนะเปล่า แล้วผ่านก๊าซไนโตรเจนลงไปใ้ในภาชนะทั้งสองภายใต้ความดันปกติ ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นทำให้ภาชนะทั้งสองเย็นจัดใน cold bath ที่บรรจุไนโตรเจนเหลวไว้ การดูดซับไนโตรเจนบนผิวของตัวอย่างจะทำให้เกิดความแตกต่างของความดันระหว่างภาชนะทั้งสองซึ่งสามารถวัดได้โดยมานอมิเตอร์

วิธีการ

1. อบตัวอย่างถ่านกัมมันต์ที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วชั่งมา $0.02-0.05$ กรัม ใส่ลงใน Adsorption Vessel
2. วางเซลล์ที่บรรจุตัวอย่างไว้ลงใน Heating Thermostat
3. อุ่นตัวอย่างที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผ่านก๊าซไนโตรเจนธรรมดาที่ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท เป็นเวลาประมาณ 45 นาที เพื่อกำจัด โมเลกุลของก๊าซไนโตรเจนที่ถูกดูดซับอยู่บนพื้นผิวของตัวอย่างก่อนทำการวัด

4. ใช้เซลล์ 2 เซลล์ ที่มีปริมาตรเท่ากัน โดยเซลล์หนึ่งบรรจุตัวอย่าง อีกเซลล์หนึ่งเป็นเซลล์เปล่า

5. ผ่านก๊าซไนโตรเจนลงไปใ้ในเซลล์ทั้งสอง ภายใต้ความดันปกติที่อุณหภูมิห้อง

6. ทำให้เซลล์ทั้งสองเย็นจัดใน Cold Bath ที่บรรจุไนโตรเจนเหลวไว้ การดูดซับก๊าซไนโตรเจนบนพื้นผิวของตัวอย่างจะทำให้เกิด Pressure Difference ระหว่างเซลล์ทั้งสองซึ่งวัดได้โดยใช้ Differential Monometer

7. อ่านค่าที่ได้แล้วนำไปคำนวณค่าพื้นที่ผิวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\frac{P}{V(P-P_0)} = \frac{1}{V_m c} + \frac{(c-1)P}{V_m c P_0}$$

โดย V = ปริมาตรของก๊าซใน โตรเจนที่ถูกดูดซับบนผิวรูพรุน (cm^3)

V_m = ปริมาตรของก๊าซใน โตรเจนที่ถูกดูดซับบนผิวรูพรุนแบบ
โมเลกุลชั้นเดียว (Mono-molecule Layer) ปกคลุมทั่วผิวรูพรุน
(cm^3)

P = ความดันที่สภาวะใดๆ (mmHg)

P_0 = ความดันไอหรือความดันอิ่มตัว (Vapor Pressure or Saturated
Vapor) (mmHg)

C = ค่าจำเพาะสำหรับการดูดซับของก๊าซแต่ละชนิด

เมื่อเขียนกราฟจากสมการ BET Isotherm จะได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ถ้า V_m , C
คำนวณหาได้จากจุดตัดและความชันเส้นตรง ถ้า V_m ที่ได้นำมาเทียบเป็นพื้นที่ผิวรูพรุน S (m^2) ดัง
สมการ

$$S = \frac{V_m N_{AV} \cdot a}{22400}$$

โดย S = พื้นที่ผิวรูพรุน (m^2)

N = Avogadro Number (6.02×10^{23} molecule/mol)

a = พื้นที่ต่อหน่วยโมเลกุลก๊าซ (cm^2 /molecule)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคาร์บอน

1. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคาร์บอน

1.1 ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ชนิด ขนาด คุณลักษณะที่ต้องการการบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบคาร์บอนกัมมันต์

1.2 บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

1. คาร์บอนกัมมันต์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติที่มี คาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักผ่านกรรมวิธีกัมมันต์ จนได้ผลิตภัณฑ์สีดำ มีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นรูพรุน มีพื้นที่ผิวสูง มีสมบัติการดูดซับสารต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

2. ค่าไอโอดีน หมายถึง จำนวนมิลลิกรัมของไอโอดีนที่ดูดซับไว้ด้วยคาร์บอนกัมมันต์ 1 กรัม เมื่อความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนหลังจากถูกดูดซับ และผ่านการกรองแล้วเป็น 0.02 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

1.3 ชนิด

คาร์บอนกัมมันต์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- 1.) คาร์บอนกัมมันต์ผง (Powdered Activated Carbon)
- 1.) คาร์บอนกัมมันต์เม็ด (Granular Activated Carbon)

1.4 ขนาด

1. คาร์บอนกัมมันต์ผง

ให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย แต่ปริมาณที่ผ่านตะแกรง 150 ไมโครเมตร ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 99 โดยน้ำหนัก

2. คาร์บอนกัมมันต์เม็ด

ให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย แต่ปริมาณที่ผ่านตะแกรง 150 ไมโครเมตร ต้องไม่เกินร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 คุณลักษณะที่ต้องการ

1. ลักษณะทั่วไป

- คาร์บอนกัมมันต์กัมมันต์ผง ต้องเป็นผงละเอียดสีดำปราศจากสิ่งแปลกปลอมใดๆ
- คาร์บอนกัมมันต์เม็ด ต้องเป็นเม็ดสีดำ ปราศจากสิ่งแปลกปลอมใดๆ

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2. คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี

- คาร์บอนกัมมันต์ผง ให้เป็นไปตามตาราง ข-1

ตารางที่ ข-1 คุณลักษณะทางเคมีของคาร์บอนกัมมันต์ผง

คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด	วิธีทดสอบตาม
ค่าไอโอดีนนัมเบอร์	ไม่น้อยกว่า 600	AWWA B600
ความหนาแน่นปรากฏ (g/cm^3)	0.20 – 0.75	AWWA B600

1.6 มาตรฐานและวิธีทดสอบที่ใช้ทั่วไป

มาตรฐานและวิธีทดสอบคาร์บอนกัมมันต์แตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ ดังจะกล่าวต่อไปนี้

1.6.1 มาตรฐานของ AWWA (American Water Work Association)

กำหนดสมบัติของคาร์บอนกัมมันต์ผงที่ต้องทดสอบ คือ

- Impurities
- Moisture
- Ash
- Apparent Density
- Particle Size Distribution (Fineness)
- Phenol Adsorptive Capacity
- Iodine Adsorptive Capacity
- Odor Adsorptive Capacity
- Tannin Adsorptive Capacity
- Retention of Adsorptive Capacity

1.6.2 มาตรฐานการทดสอบคาร์บอนกัมมันต์ตามวิธีของ ASTM

กำหนดสมบัติของคาร์บอนกัมมันต์ที่ต้องทดสอบ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Radioiodine Testing of Nuclear-Grade Phase Adsorbents
- Liquid Phase Evaluation
- Carbontetrachloride Activity
- Moisture
- Particle Size
- Total Ash Content

1.6.3 มาตรฐานและการทดสอบคาร์บอนกัมมันต์ของประเทศญี่ปุ่น

กำหนดการทดสอบสมบัติของคาร์บอนกัมมันต์ ดังนี้

คาร์บอนกัมมันต์ผง (JIS K 1470-1967)

- Caramel Decolorizing Power
- Methylene Blue Decolorizing Power
- Loss on Drying
- Chloride
- Iron
- Residue on Ignition
- pH

1.6.4 มาตรฐานและการทดสอบคาร์บอนกัมมันต์ที่ใช้ฟอกสีน้ำมันพืชและน้ำตาลของประเทศอินเดีย

กำหนดสมบัติของคาร์บอนกัมมันต์ที่ต้องทดสอบ (IS: 877-1956)

- Moisture
- Ash
- Bulk Density
- Matter Soluble in Hydrochloric Acid
- pH of Aqueous Extract
- Titrable Acidity or Alkalinity
- Filtrability and Oil Retention (for Vegetable Oils)
- Decolorizing Power

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
รายละเอียดผลการทดลอง

1. ผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้เป็นถ่าน

ตารางที่ ค-1 ปริมาณความชื้นของกากไบโชาที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน

อุณหภูมิ (°C)	ครั้งที่	น้ำหนัก ภาชนะ (กรัม)	น้ำหนักกาก ชาก่อนเผา (กรัม)	น้ำหนักกากชา และภาชนะ หลังเผา (กรัม)	น้ำหนักกากชา หลังเผา (กรัม)
300	1	34.5727	1.0028	35.5375	0.9648
	2	34.6026	1.0029	35.5670	0.9644
	3	34.6304	1.0030	35.5935	0.9631
400	1	34.5423	1.0009	35.5038	0.9615
	2	34.5435	1.0007	35.5031	0.9596
	3	34.5426	1.0008	35.503	0.9604
500	1	33.3028	1.0010	34.2800	0.9772
	2	33.2954	1.0012	34.2712	0.9758
	3	33.282	1.0011	34.2606	0.9786
600	1	32.9878	1.0004	33.9573	0.9695
	2	33.1096	1.0004	34.0788	0.9692
	3	33.0091	1.0004	33.9762	0.9671
700	1	30.2986	1.0002	31.2672	0.9686
	2	30.2998	1.0000	31.2680	0.9682
	3	30.2866	1.0001	31.2559	0.9693

ตัวอย่างการคำนวณ ; ที่ 300 องศาเซลเซียส

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณความชื้น} &= (1.0029 - 0.9641) / 1.0029 \times 100 \\ &= 3.87 \% \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-2 ปริมาณเถ้าของกากใบชาที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน

อุณหภูมิ(°C)	ครั้งที่	น้ำหนัก ภาชนะ (กรัม)	น้ำหนักกาก ชาก่อนเผา (กรัม)	น้ำหนักกากชาและ ภาชนะหลังเผา (กรัม)	น้ำหนักกาก ชาหลังเผา (กรัม)
300	1	34.8296	1.0025	34.9412	0.1116
	2	34.8299	1.0045	34.9397	0.1098
	3	34.8302	1.0089	34.9406	0.1104
400	1	34.8353	1.0003	34.9218	0.0865
	2	34.8349	1.0005	34.9215	0.0866
	3	34.8345	1.0001	34.923	0.0885
500	1	33.9207	1.0000	34.0314	0.1107
	2	33.9209	1.0001	34.0307	0.1098
	3	33.9205	1.0005	34.0303	0.1098
600	1	34.5971	1.0014	34.7074	0.1103
	2	34.598	1.0027	34.7081	0.1101
	3	34.6001	1.0016	34.7064	0.1063
700	1	34.9818	1.0000	35.1044	0.1226
	2	34.9802	1.0000	35.1032	0.123
	3	34.984	1.0000	35.1029	0.1189

ตัวอย่างการคำนวณ ; ที่ 300 องศาเซลเซียส

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณเถ้า} &= ((34.9405-34.8299)-1.0053) \times 100 \\ &= 11.00 \% \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-3 ปริมาณสารระเหยของกากใบชาที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน

อุณหภูมิ(°C)	ครั้งที่	น้ำหนัก ภาชนะ (กรัม)	น้ำหนัก กากชา ก่อนเผา (กรัม)	น้ำหนักกาก ชาและ ภาชนะหลัง เผา (กรัม)	น้ำหนัก กากชา หลังเผา (กรัม)
300	1	34.8306	1.0011	34.956	0.1254
	2	34.8298	1.0005	34.955	0.1253
	3	34.8293	1.0005	34.955	0.1255
400	1	34.8662	1.0012	35.004	0.1376
	2	34.8651	1.0009	35.003	0.1375
	3	34.8649	1.0006	35.002	0.1374
500	1	34.6229	1.0009	34.809	0.1859
	2	34.6217	1.0011	34.807	0.1857
	3	34.622	1.0007	34.808	0.1861
600	1	33.2911	1.0003	33.393	0.1015
	2	33.2916	1.0002	33.393	0.1018
	3	33.2912	1.0001	33.393	0.1018
700	1	34.5402	1.0003	34.636	0.0962
	2	34.5409	1.0005	34.636	0.0946
	3	34.5404	1.0001	34.636	0.0954

ตัวอย่างการคำนวณ ; ที่ 300 องศาเซลเซียส

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณสารระเหย} &= ((1.0007-0.1254)/1.0007) \times 100 - 3.87 \\ &= 83.60 \% \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-4 ปริมาณคาร์บอนคงตัวของกากใบชาที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน

อุณหภูมิ	ครั้งที่	เปอร์เซ็นต์ ความชื้น	เปอร์เซ็นต์ เถ้า	เปอร์เซ็นต์ สารระเหย	เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนคงตัว
300	1	3.79	11.13	83.68	5.18
	2	3.84	10.93	83.64	5.43
	3	3.98	10.94	83.48	5.58
400	1	3.94	8.65	82.32	9.03
	2	4.11	8.66	82.16	9.19
	3	4.04	8.85	82.23	8.92
500	1	2.38	11.07	79.05	9.88
	2	2.54	10.98	78.91	10.11
	3	2.25	10.97	79.16	9.87
600	1	3.09	11.01	86.76	2.22
	2	3.12	10.98	86.70	2.32
	3	3.33	10.61	86.49	2.89
700	1	3.16	12.26	87.22	0.52
	2	3.18	12.30	87.36	0.34
	3	3.08	11.89	87.38	0.73

ตัวอย่างการคำนวณ ; ที่ 300 องศาเซลเซียส

$$\text{ปริมาณคาร์บอนคงตัว} = 100 - (11.00 + 83.60)$$

$$= 5.40 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลของระยะเวลาต่อประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้เป็นถ่าน

ตารางที่ ค-5 ผลผลิตของถ่านที่ได้จากกระบวนการทำให้เป็นถ่าน ณ ระยะเวลาต่างๆ

เวลา (นาที)	น้ำหนัก ภาชนะ (กรัม)	น้ำหนักกาก ชาและภาชนะ ก่อนเผา(กรัม)	น้ำหนักกาก ชาหลังเผา (กรัม)	น้ำหนักกาก ชาและภาชนะ หลังเผา(กรัม)	น้ำหนักกาก ชาหลังเผา (กรัม)
20	178.2882	203.3567	25.0685	187.6038	9.3156
30	177.8942	204.5207	26.6265	188.4517	10.5575
40	177.7992	204.4264	26.6272	184.5560	6.7568
50	177.8065	203.7487	25.9422	187.6453	9.8388
60	177.8450	204.0366	26.1816	188.0006	10.1556

ตัวอย่างการคำนวณ; ณ เวลา 20 นาที

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป} &= \frac{(25.0685 - 9.3156)}{25.0685} \times 100 \\ &= 62.83\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้} &= 100 - 62.83 \\ &= 37.16\% \end{aligned}$$

3. ความสามารถในการดูดซับเมทธิลินบลู

ตารางที่ ค-6 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานเมทธิลินบลู

ความเข้มข้น (mg/l)	ค่าการดูดกลืนแสง
0	0.000
0.1	0.009
0.2	0.025
0.3	0.042
0.4	0.056
0.5	0.074
0.6	0.093
0.7	0.108
0.8	0.126
0.9	0.144
1.0	0.165

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-7 ปริมาณเมทธิลินบลูที่ถูกดูดซับบนถ่านกัมมันต์

ชนิด	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย	$C_{correct}$	MB ที่ถูกดูดซับ (mg/l)	นน.ถ่านกัมมันต์ (g)	mg of MB	X/M (mg/g)
Act.Com	0.015	10.11	989.89	0.2508	98.99	394.64
Z1500	0.030	19.78	980.22	0.2512	98.02	389.96
Z2500	0.027	17.58	982.42	0.2509	98.24	391.45
Z3500	0.021	13.84	986.16	0.2528	98.62	392.16
Z1600	0.139	91.63	908.37	0.2550	90.84	356.22
Z2600	0.069	45.26	954.74	0.2546	95.47	374.90
Z3600	0.023	14.94	985.06	0.2546	98.51	386.80
Z1700	0.036	23.51	976.49	0.2515	97.65	388.27
Z2700	0.033	21.97	978.03	0.2533	97.80	386.01
Z3700	0.026	17.36	982.64	0.2522	98.26	389.58

ตัวอย่างการคำนวณ ; ถ่านกัมมันต์ทางการค้า

จากสารละลายมาตรฐานเมทธิลินบลู 1000 mg/l มีการเจือจางเป็น 10 mg/l เท่ากับ 100 เท่า

ความเข้มข้นเทียบจากค่าการดูดกลืนแสง = 0.10 mg/l

ดังนั้น ความเข้มข้นที่ถูกต้อง = 10.11 mg/l

ความเข้มข้นของเมทธิลินบลูที่ถูกดูดซับ = 1000 - 10.11

= 989.89 mg/l

การทดลองใช้เมทธิลินบลู 100 มิลลิตร ดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์หนัก 0.2508 g

น้ำหนักเมทธิลินบลูที่ถูกดูดซับ = 989.89 x 0.1

= 98.99 mg

ปริมาณเมทธิลินบลูที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักถ่านกัมมันต์ = 98.99/0.2508

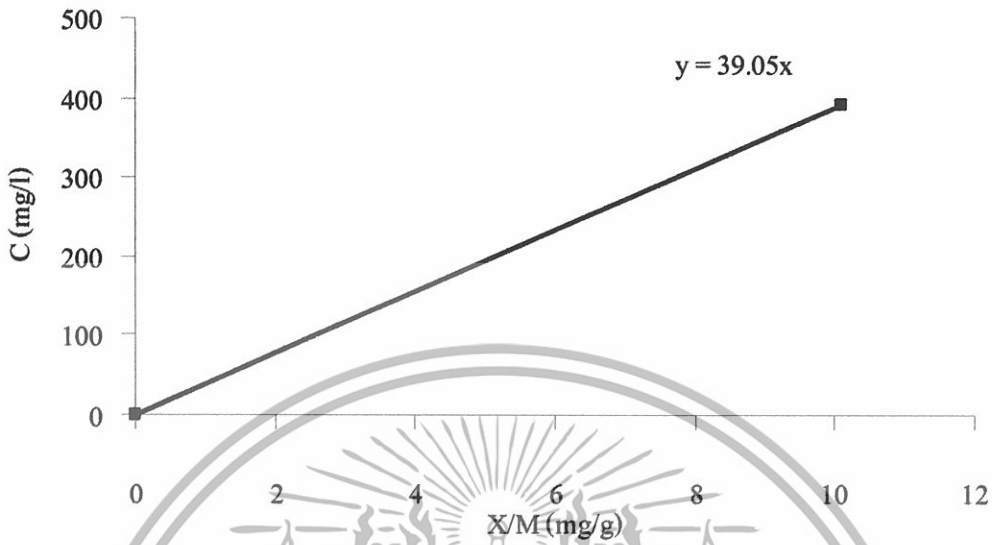
= 394.64 mg/g ถ่านกัมมันต์

การหาค่าคงที่การดูดซับ (K_d)

จากการพลอตกราฟระหว่างค่า ปริมาณเมทธิลินบลูที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักของถ่านกัมมันต์

(X/M) กับ ค่าความเข้มข้นที่เหลือหลังจากการดูดซับ ($C_{correct}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-1 ปริมาณเมทธิลีนบลูที่ถูกดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า

$$K_d = \text{slope} = \frac{y}{x} = 39.05$$

ค่าคงที่การดูดซับ เท่ากับ 39.05 ลิตรต่อกรัม

4. ความสามารถในการดูดซับไอโอดีน

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายไอเดียมไทโอซัลเฟต

โดยการไทเทรตด้วยสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตเข้มข้น 0.1000 นอร์มอล และใช้น้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์

น้ำหนักโพแทสเซียมไอโอเดต = 3.5672 กรัม

	g/M	=	NV/1000
เมื่อ	g	=	น้ำหนักของโพแทสเซียม ไอโอเดต (g)
	M	=	น้ำหนักสมมูลของ ไอโอเดต (g/meq)
	N	=	ความเข้มข้นของ โพแทสเซียม ไอโอเดต (N)
	V	=	ปริมาตรสารละลาย (ml)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 N &= (3.5672/35.67) \times (1000/1000) \\
 &= 0.1000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น สารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตเข้มข้น 0.1000 นอร์มอล

ตารางที่ ค-8 ปริมาตร โซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการหาความเข้มข้นที่แน่นอน

ครั้งที่	สเกลบิวเรตต์เริ่มต้น	สเกลบิวเรตต์สุดท้าย	ปริมาตร $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ (ml)
1	0.00	25.10	25.10
2	0.00	25.20	25.20
3	0.00	25.20	25.20

การคำนวณ

$$\begin{aligned}
 N_1 V_1 &= N_2 V_2 \\
 \text{เมื่อ } N_1 &= \text{ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (N)} \\
 N_2 &= \text{ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดต (N)} \\
 V_1 &= \text{ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (ml)} \\
 V_2 &= \text{ปริมาตรของสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดต (ml)} \\
 N_1 &= (0.1000 \times 25)/25.167 \\
 &= 0.0993 \text{ N}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตมีความเข้มข้น 0.0993 นอร์มอล

ตารางที่ ค-9 ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไทโอซัลเฟตในการหาค่าไอโอดีนนมเบอร์รี่

ครั้งที่	สเกลบิวเรตต์เริ่ม ต้น	สเกลบิวเรตต์ สุดท้าย	ปริมาตร โซเดียมไทโอซัลเฟต ที่ใช้ (ml)	น้ำหนักถ่านกัม มันต์ (g)
1	10.00	22.70	12.70	1.0026
2	23.00	35.70	10.50	0.8126
3	35.70	41.90	6.20	0.1204
blank	0.00	50.00	50.00	0.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรที่ใช้คำนวณการหาค่าการดูดซับไอโอดีน

	A_1	=	$N_2 I_1 (126.93)$
	B_1	=	$N_1 (126.93)$
	DF	=	$(I+H)/F_1$
	X/M	=	$(A_1 - (DF)(B_1)(S))/M$
	C_1	=	$(N_1 \times S)/F_1$
เมื่อ	A_1	=	น้ำหนักทั้งหมดของไอโอดีนในสารละลายไอโอดีนเริ่มต้น (มิลลิกรัม)
	B_1	=	น้ำหนักของไอโอดีนที่ทำปฏิกิริยาสมบูรณ์พอดีกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 1 มิลลิกรัม (มิลลิกรัม)
	DF	=	Dilute Factor เป็นสัดส่วนระหว่างสารละลายทั้งหมดตอนเริ่มต้นกับปริมาตรสารละลายที่นำมาไทเทรต
	X/M	=	ปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม)
	I_1	=	ปริมาตรของไอโอดีนที่ใส่เริ่มต้น (มิลลิลิตร)
	H	=	ปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก (มิลลิลิตร)
	M	=	น้ำหนักของถ่านกัมมันต์ที่ใช้ (กรัม)
	C_1	=	ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนหลังการดูดซับ (นอร์มอล)
	N_1	=	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต (นอร์มอล)
	N_2	=	ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน (นอร์มอล)
	F_1	=	ปริมาตรของสารละลายไอโอดีนที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)
	S	=	ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (มิลลิลิตร)

การคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต} = 0.0993 \text{ N}$$

$$\text{ปริมาตรสารละลายที่ใช้ไทเทรต} = 50 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{ครั้งที่ 1; ความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายไอโอดีน} &= (0.0993 \times 12.70)/50 \\ &= 0.0252 \text{ N} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ครั้งที่ 2 ; ความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายไอโอดีน = $(0.0993 \times 10.50)/50$
= 0.0208 N
- ครั้งที่ 3 ; ความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายไอโอดีน = $(0.0993 \times 6.20)/50$
= 0.0123 N
- Blank ; ความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายไอโอดีน = $(0.0993 \times 50)/50$
= 0.0993 N

ตารางที่ ค-10 การหาค่าไอโอดีนนมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า

ครั้งที่	ปริมาตร $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (ml)	น้ำหนัก ถ่านกัม มันต์ (g)	X/M (mg/g)	ความ เข้มข้น (N)	ค่าการดูดซับ ไอโอดีน	ไอโอดีนนม เบอร์	M (g)
1	12.70	1.0026	909.70	0.0300	3.23	1694.77	83.13
2	10.50	0.8126	1197.47	0.0200			87.23
3	6.20	0.1204	9072.28	0.0100			98.57

การหาค่าการดูดซับไอโอดีนหาได้โดยใช้ Three-Point Adsorption Isotherm โดยเขียนกราฟระหว่างค่าปริมาตรไอโอดีนที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์กับค่าความเข้มข้น โดยคำนวณได้จาก

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน} &= 0.0996 \text{ N} \\ \text{ปริมาตรของสารละลายไอโอดีน} &= 100 \text{ ml} \\ A_1 &= 0.0996 \times 100 \times 126.93 \\ &= 1264.22 \text{ mg} \end{aligned}$$

ดังนั้น น้ำหนักทั้งหมดของไอโอดีนในสารละลายไอโอดีนเริ่มต้น 1264.22 มิลลิกรัม

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต} &= 0.0993 \text{ N} \\ \text{น้ำหนักสมมูลของไอโอดีน} &= 126.93 \text{ g/meq} \\ B_1 &= 0.0993 \times 126.93 \\ &= 12.60 \text{ mg} \end{aligned}$$

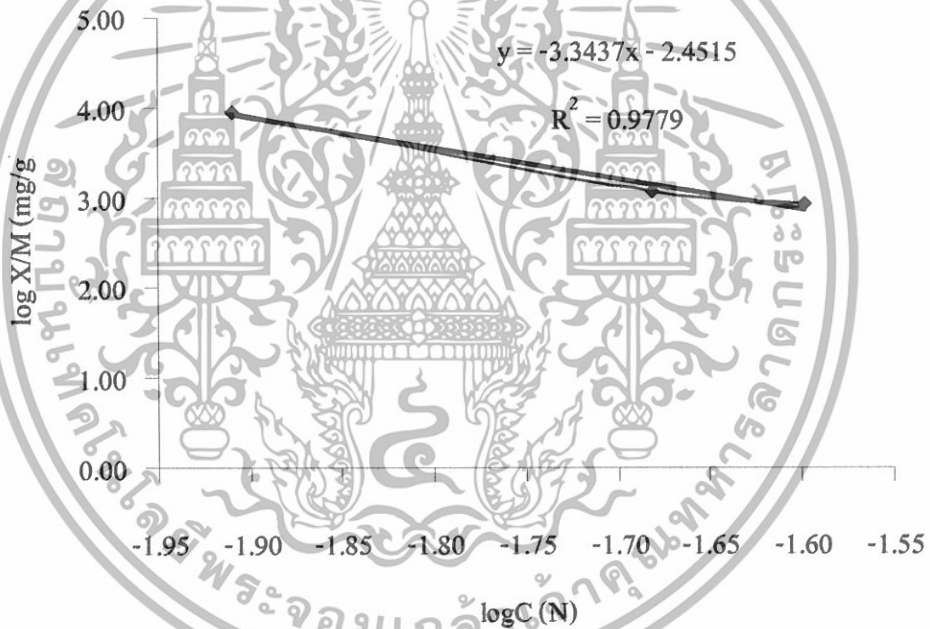
ดังนั้น น้ำหนักของไอโอดีนที่ทำปฏิกิริยาสมบูรณ์พอดีกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต

1 มิลลิกรัม เท่ากับ 12.60 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณของสารละลายไอโอดีน} &= 100 \text{ ml} \\
 \text{ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริก} &= 10 \text{ ml} \\
 \text{ปริมาณสารละลายที่ใช้ไทเทรต} &= 50 \text{ ml} \\
 \text{Dilution Factor} &= (100 + 10)/50 \\
 &= 2.20
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาตรสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต} &= 12.70 \text{ ml} \\
 \text{น้ำหนักถ่านกัมมันต์} &= 1.0026 \text{ g} \\
 \text{ปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์} &= (1264.22 - (2.20 \times 12.60 \times 12.7)) / 1.0026 \\
 &= 909.70 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$



รูปที่ ก-2 ปริมาณ ไอโอดีนที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้า

ค่าการดูดซับไอโอดีนจะเป็นค่า X/M ที่อ่านได้จากกราฟเมื่อความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนหลังการดูดซับเท่ากับ 0.02 N

$$\begin{aligned}
 \text{จากกราฟ ค่าการดูดซับไอโอดีน} &= 3.23 \text{ mg/g} \\
 \text{ไอโอดีนนัมเบอร์} &= 10^{3.23} \\
 &= 1694.77
 \end{aligned}$$

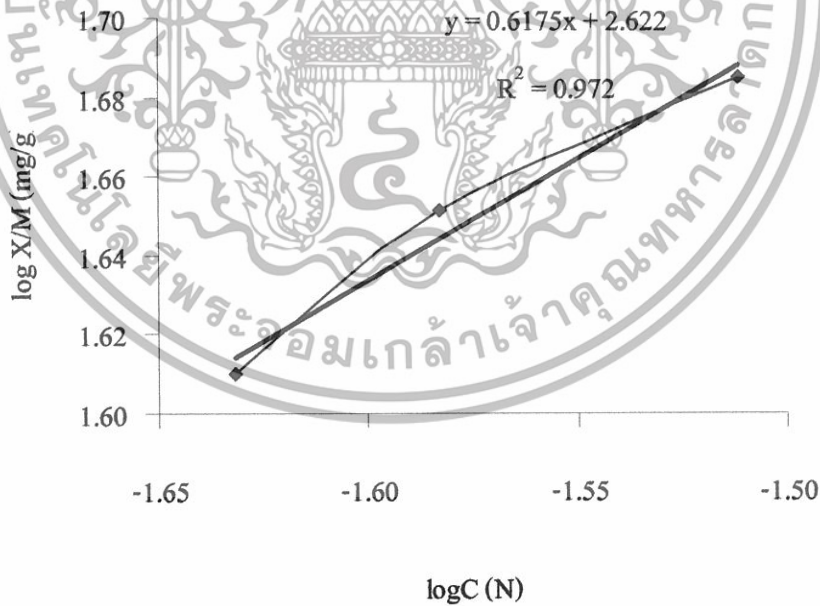
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทราบค่าการดูดซับไอโอดีน จะสามารถคำนวณหาปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้ดูดซับได้

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักถ่านกัมมันต์ที่ใช้} &= ((1264.22 - (2.20 \times 0.03 \times 50 \times 126.93)) / 3.23 \\ &= 83.13 \text{ g} \end{aligned}$$

ครั้งที่	ปริมาตร Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	น้ำหนัก ถ่านกัม มันต์ (g)	X/M (mg/g)	ความเข้มข้น (N)	ค่าการดูด ซับไอโอดีน	ไอโอดีน นัมเบอร์	M (g)
1	15.50	17.2126	48.48	0.03	1.57	37.40	195.77
2	13.15	20.0617	44.84	0.03			204.64
3	11.75	23.0406	40.73	0.02			210.71

ตารางที่ ค-11 การหาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ชนิดที่ดูดซับดีที่สุด



รูปที่ ค-3 ปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับบนถ่านกัมมันต์ชนิดที่ดูดซับดีที่สุด

จากรูปที่ ค-2 และ รูปที่ ค-3 จะเห็นว่ามีความชันแตกต่างกันมีผลเนื่องมาจากการหาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตเพื่อการค้าได้ทำการลดค่าปริมาณถ่านกัมมันต์ลง ส่วนการหาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ที่สามารถดูดซับได้ดีที่สุด ได้เพิ่มปริมาณขึ้น ค่าความชันจึงเพิ่มขึ้นด้วย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้