15459

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาวิธีการนำคาร์บอนกัมมันต์กลับมาใช้ใหม่

Regeneration of Activated Carbon

T096631

นางสาวเทพกัญญา ตันตโยทัย

นายปิยะ หาญศิลวัต

ปพ.
ท597ก
2541

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....C3631
วัน,เดือน,ปี.....4 Jun 2009

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

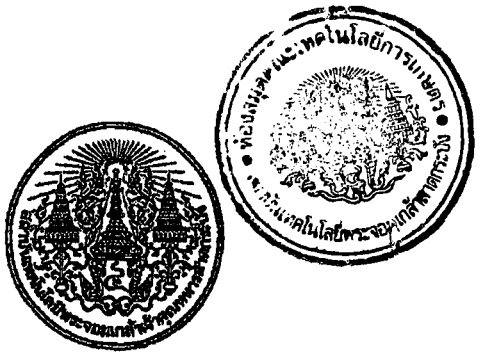
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1760



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาวิธีการนำคาร์บอนกัมมันต์กัมมันต์กลับมาใช้ใหม่

(Regeneration of Activated Carbon)

โดย

นางสาวเทพกัญญา ตันตโยทัย

นายปิยะ หาญศิลวัต

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 19/3/41 ..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(อ.ชนธิสุข ธีระชัยชยุติ)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(ผศ.ดร.ระติมา หาเรือนกิจ)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

15459

-7 ก.ค. 2541

ฝพ.

ท 594 ก

2540

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

เทพกัญญา ตันตโยทัย และ ปิยะ หาญศีลวัต. 2541. : การศึกษาวิธีการนำคาร์บอนกัมมันต์กลับมาใช้ใหม่ (Regeneration of Activated Carbon). สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
อาจารย์ที่ปรึกษา อ.สนธิสุข ธีระชัยชยุติ, 34 หน้า

ปัจจุบันวิธีการนำคาร์บอนกัมมันต์กลับมาใช้ใหม่ด้วยวิธีการใช้ความร้อนและสารละลายต่างๆพบว่าวิธีการดังกล่าวมักเป็นวิธีการที่มีการลงทุนสูง ต้องใช้พลังงานในระหว่างกระบวนการมากและมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก จึงได้ทำการทดลองวิธีการที่สะดวกแก่การนำมาใช้ปฏิบัติจริง จากการทดลองพบว่า การล้างคาร์บอนกัมมันต์ด้วยสารละลายเมธานอล สารละลายไฮโดรคลอริค สารละลายโซเดียมคลอไรด์และน้ำกลั่นที่อุณหภูมิแตกต่างกัน มีค่าสีเปรียบเทียบของ ΔEของคาร์บอนกัมมันต์เก่า/ΔE ของคาร์บอนกัมมันต์ใหม่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์และมีค่าสี Munsell ดังนี้ 5Y 7/10 5Y 7/8 และ 5Y 8/12 และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีของน้ำสับปะรดที่ฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ใหม่พบว่ามีความแตกต่างกันมาก โดยที่ค่าสีที่ใช้คาร์บอนกัมมันต์ใหม่จะมีค่าสี Munsell เท่ากับ 2.5GY 6/4 จึงทำการทดลองต่อไปโดยการเลือกใช้คาร์บอนกัมมันต์ที่ล้างด้วยน้ำกลั่น พบว่าเมื่อนำมาใช้ผสมกับคาร์บอนกัมมันต์ใหม่ในอัตราส่วนคาร์บอนกัมมันต์ใหม่ต่อคาร์บอนกัมมันต์เก่า 2:1 มีค่าสีเทียบเท่ากับการใช้คาร์บอนกัมมันต์ใหม่เพียงอย่างเดียว

เทพกัญญา ตันตโยทัย		19 / 3 / 41
ปิยะ หาญศีลวัต		
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน - เดือน - ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์สนธิสุข ธีระชัยชยุติเป็นอย่างสูง ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์กิตติชัย บรรจง ท่านอาจารย์ระจิตร จุธากรณ์และท่านอาจารย์ประมวล ศรีกาหลง ที่กรุณาให้คำปรึกษาอย่างดียิ่งตลอดมา

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในระหว่างการปฏิบัติงาน ขอขอบคุณ คุณอาณัติ มีป้อมและคุณสุธิญา พัวประเสริฐ ที่ให้ข้อมูลในการทำรายงานฉบับนี้ ขอขอบคุณ คุณธวัช ไพศาขมาศ ที่เอื้อเฟื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำเนิดและเลี้ยงดูด้วยความรักตลอดมา

เทพกัญญา ตันตโยทัย
ปิยะ หาญศีลวัต
19 มีนาคม 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
สารบัญตารางภาคผนวก	ซ
สารบัญรูปภาคผนวก	ฌ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	14
4. ผลการทดลองและวิจารณ์การทดลอง	18
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	24
เอกสารอ้างอิง	28
ภาคผนวก	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. วัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นคาร์บอนกัมมันต์	3
2. ค่าการดูดซับด้วย Activated pine wood char	4
3. ค่าการดูดซับด้วย Activated lignin char	4
4. คุณสมบัติของคาร์บอนกัมมันต์ที่ต้องพิจารณาในการเลือกใช้	9
5. ผลของการทรีทเมนต์คาร์บอนกัมมันต์ด้วยวิธีต่างๆกันต่อ องค์ประกอบของเถ้าและค่าความเป็นกรดด่าง	11
6. ความหนาแน่นรวมและขนาดของผงคาร์บอนกัมมันต์ที่วิเคราะห์ โดยการใช้ตะแกรงร่อน	12
7. ค่าสี Munsell ของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วย คาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นและสารเคมีชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน	18
8. ค่าratioของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นและสารเคมีชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน	20
9. ค่าสี Munsell ของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วย คาร์บอนกัมมันต์เก่าในปริมาณต่างๆ	22
10. ค่าสี Munsell ของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วย คาร์บอนกัมมันต์ใหม่ผสมคาร์บอนกัมมันต์เก่าในอัตราส่วนต่างๆ	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.	โครงสร้างของกราไฟต์ โครงสร้างแบบเทอร์โบสเตรติก และรูปร่างของGAC	5
2.	ลักษณะของ Surface oxides บนผิวคาร์บอน	6
3.	ζ-potential ของ PAC มีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดด่างของสารละลาย ผลจากการใช้กรดไฮโดรคลอริกและการใช้ความร้อน	8
4.	แผนภาพแสดงกระบวนการล้างคาร์บอนกัมมันต์และการฟอกสีน้ำสับปะรด	16
5.	แผนภาพแสดงกระบวนการนำคาร์บอนกัมมันต์ที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่	25
6.	แผนภาพแสดงปริมาณน้ำมันเตาและน้ำที่เข้าสู่หม้อน้ำและผลผลิตที่ได้	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางผนวกที่	หน้า
1. ค่าสีของน้ำสับปะรดที่วัดด้วยเครื่องวัดสี	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาคผนวก

รูปที่		หน้า
1.	คาร์บอนกัมมันต์ใหม่กับคาร์บอนกัมมันต์เก่า	32
2.	สีน้ำสับปะรดเริ่มต้น	32
3.	สีน้ำสับปะรดเริ่มต้น น้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ใหม่และคาร์บอนกัมมันต์เก่า	33
4.	สีน้ำสับปะรดที่ผ่านคาร์บอนกัมมันต์เก่า 5 , 7 และ 10 เปอร์เซนต์เทียบกับคาร์บอนกัมมันต์ใหม่	33
5.	สีของน้ำสับปะรดที่ฟอกด้วยคาร์บอนกัมมันต์เก่าผสมคาร์บอนกัมมันต์ใหม่ในอัตราส่วนต่างๆ	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันมีการใช้คาร์บอนกัมมันต์กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากคาร์บอนกัมมันต์มีประโยชน์ในการดูดซับ(adsorb)สารที่ไม่ต้องการ โดยการนำไปใช้ประโยชน์ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ อาทิเช่น การใช้คาร์บอนกัมมันต์ฟอกสีน้ำเชื่อมเพื่อผลิตน้ำตาลทรายขาว การใช้คาร์บอนกัมมันต์ประกอบในเครื่องกรองน้ำหรือแม้กระทั่งการนำไปใช้จับก๊าซที่ไม่ต้องการ โดยคาร์บอนกัมมันต์มีคุณลักษณะที่มีรูพรุนอยู่มากมาย ทำให้มีพื้นที่ผิวในการดูดซับมากและมีความสามารถในการดูดซับ(adsorbtive capacity) สูง

เนื่องจากการใช้คาร์บอนกัมมันต์มักเป็นการใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งไปซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองและก่อให้เกิดขยะ จึงมีการศึกษาวิธีการนำคาร์บอนกัมมันต์กลับมาใช้ใหม่(Regeneration) เพื่อเป็นการลดต้นทุนและประหยัดทรัพยากร

วัตถุประสงค์ของการทำปัญหาพิเศษ

1. เพื่อศึกษาวิธีการนำคาร์บอนกัมมันต์ชนิดผง(Powder activated carbon)กลับมาใช้ใหม่
2. เพื่อนำคาร์บอนกัมมันต์ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

คาร์บอนกัมมันต์เป็นตัวดูดซับที่มีรูพรุน มีการค้นพบมาตั้งแต่ปี 1600 เมื่อถ่านไม้ถูกนำมาใช้เป็นยาในอียิปต์ สำหรับในประเทศญี่ปุ่นมีการพบเครื่องกรองน้ำโบราณที่มีถ่านเป็นตัวกรองอยู่ตรงส่วนท้ายของเครื่องในศาลเจ้าเก่าแก่แห่งหนึ่ง(Kashiwar Jingu , Nara) ส่วนในยุโรป ถ่านไม้จะถูกนำมาใช้ในการฟอกสีน้ำตาลจากหัวบีท

2.1 การผลิตคาร์บอนกัมมันต์

คาร์บอนกัมมันต์จะถูกเตรียมจากวัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น ถ่านหิน (ถ่านหินแอนทราไซต์ หรือ ถ่านหินสีน้ำตาล) ลิกไนต์ ไม้ เปลือกของผลไม้เปลือกแข็ง ขี้เลื่อย เป็นต้น บางครั้งก็เตรียมจากพวกโพลิเมอร์ ชนิดของวัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นคาร์บอนกัมมันต์แสดงไว้ในตารางที่ 1

ขั้นตอนการผลิต คือ นำวัตถุดิบมาเผาด้วยความร้อนสูง และทำให้กลายสภาพเป็นคาร์บอน(Carbonization)ที่อุณหภูมิหลายร้อยองศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ใช้ขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบที่นำมาใช้ เช่น ถ่านหินแอนทราไซต์ใช้อุณหภูมิในการเผาถึง 850 องศาเซลเซียส สำหรับคาร์บอนที่ใช้ในการดูดซับ ควรผลิตจากวัตถุดิบที่มีสารประกอบอนินทรีย์ในปริมาณที่เหมาะสม การเพิ่มประสิทธิภาพของขั้นตอนนี้สามารถทำได้โดยการนำวัตถุดิบ เช่น ไม้ มาแช่ในสารละลายเมทาลิคคลอไรด์(metallic chlorides) สารที่นิยมใช้กันมากได้แก่ แคลเซียมและแมกนีเซียมคลอไรด์ ส่วนซิงคลอไรด์นิยมใช้ในยุโรปและญี่ปุ่น โดยมีขั้นตอนดังนี้ นำวัตถุดิบมา 1 ส่วนผสมกับซิงค์คลอไรด์ 1-4 ส่วนแล้วทำให้แห้ง จากนั้นนำมาให้ความร้อน 600-700 องศาเซลเซียส นำคาร์บอนที่ได้มาล้างด้วยกรดและน้ำ ผลที่ได้คือคาร์บอนที่มีความสามารถในการดูดซับสูง

ระหว่างกระบวนการผลิตจะมีการกำจัดสารที่ทำให้เกิดกลิ่น (Volatile fractile) และสารโมเลกุลต่ำออกไป ส่วนที่เหลือจะเข้ากระบวนการกระตุ้น(Activation)โดยการใช้ก๊าซออกซิไดซ์ เช่น ไอน้ำที่ร้อนกว่า 800 องศาเซลเซียส หรือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิสูง โดยมีสมการดังนี้

$$H_2O + C_x \rightarrow H + CO + C_{x-1} \qquad (800^\circ\text{-}900^\circ\text{C})$$

$$CO_2 + C_x \rightarrow 2CO + C_{x-1} \qquad (800^\circ\text{-}900^\circ\text{C})$$

$$O_2 + C_x \rightarrow 2CO + C_{x-2} \qquad (800^\circ\text{-}900^\circ\text{C})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$O_2 + C_x \rightarrow CO_2 + C_{x-1} \quad \text{(ไม่เกิน } 600^\circ C\text{)}$$

สำหรับการใช้ไอน้ำเป็นตัวออกซิไดซ์จะได้ผลดีกว่าการใช้คาร์บอนไดออกไซด์และการใช้อากาศดังแสดงในตารางที่ 2 การใช้ไอน้ำ อุณหภูมิที่ใช้ต้องเพียงพอแก่อัตราการออกซิเดชั่น แต่ไม่ควรเกิน 1000 องศาเซลเซียส เนื่องจากทำให้ความสามารถในการดูดซับแย่ลง ส่วนการใช้อากาศอุณหภูมิไม่ควรเกิน 600 องศาเซลเซียส วิธีนี้ไม่นิยมใช้ ยกเว้นกับวัตถุดิบจำพวกขี้เลื่อยหรือลิกนิน สำหรับลิกนินที่กระตุ้นด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสจะสามารถฟอกสีได้เท่ากับการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่ 800-900 องศาเซลเซียส ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 1 วัตถุดิบที่มีการนำมาผลิตเป็นคาร์บอนกัมมันต์

ชนิดวัตถุดิบ	
Bagasse	Kelp and seaweed
Beet-sugar sludges	Lampblack
Blood	Leather waste
Bones	Lignin
Carbohydrates	Lignite
Cereals	Molasses
Coal	Oil shale
Coconut shells	Peat
Coffee beans	Petroleum acid sludge
Corncobs and corn stalks	Petroleum coke
Cottonseed hulls	Potassium ferrocyanide residue
Distillery waste	Pulp-mill waste
Fish	Rice hulls
Flue dust	Rubber waste
Fruit pits	Sawdust
Graphite	Wood

ที่มา John W. Hassler(1974)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ค่าการดูดซับด้วย Activated pine wood char

สภาวะกระตุ้น		สารที่ถูกดูดซับ(กรัม/กรัม คาร์บอน)			
ก๊าซ	อุณหภูมิ (^{o}C)	Chrysoidine R	Ponceau R	Aniline Blue	Iodine
อากาศ	600	0.34	0.10	0.05	0.36
อากาศ	740	0.16	0.08	0.05	0.40
อากาศ	790	0.15	0.08	0.06	0.42
อากาศ	860	0.14	0.08	0.06	0.42
อากาศ	910	0.13	0.10	0.06	0.40
ไอน้ำ	770	0.37	0.19	0.16	0.60
ไอน้ำ	825	0.37	0.17	0.17	0.60
ไอน้ำ	880	0.36	0.16	0.21	0.62
CO_2	880	0.32	0.12		

ที่มา John W. Hassler(1974)

ตารางที่ 3 การดูดซับด้วย Activated lignin char

สภาวะกระตุ้น		สารที่ถูกดูดซับ(กรัม/กรัม คาร์บอน)			
ก๊าซ	อุณหภูมิ (^{o}C)	Chrysoidine R	Ponceau R	Methylene Blue	Molasses Color
อากาศ	600	0.34	0.33	0.23	1.6
อากาศ	840	0.21	0.10	0.14	0.5
ไอน้ำ	840	0.36	0.24	0.29	1.4

ที่มา John W. Hassler(1974)

รูพรุนของคาร์บอนกัมมันต์จะถูกสร้างในระหว่างการกระตุ้นนี้ ผลผลิตของคาร์บอนจากวัตถุดิบจะได้น้อยกว่า 50 เปอร์เซนต์ บางครั้งได้เพียง 10 เปอร์เซนต์เท่านั้น

การทำให้กลายสภาพเป็นคาร์บอนสามารถกระตุ้น(Activation)โดยการใช้สารอนินทรีย์ เช่น ซิงค์คลอไรด์ หรือ กรดฟอสฟอริก ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการควบแน่นไพโรไลติกของคาร์โบไฮเดรต นั่นคือ ปฏิกิริยาจะดำเนินต่อไปที่อุณหภูมิต่ำและมีการเพิ่มผลผลิตของถ่านระหว่างการเติมคาร์บอน ในขั้นตอนนี้จะมีการสร้างรูพรุนโดยการนำคาร์บอนที่ได้แทนที่ผลึกของเกลือ

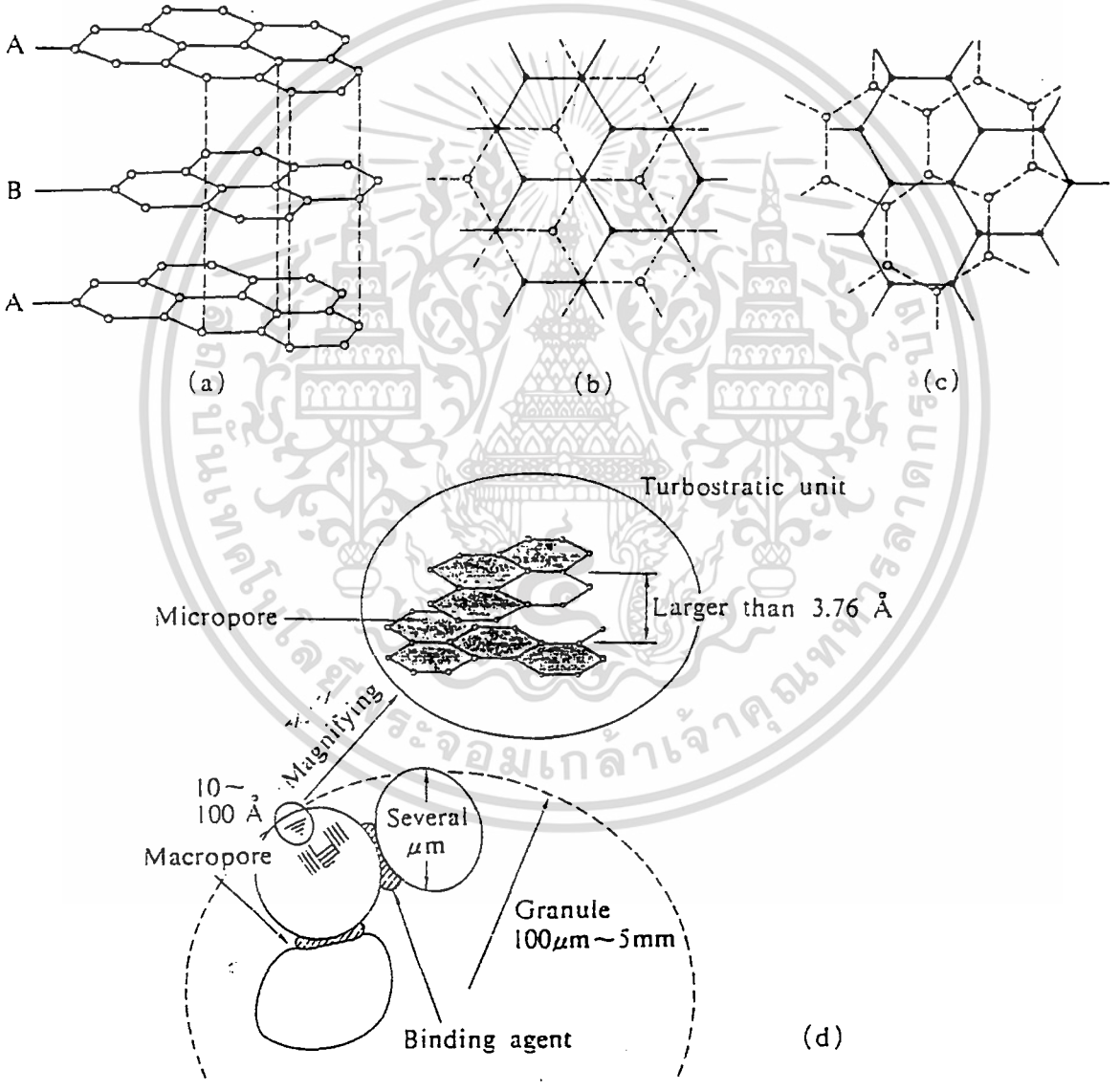
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนินทรีย์ และมีการชะล้างเกลือออกโดยกรด รูพรุนจึงเกิดขึ้นมากมาย ประโยชน์ของรูพรุนเหล่านี้คือเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับ(Adsorb)สารนั่นเอง

2.2 ลักษณะของคาร์บอนกัมมันต์

2.2.1 Micropores

Micropores มีลักษณะเหมือนแผ่นกราไฟต์ 2 แผ่น ประกอบด้วยคาร์บอนอะตอม ระยะห่างระหว่างแผ่นคือ 3.76 °A (0.376 นาโนเมตร) สำหรับคาร์บอนกัมมันต์จะมีโครงสร้างผลึกเป็นแบบเทอร์โบสเตรติก (Turbostratic) ดังรูปที่ 1



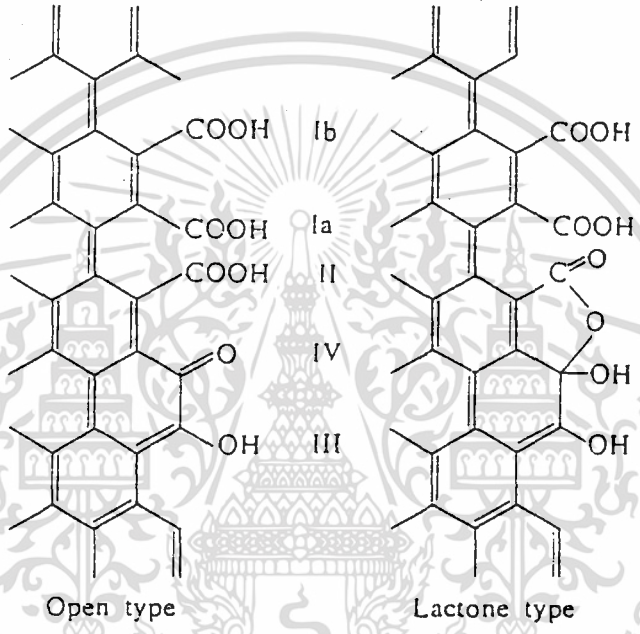
<u>รูปที่ 1</u> โครงสร้างของกราไฟต์(a,b),โครงสร้างแบบเทอร์โบรสเตรติก(c)และรูปร่างของGAC(d)
ที่มา Motoyuki Suzuki(1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 Surface oxide groups

คาร์บอนกัมมันต์ส่วนใหญ่จะมีสารประกอบออกไซด์ปะปนอยู่บ้าง ซึ่งเกิดจากแหล่งวัตถุดิบหรือจากการดูดซับทางเคมีของอากาศ (ออกซิเดชั่น) ระหว่างการกระตุ้นหรือระหว่างการเก็บ สารประกอบออกซิเจนบนพื้นผิวมี 4 ชนิดคือ

1. Strong carboxylic groups
2. Weak carboxylic groups
3. Phenolic groups
4. Carbonyl groups



รูปที่ 2 ลักษณะของSurface oxidesบนผิวคาร์บอน ; I : Carboxyl group, a: Removed by 200°C, b: Removed above 325°C, II : Carboxyl group which exists as lactol group, III : Phenolic hydroxyl group, IV : Carbonyl group

ที่มา Motoyuki Suzuki(1990)

การจำแนกกรดออกไซด์ทำได้โดยการไตเตรทกับสารละลายด่างที่ความเข้มข้นต่างๆกัน เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนต, $NaHCO_3$ มีค่า pK_a = 6.73 จะทำปฏิกิริยากับผิวออกไซด์ชนิดที่1 โซเดียมคาร์บอเนต, Na_2CO_3 มีค่า pK_a = 10.25 สามารถใช้สำหรับการไตเตรทชนิดที่ 1 และ 2 โซเดียมไฮดรอกไซด์, NaOH มีค่า pK_a = 15.74 ใช้สำหรับการไตเตรทชนิดที่ 1,2 และ 3 โซเดียมเมธอกไซด์, $NaOC_2H_5$ มีค่า pK_a = 20.58 ใช้สำหรับการไตเตรทชนิดที่ 1,2,3 และ 4 ด้วยวิธีดังกล่าวจึงสามารถจำแนกชนิดของพื้นผิวจากค่าความแตกต่างในการไตเตรท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Surface oxide groups สามารถกำจัดออกได้โดยการใช้ความร้อนภายใต้สูญญากาศหรือก๊าซเฉื่อย

2.2.3 เถ้า

จำนวนเถ้าของคาร์บอนกัมมันต์จะมีประมาณ 1-12 เปอร์เซนต์ เถ้าประกอบไปด้วย ซิลิกา อะลูมินา เหล็ก ด่าง และโลหะที่เป็นด่าง หน้าที่ของเถ้าคือ เพิ่มไฮโดรฟิลิกซิตี้ของคาร์บอนกัมมันต์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์เมื่อผงคาร์บอนกัมมันต์ถูกนำมาใช้ในการบำบัดน้ำ นอกจากนี้ผลกระทบในการเร่งปฏิกิริยาของด่าง ออกไซด์ของสารจำพวกปูนและเหล็กบางชนิด จะทำให้รูพรุนของคาร์บอนกัมมันต์มีขนาดใหญ่ขึ้น สำหรับเถ้าที่เป็นกรดจะสามารถกำจัดออกไปได้โดยการชะล้างด้วยกรดอ่อน

2.3 ชนิดของคาร์บอนกัมมันต์

2.3.1 Powder activated carbon (PAC)

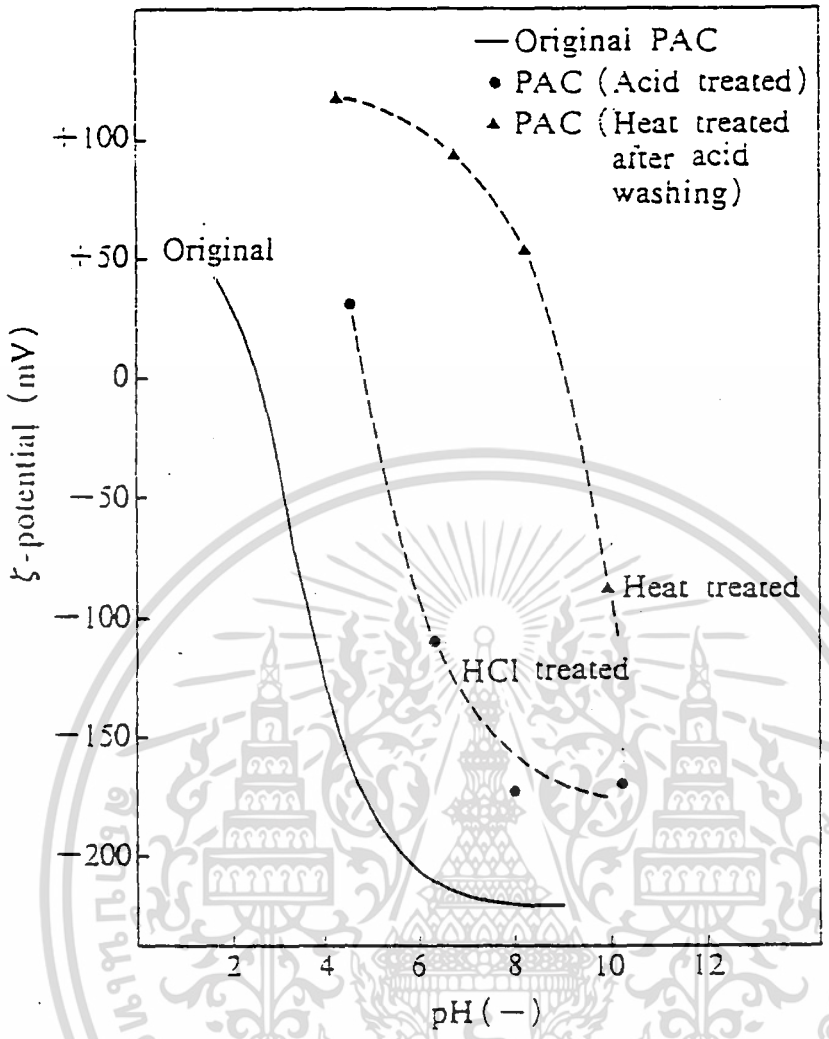
คาร์บอนกัมมันต์ที่ใช้ในทางการค้าที่สำคัญมี 2 แบบ คือ แบบผงและแบบเม็ด ผงคาร์บอนกัมมันต์ส่วนใหญ่ทำมาจากขี้เลื่อย ขนาดของ PAC อยู่ระหว่า 15-25 ไมโครเมตร และมีการบิดทางเรขาคณิต (geometrical standard deviation) ประมาณ 0.155-0.266

ในอุตสาหกรรมมีการนำไปใช้ฟอกสีอาหาร เช่น น้ำตาล น้ำมัน เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ และโซเดียมกลูตาเมท นอกจากนี้ยังนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำดื่มและการบำบัดน้ำเสียอีกด้วย

สำหรับการใช้ในสถานะของเหลว ประจุที่พื้นผิวจะมีความสำคัญ เนื่องจากมีผลต่อการตกตะกอนหรือการกรองคาร์บอนกัมมันต์ออกจากของเหลวภายหลังการใช้งาน ประจุที่ผิวหาได้จากค่า ζ-potential จากการวัดค่า ζ-potential พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า ζ-potential มีความสัมพันธ์กับความเป็นกรดด่างของสารละลาย ความคงตัวของกลุ่มออกไซด์ ผลของการใช้กรดชะล้างเพื่อกำจัดเถ้าที่ละลายได้ และการใช้ความร้อนเพื่อกำจัดผิวกรดออกไซด์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3

นอกจากจะใช้ PACในการดูดซับแล้ว ประจุที่ผิวยังทำให้คอลลอยด์จับตัวกันเป็นก้อนอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>รูปที่ 3</u> ζ-potential ของ PAC มีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดด่างของสารละลาย ผลจากการใช้กรดไฮโดรคลอริก และการใช้ความร้อน

ที่มา Motoyuki Suzuki

2.3.2 Granular activated carbon (GAC)

GAC คือเม็ดถ่านบดที่บดโดยใช้เครื่องมือ เช่น coal tar pitch ขนาดของ GAC จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ประโยชน์ สำหรับการดูดซับเฟสก๊าซ ขนาดของ GAC ที่มักจะใช้กันอยู่ระหว่าง 4-6 มิลลิเมตร หรือ 4/8-10/20 เมช(mesh) ประโยชน์ของการนำไปใช้ในเฟสก๊าซ ได้แก่ การทำให้อากาศบริสุทธิ์ การทำก๊าซให้บริสุทธิ์ การกำจัดซัลเฟอร์ และการแยกก๊าซ ในกรณีการดูดซับเฟสของเหลว การแพร่เข้าไปในอนุภาคจะแพร่จากอนุภาคที่เล็กกว่า ตัวอย่างเช่น การฟอกสีน้ำตาล การกำจัดสารอินทรีย์ การปรับปรุงคุณภาพน้ำดื่ม และการบำบัดน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 Carbon molecular sieves (CMS หรือ MSC)

ขนาดของรูพรุนของคาร์บอนกัมมันต์จะถูกกำหนดขึ้นระหว่างการให้ความร้อนสูง และการกระตุ้น จึงต้องมีการเลือกใช้วัตถุดิบและสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ขนาดของรูพรุนตามที่ต้องการ เช่น อุณหภูมิในการทำให้เกิดคาร์บอน อุณหภูมิกระตุ้น เวลา และคุณสมบัติของเครื่องบด

ประโยชน์ที่สำคัญของ CMS คือ การแยกไนโตรเจนและออกซิเจนในอากาศ และการปรับปรุงกลิ่นในผลิตภัณฑ์ไวน์

2.3.4 Activated carbon fiber (ACF)

ACF ผลิตจากการนำไฟเบอร์สังเคราะห์ เช่น ฟีนอลิคเรซิน โพลีอคริลิคเรซิน และแพรเทียมไปเผาด้วยความร้อนสูงภายใต้สภาวะก๊าซเฉื่อยและทำให้กลายสภาพเป็นคาร์บอน การเตรียมโดยการกระตุ้น(Activation) ต้องเตรียมอย่างระมัดระวัง

ACF ส่วนใหญ่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางยาว 7-15 ไมโครเมตร ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า PAC เสียอีก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ ACF สามารถแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว และยังสามารถควบคุมอัตราการดูดซับได้ด้วยแผ่น ACF

ประโยชน์ของ ACF คือ การนำมาใช้กรองอากาศและใช้บำบัดน้ำ

2.4 คุณสมบัติของคาร์บอนกัมมันต์

คุณสมบัติที่คำนึงถึงในการเลือกใช้คาร์บอนกัมมันต์แสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของคาร์บอนกัมมันต์ที่ต้องพิจารณาในการเลือกใช้

Density	Water-extractable inorganics
Particle size distribution	Acid-soluble inorganics
Porosity	Content of
Surface area	Sulfur
Filtration rate	Sulfides
Wettability	Sulfates
Dustiness	Phosphates
Ignition temperature	Chlorides
Electrical conductivity	Iron
Oil retention	Copper
Moisture	Zinc
pH	Calcium
Total ash	Magnesium
Resistance to attrition	Silica
Hardness	

ที่มา John W. Hassler(1974)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ความชื้น

คาร์บอนกัมมันต์จะถูกกำหนดราคาได้จากค่าความชื้น โดยทั่วไปคาร์บอนกัมมันต์จะมีความชื้นในระดับหนึ่ง เช่น 3,8,10 เปอร์เซนต์ หากเก็บคาร์บอนกัมมันต์ในที่ที่มีความชื้น คาร์บอนกัมมันต์จะดูดซับความชื้นไว้ได้ 20-25 เปอร์เซนต์ ความชื้นนี้ไม่มีผลต่อการดูดซับ แต่มีผลต่อน้ำหนัก เมื่อมีการซื้อขายจึงต้องตกลงกันโดยใช้น้ำหนักแห้ง วิธีทำแห้งคือ อบคาร์บอนไว้ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส แล้วเก็บไว้ในเดซิเคเตอร์(desicator)

2.4.2 องค์ประกอบอนินทรีย์(Inorganic Constituents)

คาร์บอนกัมมันต์แต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบอนินทรีย์แตกต่างขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาผลิตและสารที่ใช้ในกระบวนการผลิต ปริมาณสารอนินทรีย์ใช้แบ่งเกรดของคาร์บอนกัมมันต์ได้โดยดูจากธรรมชาติของสารและความเข้มข้นของสารนั้น

2.4.2.1 เถ้า

ในการวิเคราะห์ปริมาณเถ้า ทำได้โดยนำผงคาร์บอน(PAC)มา 2 กรัม หรือเม็ดคาร์บอน(GAC)มา 10-20 กรัมใส่ลงในครูซิเบิล(crucible) แล้วนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียสจนกระทั่งคาร์บอนถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์

2.4.2.2 การแลกเปลี่ยนประจุ(Ion Exchanger)

คาร์บอนบางชนิดจะจับกับสารอนินทรีย์ที่ละลายได้ด้วยการแลกเปลี่ยนประจุ จากตารางที่ 5 เมื่อนำคาร์บอนชนิดเจเจ(JJ)มาล้างด้วยน้ำ แล้วนำไปวิเคราะห์เถ้าพบว่ามีปริมาณโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) 2.2 กรัมต่อ 100 กรัม-คาร์บอน และเมื่อนำมาล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริค ปริมาณโซเดียมซัลเฟตจะเหลือเพียง 0.9 เปอร์เซนต์ นอกจากนี้ยังพบว่าการล้างด้วยกรดจะทำให้ความเป็นกรดด่าง(pH)ของคาร์บอนเจเจลดลงจาก 8.0 เหลือเพียง 1.5 หากเป็นการล้างด้วยน้ำเปล่า ความเป็นกรดด่างจะไม่เปลี่ยนแปลง คาร์บอนถูกปรับให้เป็นกลางได้โดยการใช้ความร้อนเพื่อไล่กรดออก หรือโดยการเติมด่างลงไป การปรับด้วยด่างจะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) แต่คาร์บอนที่ได้จะยังมีโซเดียมซัลเฟตอยู่ การสกัดสารอนินทรีย์จากคาร์บอนเจเจ อาจทำโดยวิธีการแลกเปลี่ยนประจุ (Ion exchanger) โซเดียมจะหลุดออกจากคาร์บอนโดยการแทนที่ด้วยไฮโดรเจนไอออนจากกรด ผลที่ได้หลังจากล้างแล้วจะมีกรดซัลฟูริกแทนโซเดียมซัลเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ผลของการทรีทเมนต์คาร์บอนกัมมันต์ด้วยวิธีต่างๆกันต่อองค์ประกอบของเถ้าและค่าความเป็นกรดด่าง

คาร์บอน	ปริมาณโซเดียมซัลเฟตในเถ้าจากคาร์บอน 100 กรัม	ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำล้างคาร์บอน
การล้างด้วยน้ำ	2.2	8.0
การล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริค	0.9	1.5
การล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริคจากนั้นปรับให้เป็นกลางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์	1.9	7.2
การล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริคจากนั้นให้ความร้อน 800 °ซ	1.0	7.6

ที่มา John W. Hassler(1974)

2.4.3 ความเป็นกรดด่างของคาร์บอน

การวัดความเป็นกรดด่างของคาร์บอนวัดโดยนำคาร์บอนใส่ลงในน้ำกลั่นแล้ววัดค่า ค่าความเป็นกรดด่างจะขึ้นกับสภาวะในการทดลอง เช่น เวลา อุณหภูมิในการสกัดและอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับน้ำ วิธีการที่ใช้วัดค่าความเป็นกรดด่างของคาร์บอนที่นิยมทำได้โดย นำคาร์บอนมา 2 กรัมผสมกับน้ำกลั่น(ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 7) 50 มิลลิลิตร จากนั้นให้ความร้อนจนถึง 90 องศาเซลเซียส และทำให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสแล้วจึงวัดค่าความเป็นกรดด่าง

ในทางอุตสาหกรรมสารละลายจะมีผลทำให้ความเป็นกรดด่างของคาร์บอนมีความผันผวน เราอาจจะปรับค่าความเป็นกรดด่างโดยการเติมกรดหรือเบสลงไป ค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 6.0-8.0 สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์บางครั้งอาจต้องการให้ค่าความเป็นกรดด่างสูงถึง 10.0 หรือบางกรณีอาจต้องการให้ค่าความเป็นกรดด่างต่ำถึง 3.0 ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ ตัวอย่างเช่น น้ำตาลข้าวโพดที่ค่าความเป็นกรดด่างต่ำจะทำให้การฟอกสีมีประสิทธิภาพดีกว่า

ค่าความเป็นกรดด่างของคาร์บอนมีความสัมพันธ์กับสารอนินทรีย์ที่อยู่ในคาร์บอน สำหรับคาร์บอนที่ถูกล้างหลังจากการกระตุ้น(activation)จะได้รับการปรับค่าความเป็นกรดด่างในระหว่างกระบวนการล้าง หลังจากนั้นจึงทำให้แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 ลักษณะโครงสร้าง (STRUCTURAL CHARACTERISTICS)

รูปร่างของคาร์บอนกัมมันต์สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. symmetrical pellets

2.irregular shaped granules

3. powder

4. specialties

ชนิดแรกจะมีหลายขนาด เช่น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/8 นิ้วและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 3/16 นิ้ว ส่วนชนิดที่ 2 มีหลายขนาดตั้งแต่ 4×6 เมช จนถึงขนาดเล็ก 20×50 เมช ขนาดเล็กจะมีอัตราการดูดซับเร็วกว่า ขนาดใหญ่มักใช้กับของเหลวที่มีความหนืด สำหรับชนิดที่ 3 จะต้องมีขนาดไม่เล็กจนเกินไป เนื่องจากขนาดผงคาร์บอนกัมมันต์มีผลต่ออัตราการกรอง

ตารางที่ 6 ความหนาแน่นรวมและขนาดของผงคาร์บอนกัมมันต์ที่วิเคราะห์โดยการใช้ตะแกรงร่อน

Carbon Code	Bulk density	Screen analysis	
	lb/cu ft	on 100 mesh %	through 200 mesh %
E	31	6	68
F	28	21	61
G	23	3	85
H	15	30	42
I	18	18	54
J	32	7	73
K	20	0	100

ที่มา John W. Hassler (1974)

2.5 การนำคาร์บอนกัมมันต์กลับมาใช้ใหม่ด้วยการใช้ความร้อน(Thermal Regeneration)

กระบวนการใช้ความร้อนนี้มีใช้กันมานานหลายปี โดยมีการนำมาใช้ล้างผงคาร์บอนกัมมันต์ที่ใช้แล้วในโรงงานผลิตน้ำตาล ตั้งแต่อดีตมามักใช้วิธีการชะล้างสารที่คาร์บอนกัมมันต์ดูดซับไว้ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เจือจาง แล้วนำมาล้างอีกครั้งด้วยน้ำธรรมดาจากนั้นปรับให้เป็นกลางโดยใช้กรดไฮดรอคลอริกเจือจาง หลังจากขั้นตอนการล้างเสร็จสิ้นลงจึงนำคาร์บอนที่ได้มาทำการออกซิเดชั่นโดยการใช้ลมร้อนอุณหภูมิ 300-600 องศาเซลเซียสหรือการใช่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอน้ำหรือคาร์บอนไดออกไซด์อุณหภูมิ 800-900 องศาเซลเซียส คาร์บอนที่ได้จึงสามารถนำกลับมาใช้ได้อีกครั้ง วิธีการที่ประสบความสำเร็จได้แก่ วิธี rotary kiln และวิธี multiple hearth furnace (เตาเผาแบบโรตารี่,เตาเผาแบบหลายเตา)

วิธีแรก คาร์บอนจะเคลื่อนที่สวนทางกันกลับก๊าซผสมที่เผาไหม้แล้วกับไอน้ำร้อนยิ่งยวด วิธีการดังกล่าวนี้มีประสิทธิภาพ 90-95 เปอร์เซนต์ คาร์บอนกัมมันต์ที่ได้มีความสามารถในการดูดซับได้เทียบเท่ากับคาร์บอนกัมมันต์ใหม่

ส่วนวิธีที่สองนั้นออกแบบโดยนาย Herreschoff วิธีนี้จะมีเตาเผาหลายเตาโดยการให้ความร้อนอากาศให้เพียงพอแก่การเผาคาร์บอนมอนอไซด์และไฮโดรเจน วิธีการนี้มีประสิทธิภาพถึง 90-95 เปอร์เซนต์ และคุณภาพของคาร์บอนที่ได้นั้นเทียบเท่ากับคาร์บอนใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 น้ำสับปะรดเข้มข้น 60 °Brix

3.1.2 คาร์บอนกัมมันต์ชนิดผง (Powder activated carbon)
ยี่ห้อ SHIRASAGI "CBW-20"

3.2 สารเคมี

3.2.1 สารละลายเมธานอล

3.2.2 สารละลายโซเดียมคลอไรด์

3.2.3 สารละลายไฮโดรคลอริค

3.2.4 ซีไลท์ (celite)

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 บีกเกอร์ขนาดต่างๆ

3.3.2 Buechner funnel

3.3.3 Suction flask

3.3.4 หลอดเซนตริฟิวจ์

3.3.5 แท่งแก้วคน

3.3.6 กะละมังสแตนเลส

3.3.7 กระดาษกรอง เบอร์ 40

3.3.8 สำลี

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์

3.4.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.4.2 เครื่องกรอง

3.4.3 เครื่องเซนตริฟิวจ์

3.4.4 เครื่องวัดสี CHROMO-METER รุ่น CR-300 MINALTA

3.4.5 ตู้อบลมร้อน

3.4.6 เตาให้ความร้อน

3.4.7 คู่มือ Munsell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การเตรียมวัตถุดิบเพื่อใช้ในการทดลอง

3.5.1.1 การเตรียมคาร์บอนกัมมันต์ที่ใช้แล้วเพื่อใช้ในการทดลอง

-นำคาร์บอนกัมมันต์ที่ใช้แล้วมาล้างด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนคาร์บอนกัมมันต์ต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 1ต่อ5.6 นั่นคือใช้คาร์บอนกัมมันต์ 1 กรัมต่อน้ำกลั่น 5.6 มิลลิลิตรแล้วนำมาให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที(ระหว่างต้มควรคนเป็นครั้งคราว)

-นำคาร์บอนกัมมันต์ที่ล้างแล้วมาเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็ว 5500 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาทีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

-จากนั้นนำตะกอนมาอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสจนกว่าจะแห้ง

3.5.1.2 การเตรียมน้ำสับปะรด

-นำน้ำสับปะรดเข้มข้น 60°Brix มาเจือจางเหลือ 30°Brix โดยใช้น้ำกลั่น

3.5.2 การล้างคาร์บอนกัมมันต์ด้วยน้ำกลั่นและสารเคมีชนิดต่างๆ

3.5.2.1 นำคาร์บอนกัมมันต์จากข้อ 3.5.1.1 มาล้างด้วยน้ำกลั่นและสารเคมีชนิดต่างๆในอัตราส่วนคาร์บอนกัมมันต์ 30 กรัมต่อสารละลาย 500 มิลลิลิตร โดยสารเคมีที่ใช้มีดังนี้

น้ำกลั่น				
สารละลายเมธานอล (เปอร์เซนต์)	20	40	60	80
สารละลายไฮโดรคลอริค (เปอร์เซนต์)	5	10	20	30
สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (เปอร์เซนต์)	5	10	20	30
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	30	50	70	90

เวลา 30 นาที

3.5.2.2 นำคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นและสารเคมีแล้วมาเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็ว 5500 รอบต่อนาที , เวลา 15 นาที , อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

3.5.2.3 นำตะกอนที่ได้ไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสจนกว่าจะแห้ง

3.5.3 การฟอกสีน้ำสับปะรดโดยการใช้คาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นและสารเคมี

3.5.3.1 นำคาร์บอนกัมมันต์ที่ได้จากข้อ 3.5.2.3 ฟอกสีน้ำสับปะรด(โดยใช้คาร์บอนกัมมันต์ 3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก) แล้วนำมาฟอกสีโดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3.2 นำน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีมาทำให้เย็นจนมีอุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส

3.5.3.3 นำน้ำสับปะรดไปกรองโดยการใช้สำลีรองบน Buechner funnel ก่อนแล้วจึงวางกระดาษกรองเบอร์ 40 จากนั้นเทสารซีไลท์ลงไป(โดยผสมสารซีไลท์กับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 40 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร)

ผลการทดลองที่ได้จะพิจารณาจากค่า ratio ที่ดีที่สุด เพื่อนำไปทำการศึกษาต่อไป

3.5.3.4 นำน้ำสับปะรดที่ได้มาทำการวัดสีด้วยเครื่อง CHROMO-METER และวัดสีโดยการเทียบกับหนังสือคู่มือ Munsell บันทึกผลการทดลอง

รูปที่ 4 แผนภาพแสดงกระบวนการล้างคาร์บอนกัมมันต์และการฟอกสีน้ำสับปะรด

3.5.4 การฟอกสีน้ำสับปะรดโดยการใช้คาร์บอนกัมมันต์ที่ดีที่สุดจากข้อ 3.5.3

3.5.4.1 จากข้อ 3.5.3 นำคาร์บอนกัมมันต์ที่มีประสิทธิภาพในการฟอกสีดีที่สุดมาฟอกสีน้ำสับปะรดที่ปริมาณต่างๆกันดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ (เปอร์เซนต์) 5 7 9 10

3.5.4.2 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที

3.5.4.3 นำน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีมาทำให้เย็นจนมีอุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส

3.5.4.4 นำน้ำสับปะรดไปกรองโดยการใช้สำลีรองบน Buechner funnel ก่อนแล้วจึงวางกระดาษกรองเบอร์ 40 จากนั้นเทสารซีไลท์ลงไป(ผสมน้ำในอัตราส่วนต่อซีไลท์เท่ากับ 40 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร)

3.5.4.5 นำน้ำสับปะรดที่ได้มาทำการวัดสีด้วยเครื่อง CHROMO-METER และวัดสีโดยการเทียบกับหนังสือคู่มือ Munsell บันทึกผลการทดลอง

3.5.5 การฟอกสีน้ำสับปะรดโดยการใช้คาร์บอนกัมมันตใหม่มาผสมกับคาร์บอนกัมมันต์เก่าที่ผ่านการล้าง

3.5.5.1 จากข้อ 3.5.3 นำคาร์บอนกัมมันต์ที่มีประสิทธิภาพในการฟอกสีดีที่สุดมาผสมกับคาร์บอนกัมมันต์ใหม่ในอัตราส่วนต่างๆดังนี้

คาร์บอนกัมมันต์ใหม่ต่อคาร์บอนกัมมันต์เก่า 3:0 ; 2:1 , 1:1

3.5.5.2 นำคาร์บอนกัมมันต์จากข้อ 3.5.5.1 มาฟอกสีน้ำสับปะรดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที

3.5.5.3 นำน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีมาทำให้เย็นจนมีอุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส

3.5.5.4 นำน้ำสับปะรดไปกรองโดยการใช้สำลีรองบน Buechner funnel ก่อนแล้วจึงวางกระดาษกรองเบอร์ 40 จากนั้นเทสารซีไลท์ลงไป(ผสมน้ำในอัตราส่วนต่อซีไลท์เท่ากับ 40 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร)

3.5.5.5 นำน้ำสับปะรดที่ได้มาทำการวัดสีด้วยเครื่อง CHROMO-METER และวัดสีโดยการเทียบกับหนังสือคู่มือ Munsell บันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
.09631

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ตารางที่ 7 ค่าสีMunsellของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นและสารเคมีชนิดต่างๆที่อุณหภูมิต่างๆ

สารเคมีที่ใช้	ความเข้มข้นที่ใช้ (เปอร์เซนต์)	อุณหภูมิที่ใช้ (องศาเซลเซียส)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
สารละลายเมธานอล	20	30	5Y 7/8	5Y 7/8
		50	5Y 7/8	5Y 7/10
		70	5Y 7/8	5Y 7/8
		90	-	-
	40	30	5Y 7/10	5Y 7/10
		50	5Y 7/10	5Y 7/10
		70	5Y 7/8	5Y 7/10
		90	-	-
	60	30	5Y 7/10	5Y 7/10
		50	5Y 7/10	5Y 7/10
		70	5Y 7/10	5Y 7/8
		90	-	-
	80	30	5Y 7/8	5Y 7/8
		50	5Y 7/8	5Y 7/8
		70	5Y 7/8	5Y 7/8
		90	-	-
สารละลายไฮโดรคลอริค	5	30	5Y 7/10	5Y 7/8
		50	5Y 7/8	5Y 7/10
		70	5Y 7/8	5Y 7/10
		90	5Y 7/10	5Y 7/8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมีที่ใช้	ความเข้มข้นที่ใช้ (เปอร์เซนต์)	อุณหภูมิที่ใช้ (องศาเซลเซียส)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
สารละลายไฮโดรคลอริค	10	30	5Y 7/8	5Y 7/8
		50	5Y 7/8	5Y 8/12
		70	5Y 7/8	5Y 7/8
		90	5Y 7/8	5Y 7/10
	20		-	-
	30		-	-
สารละลายโซเดียม คลอไรด์	5	30	5Y 8/12	5Y 8/12
		50	5Y 7/8	5Y 8/12
		70	5Y 7/8	5Y 8/12
		90	5Y 7/10	5Y 7/8
	10	30	5Y 7/8	5Y 8/12
		50	5Y 8/12	5Y 7/8
		70	5Y 7/8	5Y 7/8
		90	5Y 7/10	5Y 7/8
	20	30	5Y 7/8	5Y 8/12
		50	5Y 8/12	5Y 7/8
		70	5Y 7/8	5Y 7/8
		90	5Y 8/12	5Y 7/8
	30	30	5Y 7/8	5Y 8/12
		50	5Y 7/8	5Y 7/8
		70	5Y 7/8	5Y 7/8
		90	5Y 7/8	5Y 7/8
น้ำกลั่น		30	5Y 7/8	5Y 7/10
		50	5Y 8/12	5Y 8/12
		70	5Y 8/12	5Y 8/12
		90	5Y 8/12	5Y 8/12
คาร์บอนใหม่			2.5GY 6/4	2.5GY 6/4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 7 แสดงค่าสีจากการวัดสีด้วยวิธี Munsell พบว่าค่าสีของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นและสารเคมีชนิดต่างๆที่อุณหภูมิต่างๆกันจะมีค่าอยู่ในช่วง 5Y 7/10 , 5Y 7/8 และ 5Y 8/12 ซึ่งมีความใกล้เคียงกันมาก

จากตารางที่ 7 เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าสีของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ใหม่กับค่าสีของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นและสารเคมีชนิดต่างๆ พบว่าค่าสีที่อ่านได้มีความแตกต่างกันมาก กล่าวคือ ค่าสีของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ใหม่มีค่า 2.5GY 6/4 ส่วนค่าสีของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นและสารเคมีชนิดต่างๆมีค่าอยู่ที่ 5Y 7/10 , 5Y 7/8 และ 5Y 8/12 และเมื่อเปรียบเทียบด้วยตาเปล่าจะพบว่าสีของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ใหม่จะมีสีเขียวใสในขณะที่สีของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นและสารเคมีชนิดต่างๆจะมีสีเหลืองใส

ตารางที่ 8 ค่า ratio ของการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นและสารเคมีชนิดต่างๆที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

สารเคมีที่ใช้	ความเข้มข้นที่ใช้ (เปอร์เซนต์)	อุณหภูมิที่ใช้ (องศาเซลเซียส)	ค่า ratio ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
สารละลายเมธานอล	20	30	0.97	0.98
		50	0.91	0.89
		70	0.95	0.92
		90	-	-
	40	30	0.90	0.89
		50	0.91	0.93
		70	0.97	0.87
		90	-	-
	60	30	0.98	0.95
		50	0.89	0.95
		70	0.98	0.99
		90	-	-
	80	30	0.91	0.97
		50	0.94	0.97
		70	0.92	0.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15459

สารเคมีที่ใช้	ความเข้มข้นที่ใช้ (เปอร์เซนต์)	อุณหภูมิที่ใช้ (องศาเซลเซียส)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
สารละลายเมธานอล	80	90	-	-
สารละลายไฮโดรคลอริค	5	30	0.96	0.93
		50	0.93	0.91
		70	0.88	0.96
		90	0.95	0.92
	10	30	0.97	0.91
		50	0.96	0.93
		70	0.98	0.92
		90	1.01	0.98
	20		-	-
	30		-	-
สารละลายโซเดียม คลอไรด์	5	30	0.91	0.96
		50	0.91	0.97
		70	0.96	0.99
		90	0.97	0.93
	10	30	0.92	0.97
		50	0.99	0.95
		70	0.92	0.97
		90	0.98	0.94
	20	30	0.95	0.94
		50	0.96	0.89
		70	0.97	0.87
		90	1.04	0.94
	30	30	0.92	0.97
		50	0.92	0.94
		70	0.92	0.96
		90	1.02	0.89
น้ำกลั่น		30	0.89	0.85
		50	0.90	0.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารเคมีที่ใช้	ความเข้มข้นที่ใช้ (เปอร์เซนต์)	อุณหภูมิที่ใช้ (องศาเซลเซียส)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
น้ำกลั่น		70	0.98	0.99
		90	0.97	0.92

ค่าสีของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นและสารเคมีชนิดต่างๆที่อุณหภูมิต่างๆกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95 เปอร์เซนต์

จากตารางที่ 7 และตารางที่ 8 จะเห็นว่าข้อมูลของสารละลายเมธานอลที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสและสารละลายไฮโดรคลอริคที่ความเข้มข้น 20 และ 30 เปอร์เซนต์ นั้นไม่มี เนื่องจากสารละลายเมธานอลมีจุดเดือดเพียง 80 องศาเซลเซียสเท่านั้น ในส่วนของสารละลายไฮโดรคลอริคที่ความเข้มข้น 20 และ 30 เปอร์เซนต์ มีอันตรายจึงไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ 9 ค่าสีMunsellของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์เก่าในปริมาณต่างๆ

ปริมาณคาร์บอนกัมมันต์ที่ใช้ (เปอร์เซนต์)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
3	5Y 7/10	5Y 7/10
5	5Y 7/8	5Y 7/10
7	5Y 8/12	5Y 8/12
70	5Y 8/8	5Y 8/8

จากผลการทดลองข้อที่ 1 จะเห็นว่าค่าสีของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นและสารเคมีชนิดต่างๆที่อุณหภูมิต่างๆกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจึงเลือกเอาคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสมาทำการฟอกสีน้ำสับปะรดโดยใช้ปริมาณต่างๆกันคือที่ 5 , 7 , 9 , 10 เปอร์เซนต์(ใช้คาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเพราะประหยัดพลังงานและสะดวกที่สุด)

จากตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่าค่าสีของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ที่ปริมาณต่างๆมีค่าใกล้เคียงกันมากและเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นและสารเคมีชนิดต่างๆพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมากเช่นกัน กล่าวคือค่าสีที่ได้จะมีค่าอยู่ที่ 5Y 7/10 ,5Y 7/8 ,5Y 8/12 และ 5Y 8/8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าสีของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ใหม่กับค่าสีของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ที่ปริมาณต่างๆพบว่ามีความแตกต่างกันมากและเมื่อเปรียบเทียบด้วยตาเปล่าจะพบว่าสีของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ใหม่จะมีสีเขียวใสในขณะที่สีของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นและสารเคมีชนิดต่างๆจะมีสีเหลืองใส

ตารางที่ 10 ค่าสีMundsellของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ใหม่ผสมคาร์บอนกัมมันต์เก่าในอัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วนคาร์บอนกัมมันต์ใหม่ต่อคาร์บอนกัมมันต์เก่า	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
3:0	2.5GY 6/4	2.5GY 6/4
2:1	2.5GY 5/4	2.5GY 5/4
1:1	2.5GY 5/6	2.5GY 5/6

จากตารางที่ 10 พบว่าค่าสีของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีโดยการใช้คาร์บอนกัมมันต์ใหม่ผสมคาร์บอนกัมมันต์เก่าในอัตราส่วน 2:1 จะเท่ากับ 2.5 GY 5/4 และที่อัตราส่วน 1:1 เท่ากับ 2.5 GY 5/6 ซึ่งค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกับการฟอกสีโดยการใช้คาร์บอนกัมมันต์ใหม่ โดยที่ที่อัตราส่วนคาร์บอนกัมมันต์ใหม่ต่อคาร์บอนกัมมันต์เก่าเท่ากับ 2:1 จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าสีของน้ำสับปะรดที่ฟอกโดยการใช้คาร์บอนกัมมันต์ใหม่มากกว่าที่อัตราส่วน 1:1 และเมื่อเปรียบเทียบด้วยตาเปล่าจะได้ค่าสีที่ใกล้เคียงกันมากคือจะมีสีเขียวใสคล้ายกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาวิธีการนำคาร์บอนกัมมันต์กลับมาใช้ใหม่โดยการนำมาล้างด้วยสารเคมีต่างๆ และที่อุณหภูมิต่างๆกันสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 วิธีการที่เหมาะสมในการล้างคาร์บอนกัมมันต์คือการใช้น้ำล้างที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เนื่องจากค่าสีของน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ที่ล้างด้วยน้ำกลั่นและสารเคมีชนิดต่างๆที่อุณหภูมิต่างๆกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ จึงเลือกการใช้น้ำกลั่นเป็นวิธีการที่ประหยัดและสะดวก

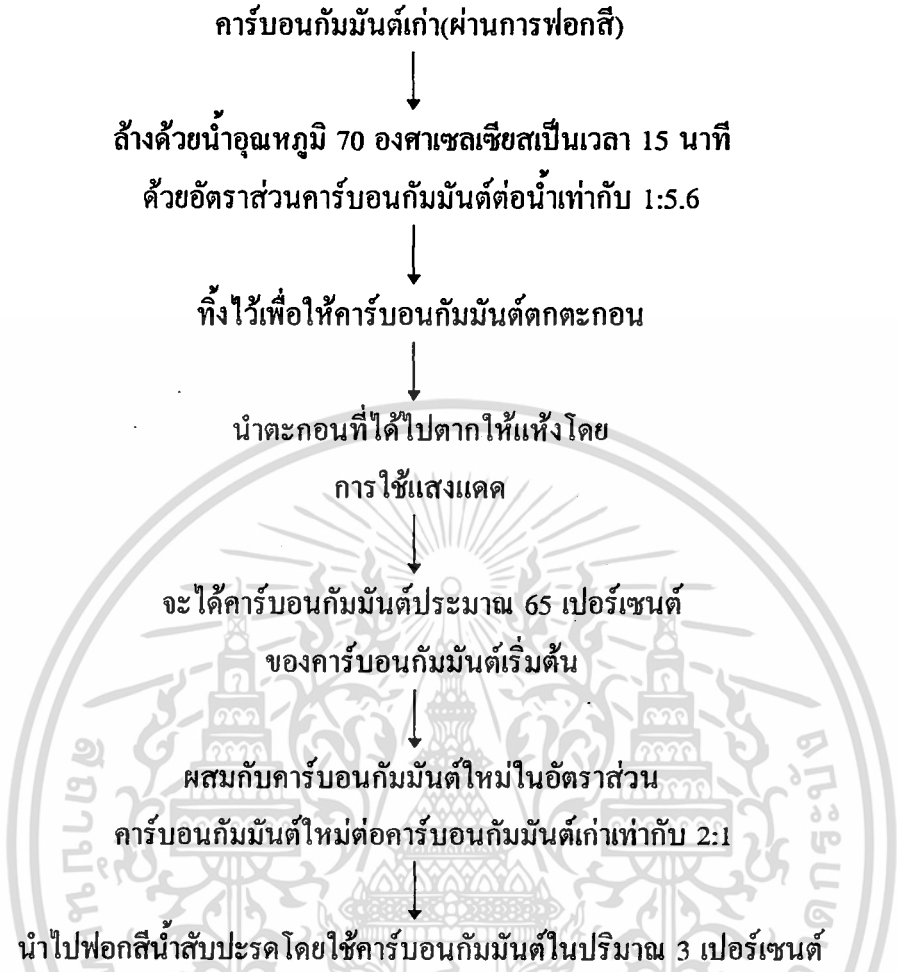
5.1.2 วิธีการนำคาร์บอนกัมมันต์กลับมาใช้ใหม่คือการนำคาร์บอนกัมมันต์เก่าที่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นที่ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสผสมรวมกับคาร์บอนกัมมันต์ใหม่ที่อัตราส่วนคาร์บอนกัมมันต์ใหม่ต่อคาร์บอนกัมมันต์เก่าเท่ากับ 2:1 เนื่องจากมีค่าสีของน้ำที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าสีของน้ำสับปะรดที่ฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ใหม่

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การนำคาร์บอนกัมมันต์ไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5 แผนภาพแสดงกระบวนการนำคาร์บอนกัมมันต์ที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่

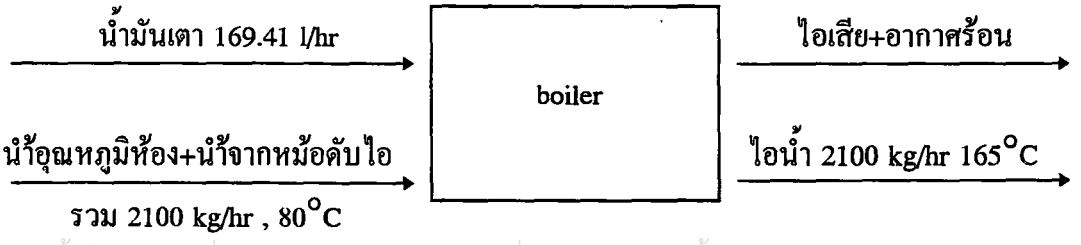


5.2.2 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของการนำคาร์บอนกัมมันต์ใหม่ผสมกับคาร์บอนกัมมันต์เก่าที่นำกลับมาใช้ใหม่กับการใช้คาร์บอนกัมมันต์ใหม่เพียงอย่างเดียว

5.2.2.1 ค่าใช้จ่ายในการใช้คาร์บอนกัมมันต์ใหม่ผสมกับคาร์บอนกัมมันต์เก่าที่นำกลับมาใช้ใหม่

ในช่วงการให้ความร้อนเลือกใช้หม้อน้ำ (boiler) ขนาด 7 บาร์ กำลังผลิต 3 ตันต่อชั่วโมงเป็นตัวอ้างอิง

รูปที่ 6 แผนภาพแสดงปริมาณน้ำมันเตาและน้ำที่เข้าสู่หม้อน้ำและผลผลิตที่ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 6 จะพบว่าการใช้น้ำมันเตา 169.41 ลิตรต่อชั่วโมงสามารถผลิตไอน้ำอุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียสได้ 2100 กิโลกรัมต่อชั่วโมงในขณะที่ไอน้ำ 2100 กิโลกรัมมีพลังงานดังนี้

$$Q = mC_p\Delta T$$
$$= (2100\ kg/hr)\times(4.19\ kJ/kgK)\times(438.15-298.15\ K)$$
$$= 1.23\times10^{6}\ kJ/hr$$

การล้างคาร์บอนเก่ากัมมันต์ต้องใช้อัตราส่วนคาร์บอนกัมมันต์เก่าต่อน้ำเท่ากับ 1:5.6 ดังนั้นว่าน้ำ 1000 ลิตรจะใช้คาร์บอนกัมมันต์เก่า 179 กิโลกรัม (น้ำ 1000ลิตรมีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม)

กระบวนการให้ความร้อนน้ำจาก 25 องศาเซลเซียสไปจนมีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสจะต้องใช้พลังงานดังนี้,

$$Q = mC_p\Delta T$$
$$= (1000kg)\times(4.19\ kJ/kgK)\times(343.15-298.15\ K)$$
$$= 188550\ kJ$$

นั่นคือต้องใช้พลังงาน 188550 กิโลจูลเพื่อทำให้น้ำ 1000 ลิตรมีอุณหภูมิจาก 25 องศาเซลเซียสเป็น 70 องศาเซลเซียส

จากข้างต้น พลังงาน 1.23×10^{6} kJ ใช้ไอน้ำ 2100 kg

ถ้าพลังงาน 188550 kJ ใช้ไอน้ำ $= \frac{2100\times188550}{1.23\times10^{6}}$

$= 321.915$ kg

นั่นคือต้องใช้ไอน้ำ 321.915 กิโลกรัมเพื่อให้ได้พลังงาน 188550 กิโลจูล

จากรูปที่ 6 ไอน้ำ 2100 kg ใช้น้ำมันเตา 169.41 ลิตร

ถ้าไอน้ำ 321.915 kg ต้องใช้น้ำมันเตา $= \frac{169.41\times2100}{321.915}$

$= 26$ ลิตร

สรุปได้ว่า ต้องใช้น้ำมันเตา 26 ลิตรเพื่อให้ความร้อนน้ำ 1000 ลิตรให้มีอุณหภูมิจาก 25 องศาเซลเซียสไปที่ 70 องศาเซลเซียส

จาก น้ำมันเตาเกรด A 1 ลิตร มีราคา 6 บาท

น้ำมันเตา 26 ลิตร มีราคา $26\times6 = 156$ บาท

คาร์บอนกัมมันต์ที่ได้จะมีน้ำหนัก $\frac{179\times65}{100} = 116$ กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์บอนกัมมันต์เก่า 116 กิโลกรัม ต้องเสียค่าใช้จ่าย 156 บาท

ถ้าคาร์บอนกัมมันต์เก่า 1 กิโลกรัม ต้องเสียค่าใช้จ่าย $= \frac{156}{116}$

$= 1.35$ บาท

ค่าใช้จ่ายของวิธีการนี้ = ราคาคาร์บอนกัมมันต์เก่า+ราคาคาร์บอนกัมมันต์ใหม่

ถ้าฟอกสีน้ำสับปะรด 1000 ลิตร โดยการใช้คาร์บอนกัมมันต์ในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์ นั่นคือใช้ต้องคาร์บอนกัมมันต์เก่า 10 กิโลกรัมและคาร์บอนกัมมันต์ใหม่ 20 กิโลกรัม(คาร์บอนกัมมันต์ใหม่กิโลกรัมละ 34 บาท)

ค่าใช้จ่ายของวิธีการนี้ = $(10\times1.35)+(20\times34)$

= 694 บาท

5.2.2.2 ค่าใช้จ่ายในการใช้คาร์บอนกัมมันต์ใหม่เพียงอย่างเดียว

ค่าใช้จ่ายในการใช้คาร์บอนกัมมันต์ใหม่เมื่อใช้คาร์บอนกัมมันต์ในปริมาณ 3 เปอร์เซนต์ฟอกสีน้ำสับปะรด 1000 ลิตร

ค่าใช้จ่ายในวิธีการนี้ = 30×34

= 1020 บาท

เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่อน้ำสับปะรด 1000 ลิตร พบว่าคาใช้คาร์บอนกัมมันต์ใหม่ผสมกับคาร์บอนกัมมันต์เก่ากับการใช้คาร์บอนกัมมันต์ใหม่เพียงอย่างเดียวจะประหยัดได้

1020-694 = 326 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2535. วิศวกรรมแปรรูปอาหาร: การถนอมอาหาร. สำนักพิมพ์โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์ กรุงเทพ. น.11.

Hassler,J.W. 1963. Activated Carbon. Chemical Publishing CO.,INC. New York. 77-78.

_____. 1974. Purification of Activated Carbon. Chemical Publishing CO.,INC. New York. 33p.

Mark,H.B. and Mattson,J.S. 1971. Activated Carbon. Marcel Dekker INC. New York. 9-12

Suzuki,M. 1990. Adsorption Engineering. Kodansha Ltd. Japan. 8-14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวัดสีน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสี

เครื่องมือที่ใช้วัดสี : CHROMO-METER รุ่น CR-300 MINALTA

<u>วิธีการ</u>

1. ทำการ Calibrate เครื่อง
2. นำน้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีมา 100 มิลลิลิตรใส่ลงในถุงพลาสติกใส
3. นำหัววัดทาบบนพลาสติกให้แนบสนิท
4. กดวัด เครื่องจะทำการวัดให้ 3 ครั้ง(สังเกตได้จากแสงไฟที่กระพริบ)ต่อการวัด 1 ครั้ง
5. สั่งพิมพ์ค่าการวัดสีหรือทำการบันทึกจากหน้าจอของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การคำนวณค่า ratio

ตารางผนวกที่ 1 ค่าสีของน้ำสับปะรดที่วัดด้วยเครื่องวัดสี

	L	a	b	ΔE	ratio
น้ำสับปะรดเริ่มต้น	31.67667	0.503333	7.346667		
น้ำสับปะรดที่ฟอกสีด้วยคาร์บอนใหม่	24.61333	0.56667	-0.22333	10.36316	
น้ำสับปะรดที่ฟอกสีด้วยสารละลายเมธานอล 20 % ที่ 30 องศาเซลเซียส	23.92	0.743333	1.00333	10.02304	0.96718

$$\text{ค่า ratio} = \frac{\Delta E \text{ ของคาร์บอนกัมมันต์เก่า}}{\Delta E \text{ ของคาร์บอนกัมมันต์ใหม่}}$$

ANOVA[a]

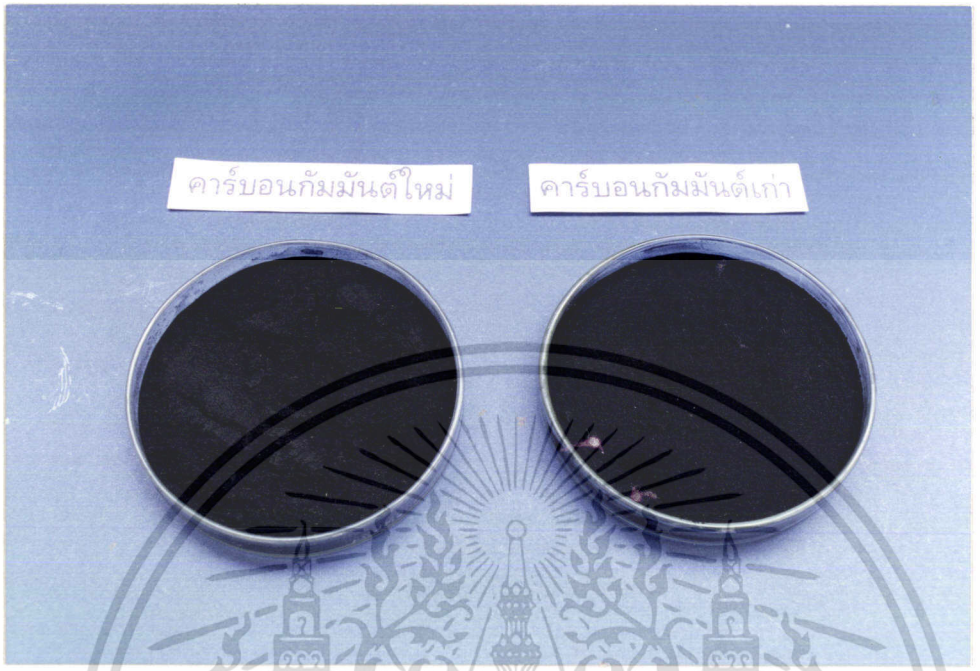
			Experimental Method				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Ratio	Main Effects	(Combined)	2.342E-02	13	1.802E-03	1.403	.201
		Chem	1.255E-02	10	1.255E-03	.977	.478
		Temperature	9.882E-03	3	3.294E-03	2.564	.068
	2-Way Interactions	Chem * Temperature	3.173E-02	26	1.220E-03	.950	.547
	Model		5.515E-02	39	1.414E-03	1.101	.382
	Residual		5.138E-02	40	1.285E-03		
	Total		.107	79	1.349E-03		

a. Ratio by Chem, Temperature

จากตาราง ANOVA พบว่า ค่าความน่าจะเป็น Sig of F ของปัจจัยหลักทั้งสองมีค่ามากกว่า ค่ามากกว่าค่า α ที่ผู้ทดสอบกำหนดคือ 0.05 จึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

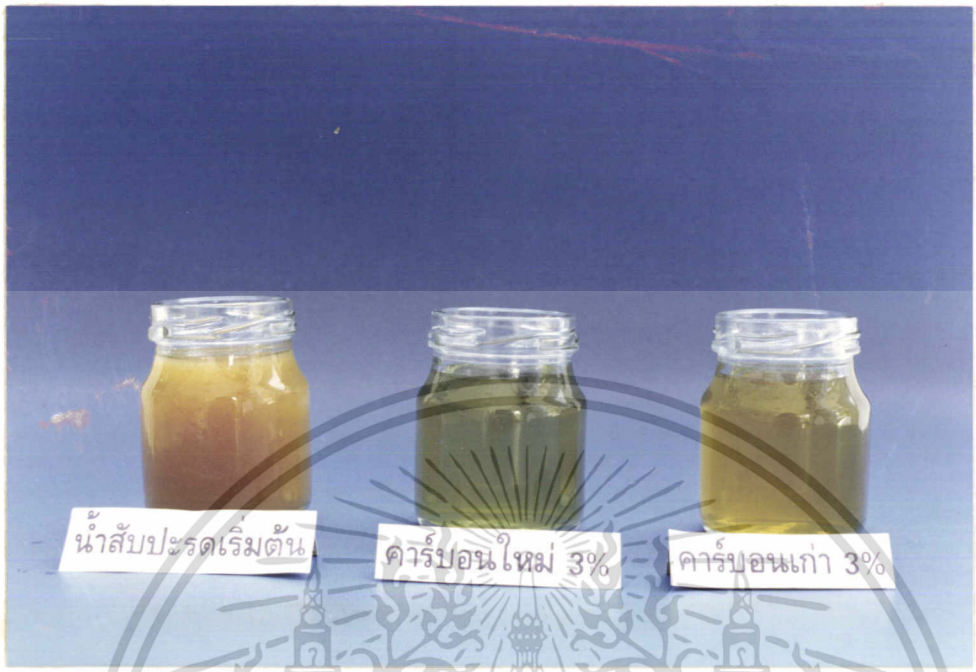
ภาคผนวก ค



รูปที่ 1 คาร์บอนกัมมันต์ใหม่กับคาร์บอนกัมมันต์เก่า

รูปที่ 2 สีน้ำสับปะรดเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 สีน้ำสับปะรดเริ่มต้น น้ำสับปะรดที่ผ่านการฟอกสีด้วยคาร์บอนกัมมันต์ใหม่และคาร์บอนกัมมันต์เก่า

รูปที่ 4 สีน้ำสับปะรดที่ผ่านคาร์บอนกัมมันต์เก่า 5 , 7 และ10 เปอร์เซนต์เทียบกับคาร์บอนกัมมันต์ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5 สีของน้ำสับปะรดที่ฟอกด้วยคาร์บอนกัมมันต์เก่าผสมคาร์บอนกัมมันต์ใหม่ในอัตราส่วนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้