

การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพ
โดยใช้สารละลายโซเดียมโตะเดคซิลซัลเฟต



กาญจน์ทิพ ธีชญเนส
นวลจิรา วโรตตมะ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....43910
วัน, เดือน, ปี.....18 ต.ค. 2545

b.....
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์

บัณฑิต

ภาควิชา เคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ 6/11/2545

Phenol Adsorption of Granular Activated Carbon Regenerated by
Using Sodium Dodecyl Sulfate Solution



Kantip Thunthanase
Nuanjira Warottama

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for the Degree of Bachelor of Science
Department of Chemistry
Faculty of Science
King Mongkut 's Institute of Technology Ladkrabang
2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพ
โดยใช้สารละลายโซเดียมโคเดซิลซัลเฟต

โดย

กาญจน์ทิพ รัชชนเส

นวลจิรา วโรตตมะ

ภาควิชา

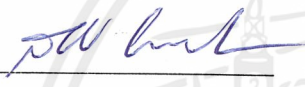
เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. ยูพา ตันทวี


ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นับโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

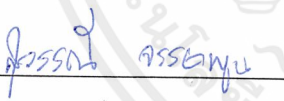

(ผศ.ดร. สมศักดิ์ วรมงคลชัย)

หัวหน้าภาควิชาเคมี

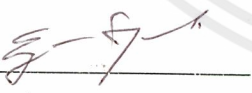
คณะกรรมการโครงการพิเศษ


(ผศ.ดร. ประยงค์ ดวงดี)

ประธานกรรมการ


(ดร. สุวรรณิ จรรยาพูน)

กรรมการ


(อาจารย์ ยูพา ตันทวี)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพ โดยใช้สารละลายโซเดียมโดเดซิลซัลเฟต
นักศึกษา	กาญจน์ทิพ ธีบุญเนส นวลจิรา วโรตตมะ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ยุพา ตันทวี
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับฟีนอลของถ่านกัมมันต์ที่พื้นสภาพด้วยสารละลายโซเดียมโดเดซิลซัลเฟตและการใช้ซ้ำของสารละลาย Sodium dodecyl sulfate (SDS) ในการศึกษาการดูดซับใช้สารละลายฟีนอลเข้มข้น 2000 mg/100 mL ปริมาตร 30 mL ต่อเม็ดคาร์บอน 5 g ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 25 C⁰ เวลาสัมผัส 165 นาที ศึกษาการพื้นสภาพเม็ดคาร์บอนที่ใช้แล้วด้วยสารละลาย SDS ที่ความเข้มข้น 0.3467x10⁻³ M และ 1.05x10⁻³ M ปริมาตร 100 mL เวลาเขย่า 30 นาที ผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่ คาร์บอนที่ใช้แล้วและคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลาย SDS ที่ความเข้มข้น 0.3467x10⁻³ M และ 1.05x10⁻³ M มีค่า 98 %, 14.38 %, 87.67 % และ 96.33 % ตามลำดับ ความจุในรูปของสมการ Freundlich ได้ค่า $\log (x/m) = 0.78 \log C_f + 3.40$, $0.58 \log C_f + 2.73$, $0.78 \log C_f + 2.42$, $0.37 \log C_f + 3.08$ ตามลำดับ

ประสิทธิภาพการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอน ที่พื้นสภาพด้วยสารละลาย SDS ที่ใช้ซ้ำจำนวน 10 รอบ อยู่ในช่วง 90.80-97.00 % และ 89.40-96.50 % สำหรับสารละลาย SDS ที่ความเข้มข้น 0.3467x10⁻³ M และ 1.05x10⁻³ M ตามลำดับ

Special Project Title Phenol Adsorption of GAC Regenerated
by using SDS Solution
Name Kantip Thunthanase
Nuanjira Warottama
Special Project Advisor Mrs. Yupa Tantawee
Department Chemistry
Academic Year 2001
Special Project Advisor Mrs. Yupa Tantawee

Abstract

In this research, the efficiency of granular activated carbon (GAC) that regenerated by Sodium dodecyl sulfate (SDS) solution for phenol adsorption and the reused of SDS solution were studied. The adsorption studies have been done at 30 mL of 2000 mg/100 mL phenol concentration per 5 g carbon, a temperature of 25 °C and a contact time of 165 min. The concentration of SDS 0.3467×10^{-3} M and 1.05×10^{-3} M 100 mL in volume and shaking time for 30 min were used to regenerate the used carbon. The results showed that the efficiency of virgin carbon, used carbon, and carbon regenerated by SDS 0.3467×10^{-3} M and 1.05×10^{-3} M were 98 %, 14.38 %, 87.67 % and 96.33%, respectively. The capacity in term of Freundlich Isotherm $[\log (x/m)]$ were $0.78 \log C_f + 3.40$, $0.58 \log C_f + 2.73$, $0.78 \log C_f + 2.42$, $0.37 \log C_f + 3.08$, respectively.

The efficiency of phenol adsorption of GAC regenerated with reused SDS 0.3467×10^{-3} M and 1.05×10^{-3} M for 10 times were ranging from 90.80-97.00 % and 89.40-96.50 %, respectively.

กิติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเล่มนี้ สำเร็จลุล่วงได้ดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำและข้อมูลที่มีประโยชน์จาก
อ. ยูพา ตันทวี อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง
ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. ประยงค์ ดวงดี และ ดร. สุวรรณีย์ จรรยาพูน เป็นอย่างสูง ที่กรุณา
เป็นกรรมการในการสอบโครงการพิเศษ ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการวิจัยนี้
ขอขอบคุณ บริษัท คาโอ อินดัสเตรียล (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สารเคมีที่ใช้ใน
การวิจัยนี้
ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่คอยให้ความสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดมาและขอบคุณ
เพื่อนๆที่คอยให้ความช่วยเหลือจนงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

กาญจนาทิพย์ ภัฏธนเส
นวลจิรา วโรตตมะ
มีนาคม 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
สัญลักษณ์ และคำย่อ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การผลิตเม็ดคาร์บอน	4
2.2 ชนิดของเม็ดคาร์บอน	12
2.3 ลักษณะพิเศษของเม็ดคาร์บอน	12
2.4 คุณสมบัติของเม็ดคาร์บอน	13
2.5 การดูดซับด้วยเม็ดคาร์บอน	15
2.6 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ	16
2.7 การฟื้นฟูสภาพของเม็ดคาร์บอน	18
2.8 ประโยชน์ของเม็ดคาร์บอน	19
2.9 การบ่งบอกลักษณะ และคุณสมบัติของฟีนอล	20
2.10 โครงสร้าง และคุณสมบัติของสารลดแรงตึงผิว	22
2.11 อัตรากวไอโอเลต และวิลิเบิลสเปกโทรสโกปี	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	32
3.2 อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	32
3.3 การดำเนินการทดลอง	33
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	
4.1 การศึกษาเวลาที่ใช้ศึกษาการดูดซับฟีนอล (contact time) ด้วยเม็ดคาร์บอน	41
4.2 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่	42
4.3 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่ใช้แล้ว	44
4.3.1 การเตรียมเม็ดคาร์บอนที่ใช้แล้ว	
4.3.2 การศึกษาความจุในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่ใช้แล้ว	
4.4 การฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนด้วยสารละลายโซเดียมไดออกไซด์คลอไรด์	46
4.4.1 ผลของเวลาที่ใช้ในการฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอน	
4.4.2 ผลของจำนวนครั้งในการใช้ซ้ำของสารละลายโซเดียมไดออกไซด์คลอไรด์ในการฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอน	
4.4.3 ความจุในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพด้วยสารลดแรงตึงผิว	
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	70
5.2 ข้อเสนอแนะ	73
ภาคผนวก	74
บรรณานุกรม	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แบบจำลองอนุภาคคาร์บอนเมื่อเกิดการเผาไหม้	8
รูปที่ 2.2 ปฏิกิริยาของแล็กโตนชนิด f	8
รูปที่ 2.3 หมู่ฟังก์ชันที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ	9
รูปที่ 2.4 หมู่ฟังก์ชันพื้นฐาน	10
รูปที่ 2.5 กระบวนการดูดซับของเม็ดคาร์บอนชนิดเม็ด	12
รูปที่ 2.6 แสดงความแตกต่างของโมเลกุลของการเคลื่อนที่ ของโมเลกุลที่เป็นผลเนื่องมาจากอุณหภูมิของคาร์บอน	13
รูปที่ 2.7 สมการการดูดกลืนแสงในการหาปริมาณดีบุก	29
รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการดูดซับฟีนอล กับความเข้มข้นของฟีนอลที่เหลือ	42
รูปที่ 4.2 แสดง Freundlich Isotherm ของการดูดซับฟีนอลด้วยเม็ดคาร์บอนใหม่	43
รูปที่ 4.3 แสดง Freundlich Isotherm ของการดูดซับฟีนอลด้วยเม็ดคาร์บอนใช้แล้ว	45
รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Freundlich Isotherm ของการดูดซับฟีนอลด้วยเม็ดคาร์บอนใหม่และเม็ดคาร์บอนใช้แล้ว	46
รูปที่ 4.5 แสดงผลของเวลาที่ใช้พื้นสภาพเม็ดคาร์บอนด้วยสารละลายโซเดียม โดเดคซิลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} M ต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล	47
รูปที่ 4.6 แสดงผลของเวลาที่ใช้พื้นสภาพเม็ดคาร์บอนด้วยสารละลาย โซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M ต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล	49
รูปที่ 4.7 แสดงกราฟผลของเวลาที่ใช้พื้นสภาพเม็ดคาร์บอนด้วยสารละลายโซเดียม โดเดคซิลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} M และ 1.05×10^{-3} M ต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล	50
รูปที่ 4.8 แสดงผลของจำนวนซ้ำในการใช้สารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} M พื้นสภาพเม็ดคาร์บอนต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล	52
รูปที่ 4.9 แสดงผลของจำนวนซ้ำในการใช้สารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M พื้นสภาพเม็ดคาร์บอนต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล	54
รูปที่ 4.10 แสดง Freundlich Isotherm ในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพ ด้วยสารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} M ใช้รอบที่ 1	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.11 แสดง Freundlich Isotherm ในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} M ใช้รอบที่ 5	56
รูปที่ 4.12 แสดง Freundlich Isotherm ในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} M ใช้รอบที่ 10	57
รูปที่ 4.13 แสดง Freundlich Isotherm ในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} M ใช้รอบที่ 1, 5 และ 10	58
รูปที่ 4.14 แสดง Freundlich Isotherm ในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M ใช้รอบที่ 1	59
รูปที่ 4.15 แสดง Freundlich Isotherm ในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M ใช้รอบที่ 5	60
รูปที่ 4.16 แสดง Freundlich Isotherm ในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M ใช้รอบที่ 10	62
รูปที่ 4.17 แสดง Freundlich Isotherm ในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M ใช้รอบที่ 1, 5 และ 10	63
รูปที่ 4.18 แสดง Freundlich Isotherm ของเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการพื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} และ 1.05×10^{-3} M ที่ใช้รอบที่ 1	64
รูปที่ 4.19 แสดง Freundlich Isotherm ของเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการพื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} และ 1.05×10^{-3} M ที่ใช้รอบที่ 5	65
รูปที่ 4.20 แสดง Freundlich Isotherm ของเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการพื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} และ 1.05×10^{-3} M ที่ใช้รอบที่ 10	66
รูปที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนประเภทต่างๆ	68

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 วัตถุดิบที่มีการนำมาผลิตเป็นเม็ดคาร์บอน	5
ตารางที่ 2.2 ค่าการดูดซับด้วย Activated pine wood char	6
ตารางที่ 2.3 การดูดซับด้วย Activated lignin char	7
ตารางที่ 2.4 หมู่ฟังก์ชันของคาร์บอน	11
ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติเม็ดคาร์บอนที่ต้องพิจารณาในการเลือกใช้	13
ตารางที่ 2.6 ความหนาแน่นรวมและขนาดของเม็ดคาร์บอน ที่วิเคราะห์โดยการใส่ตะแกรงร่อน	15
ตารางที่ 2.7 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของฟีนอล	21
ตารางที่ 2.8 ตัวอย่างสารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ	26
ตารางที่ 4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่ ระยะเวลาต่าง ๆ กัน	41
ตารางที่ 4.2 แสดงการดูดซับฟีนอล และ Freundlich Isotherm พารามิเตอร์ของเม็ดคาร์บอนใหม่	43
ตารางที่ 4.3 แสดงการดูดซับฟีนอล และ Freundlich Isotherm พารามิเตอร์ของเม็ดคาร์บอนใช้แล้ว	45
ตารางที่ 4.4 แสดงผลของเวลาในการฟื้นฟูสภาพ GAC ด้วยสารละลายโซเดียม ไดโอดีซิลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} M ต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล	47
ตารางที่ 4.5 แสดงผลของเวลาในการฟื้นฟูสภาพ GAC ด้วยสารละลายโซเดียม ไดโอดีซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M ต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล	48
ตารางที่ 4.6 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนหลังฟื้นฟูสภาพด้วย สารละลายโซเดียมไดโอดีซิลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} M ที่ใช้ซ้ำ	51
ตารางที่ 4.7 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนหลังฟื้นฟูสภาพด้วย สารละลายโซเดียมไดโอดีซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M ที่ใช้ซ้ำ	53
ตารางที่ 4.8 แสดงการดูดซับฟีนอล และ Freundlich Isotherm พารามิเตอร์ของเม็ดคาร์บอน ที่ฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไดโอดีซิลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} M รอบที่ 1	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.9 แสดงการดูดซับฟีนอล และ Freundlich Isotherm พารามิเตอร์ของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} M รอบที่ 5	56
ตารางที่ 4.10 แสดงการดูดซับฟีนอล และ Freundlich Isotherm พารามิเตอร์ของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} M รอบที่ 10	57
ตารางที่ 4.11 แสดงการดูดซับฟีนอล และ Freundlich Isotherm พารามิเตอร์ของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M รอบที่ 1	59
ตารางที่ 4.12 แสดงการดูดซับฟีนอล และ Freundlich Isotherm พารามิเตอร์ของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M รอบที่ 5	60
ตารางที่ 4.13 แสดงการดูดซับฟีนอล และ Freundlich Isotherm พารามิเตอร์ของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M รอบที่ 10	61
ตารางที่ 4.14 แสดงประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนชนิดต่าง ๆ	67
ตารางที่ 4.15 แสดงค่า k และ $1/n$	69

สัญลักษณ์คำย่อ

คำย่อ	ความหมาย
CMC	Critical micelle concentration
GAC	เม็ดคาร์บอนชนิดเม็ด (Granular Activated Carbon)
rpm	รอบ/นาที
SDS	Sodium dodecyl sulfates



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ปัจจุบันมีการนำเม็ดคาร์บอน (Activated carbon) มาใช้ประโยชน์ในการดูดซับสารที่ไม่ต้องการกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเม็ดคาร์บอนมีลักษณะที่มีรูพรุน ทำให้มีพื้นที่ผิวในการดูดซับมาก มีความสามารถในการดูดซับสูง (Absorptive capacity) และยังมีราคาถูก จึงได้มีการนำเม็ดคาร์บอนมาใช้ในการดูดซับสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งในน้ำเสียมักมีฟีนอล และอนุพันธ์ของฟีนอลปนเปื้อนอยู่มาก เม็ดคาร์บอนที่ใช้ในการดูดซับมี 2 แบบ คือ Granular Activated Carbon (GAC) และ Powder Activated Carbon (PAC) (Metcalf และ Eddy, 1991) เนื่องจากการใช้เม็ดคาร์บอนนั้นถ้าเราใช้เพียงครั้งเดียวแล้วทิ้ง จะเป็นการสิ้นเปลือง และยังก่อให้เกิดขยะสู่สิ่งแวดล้อมอีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการนำเม็ดคาร์บอนกลับมาใช้ใหม่ (Regeneration) ซึ่งการนำเม็ดคาร์บอนกลับมาใช้ใหม่นั้นมีหลายวิธี ได้แก่ การใช้ความร้อน (Thermal Regeneration) หรือการชะล้างด้วยสารละลายชนิดต่างๆ เช่น สารละลายไฮโดรคลอริก สารละลายเมทานอล สารลดแรงตึงผิว (Wesley, 1989) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการใช้สารลดแรงตึงผิว ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถดึงสารอินทรีย์ออกจากพื้นที่ผิวของเม็ดคาร์บอนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง โดยอาศัยสมบัติของสารลดแรงตึงผิว อาทิเช่น Micellization และ Solubilization (Robert, 1994) สารลดแรงตึงผิวที่ตกค้างสามารถชะล้างออกได้ด้วยน้ำ สารลดแรงตึงผิวที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้คือ Sodium dodecyl sulfate (SDS) และทำการศึกษาต่อโดยการนำเม็ดคาร์บอนที่ได้ผ่านการชะล้างด้วยสารลดแรงตึงผิวมาทำการดูดซับสารประกอบฟีนอลเพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเม็ดคาร์บอน เพื่อดูความเป็นไปได้ที่จะนำเม็ดคาร์บอนเหล่านี้กลับมาใช้ใหม่ ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดต้นทุนแล้ว ยังเป็นการลดปริมาณของขยะที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้เม็ดคาร์บอน และยังเป็นการประหยัดทรัพยากรได้อีกทางหนึ่งด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

- 1.ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่, เม็ดคาร์บอนที่ผ่านการใช้แล้ว และเม็ดคาร์บอนที่ฟื้นฟูประสิทธิภาพด้วยสารละลายโซเดียมไดเดคซิลซัลเฟต
- 2.ศึกษาสภาวะที่มีผลต่อการฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนด้วยสารละลายโซเดียมไดเดคซิลซัลเฟต
- 3.ศึกษาประสิทธิภาพของสารละลายโซเดียมไดเดคซิลซัลเฟตในการใช้ซ้ำเพื่อฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่, เม็ดคาร์บอนที่ผ่านการใช้แล้ว และเม็ดคาร์บอนที่ฟื้นฟูประสิทธิภาพด้วยสารละลายโซเดียมไดเดคซิลซัลเฟต

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1.ศึกษาผลของเวลาสัมผัส (Contact Time) ต่อการดูดซับ ฟีนอลด้วยเม็ดคาร์บอน ที่เวลา 30, 75, 120, 165, 210 min ตามลำดับ และใช้สารละลายฟีนอลที่ความเข้มข้น 2,000mg/100 mL ที่อุณหภูมิ 25 °C อัตราเร็วการเขย่า 120 rpm
- 2.ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่, เม็ดคาร์บอนที่ผ่านการใช้แล้ว และเม็ดคาร์บอนที่ฟื้นฟูประสิทธิภาพด้วยสารละลายโซเดียมไดเดคซิลซัลเฟตแสดงในรูปของสมการ Freundlich และเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลโดยใช้สารละลายฟีนอลที่ความเข้มข้น 2,000 mg/100mL และสารละลายโซเดียมไดเดคซิลซัลเฟตเข้มข้น 0.3467×10^{-3} M และ 1.05×10^{-3} M และเลือกใช้เวลาจากผลการทดลองข้อ 1 ที่อุณหภูมิ 25 °C
- 3.ศึกษาสภาวะที่มีผลต่อการฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนด้วยสารละลายโซเดียมไดเดคซิลซัลเฟต
 - ศึกษาผลของเวลาสัมผัส (Contact Time) ต่อการฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนด้วยสารละลายโซเดียมไดเดคซิลซัลเฟต ที่เวลา 30, 60, 90, 120, 150 minตามลำดับและสารละลายโซเดียมไดเดคซิลซัลเฟตที่ความเข้มข้น 0.3467×10^{-3} M และ 1.05×10^{-3} M ที่อุณหภูมิ 25 °C
 - 5.ศึกษาประสิทธิภาพของสารละลายโซเดียมไดเดคซิลซัลเฟตในการใช้ซ้ำเพื่อฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนโดยใช้สารละลายโซเดียมไดเดคซิลซัลเฟตที่ความเข้มข้น 0.3467×10^{-3} M และ 1.05×10^{-3} M และเลือกใช้เวลาจากผลการทดลองข้อ 3 อุณหภูมิ 25 °C จำนวน 10 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.วิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่, เม็ดคาร์บอนที่ผ่านการใช้แล้วและเม็ดคาร์บอนที่ฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟตในรูปของสมการ Freundlich และเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน

1. สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบการทดลอง และจัดเตรียมอุปกรณ์ และสารเคมี
3. ดำเนินการทดลองโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้
 - 3.1 การเตรียมเม็ดคาร์บอนที่ใช้แล้วด้วยสารประกอบฟีนอล
 - 3.2 การฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนโดยใช้สารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต ที่ความเข้มข้น $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$
 - 3.3 การฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนโดยใช้สารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต ที่ความเข้มข้น $1.05 \times 10^{-3} \text{ M}$
4. สรุปผลการทดลองและรายงานผลการทดลอง

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่, เม็ดคาร์บอนที่ผ่านการใช้งานแล้วและเม็ดคาร์บอนที่ฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต
2. ทราบถึงสถานะที่มีผลต่อการฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนด้วยสารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต
3. ทราบถึงประสิทธิภาพของสารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟตในการใช้ซ้ำเพื่อฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

การดูดซับ (Adsorption) เป็นกระบวนการที่ตัวถูกละลายยึดติดกับพื้นผิวของอนุภาคของแข็งด้วยแรงทางเคมี หรือ กายภาพ การดูดซับด้วยแรงทางเคมี (chemical adsorption) ตัวดูดซับจะยึดเกาะกับโมเลกุลที่อยู่บริเวณผิวของตัวดูดซับ (adsorbent) ในลักษณะ monolayer ส่วนการดูดซับด้วยแรงทางกายภาพ (physical adsorption) อนุภาคของสารจะเข้าไปติดอยู่ในรูเล็ก ๆ (capillaries) ภายในอนุภาคของสารตัวดูดซับ สารที่มีมวลโมเลกุลสูง จะถูกดูดซับได้ง่ายกว่าสารที่มีมวลโมเลกุลต่ำ โดยจะเริ่มจับที่ผิวของตัวดูดซับ ความเข้มข้นบริเวณผิวจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนเข้าสู่สมดุลตามด้วยกระบวนการแพร่ (rate of diffusion) เข้าสู่รูพรุนของตัวดูดซับ เช่น เม็ดคาร์บอน ซึ่งอัตราการแพร่เป็นกระบวนการที่สำคัญในการควบคุมอัตราการดูดซับทั้งหมด (Wesley, 1981)

2.1 การผลิตเม็ดคาร์บอน

เม็ดคาร์บอนจะถูกเตรียมจากวัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น ถ่านหิน (ถ่านหินแอนทราไซต์ หรือ ถ่านหินสีน้ำตาล) ลิกไนต์ ไม้ เปลือกของผลไม้เปลือกแข็ง ขี้เลื่อย เป็นต้น บางครั้งก็เตรียมจากพวกพอลิเมอร์ ชนิดของวัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นเม็ดคาร์บอนจะแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ขั้นตอนการผลิต คือ นำวัตถุดิบมาเผาด้วยความร้อนสูง และทำให้กลายเป็นคาร์บอน (Carbonization) ที่อุณหภูมิหลายร้อยองศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ใช้ ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้ เช่นถ่านหินแอนทราไซต์ ใช้อุณหภูมิในการเผาถึง 850 °C สำหรับคาร์บอนที่ใช้ในการดูดซับ ควรผลิตวัตถุดิบที่มี สารประกอบอินทรีย์ในปริมาณที่เหมาะสม การเพิ่มประสิทธิภาพของขั้นตอนนี้สามารถทำได้โดยการนำวัตถุดิบ เช่น ไม้ มาแช่ในสารละลายเมทัลลิกคลอไรด์ (metallic chlorides) สารที่นิยมใช้กันมากได้แก่ แคลเซียม และแมกนีเซียมคลอไรด์ ส่วนซิงค์คลอไรด์นิยมใช้ในยุโรป และญี่ปุ่น โดยมีขั้นตอนดังนี้ นำวัตถุดิบมา 1 ส่วน มาผสมกับซิงค์คลอไรด์ 1-4 ส่วน แล้วทำให้แห้ง จากนั้นนำมาให้ความร้อน 600-700 °C นำคาร์บอนที่ได้มาล้างด้วยกรด และน้ำ ผลที่ได้คือคาร์บอนที่มีความสามารถในการดูดซับสูง

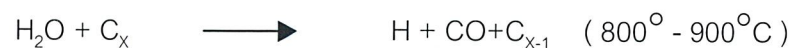
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 วัสดุดิบที่มีการนำมาผลิตเป็นเม็ดคาร์บอน

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

ที่มา : Hassler (1974)

ระหว่างกระบวนการผลิต จะมีการกำจัดสารที่ทำให้เกิดกลิ่น (Volatile fractile) และสารโมเลกุลต่ำออกไป ส่วนที่เหลือจะเข้ากระบวนการกระตุ้น (Activation) โดยการใช้ก๊าซออกซิไดซ์ เช่นไอน้ำที่ร้อนกว่า 100 °C หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิสูงโดยมีสมการดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการใช้ไอน้ำเป็นตัวออกซิไดซ์ จะได้ผลดีกว่าการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ และการใช้อากาศ ดังแสดงในตารางที่ 2.2 การใช้ไอน้ำ อุณหภูมิที่ใช้ ต้องเพียงพอต่ออัตราการออกซิเดชัน แต่ไม่ควรเกิน 100 °C เนื่องจากทำให้ความสามารถในการดูดซับลดลง ส่วนการใช้อากาศ อุณหภูมิไม่เกิน 600 °C วิธีนี้ไม่นิยมใช้ ยกเว้นกับวัสดุที่บ่มจำพวกซีลื้อหรือลิกนิน สำหรับลิกนินที่กระตุ้นด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 600°C จะสามารถฟอกสีได้เท่ากับการกระตุ้นด้วยไอน้ำที่ 800-900°C ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2. 3

ตารางที่ 2.2 ค่าการดูดซับด้วย Activated pine wood char

สภาวะการกระตุ้น		สารที่ถูกดูดซับ (g/g carbon)			
ก๊าซ	อุณหภูมิ (°C)	Chysodine 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	0.10	0.06	0.42
ไอน้ำ	910	0.13	0.19	0.06	0.40
ไอน้ำ	770	0.37	0.17	0.16	0.60
ไอน้ำ	825	0.37	0.16	0.17	0.60
CO ₂	880	0.36	0.12	0.21	0.62
	880	0.32			

ที่มา : Hassler (1974)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 การดูดซับด้วย Activated lignin char

สภาวะกระตุ้น		สารที่ถูกดูดซับ (g/g carbon)			
ก๊าซ	อุณหภูมิ (°C)	Chysodine R	Ponceau R	Meyhylene 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 : Hassler (1974)

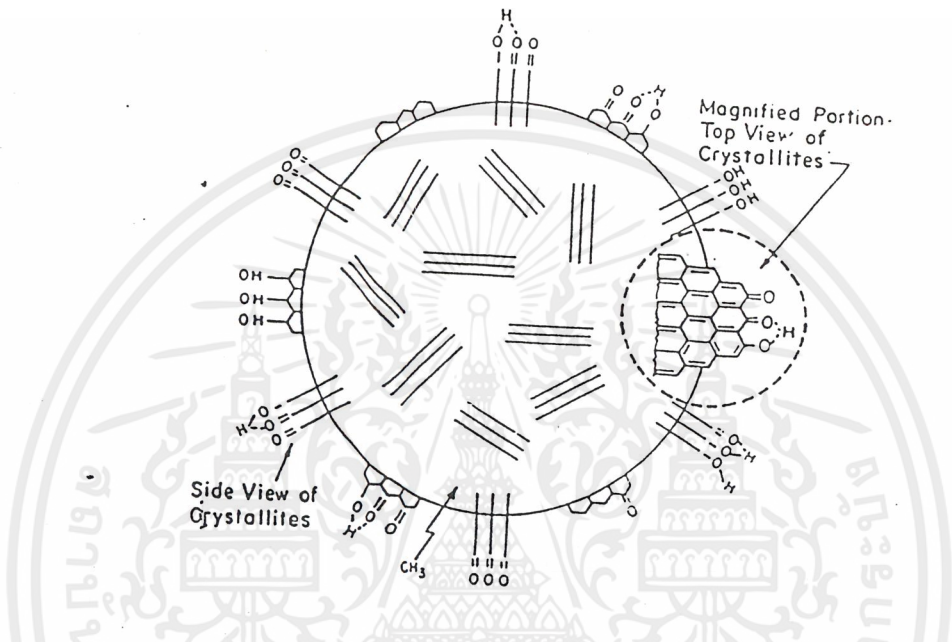
รูพรุนของเม็ดคาร์บอน จะถูกสร้างในระหว่างการกระตุ้นนี้ ผลผลิตของคาร์บอนจากวัตถุดิบ จะได้น้อยกว่า 50% บางครั้งได้เพียง 10% เท่านั้น

การทำให้กลายเป็นคาร์บอนสามารถกระตุ้น (Activation) โดยการใช้สารอินทรีย์ เช่น ซิงค์คลอไรด์ หรือ กรดฟอสฟอริก ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการควบแน่นไพโรไลติกของคาร์โบไฮเดรต นั่นคือ ปฏิกิริยาจะดำเนินต่อไปและมีการเพิ่มผลผลิตของถ่านระหว่างการเติมคาร์บอน ในขั้นตอนนี้จะมีการสร้างรูพรุนโดยการนำคาร์บอนที่ได้แทนที่ผลึกของเกลืออินทรีย์ และมีการชะล้างเกลือออกโดยกรด รูพรุนจึงเกิดขึ้นมากมาย ประโยชน์ของรูพรุนเหล่านี้ คือเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับ

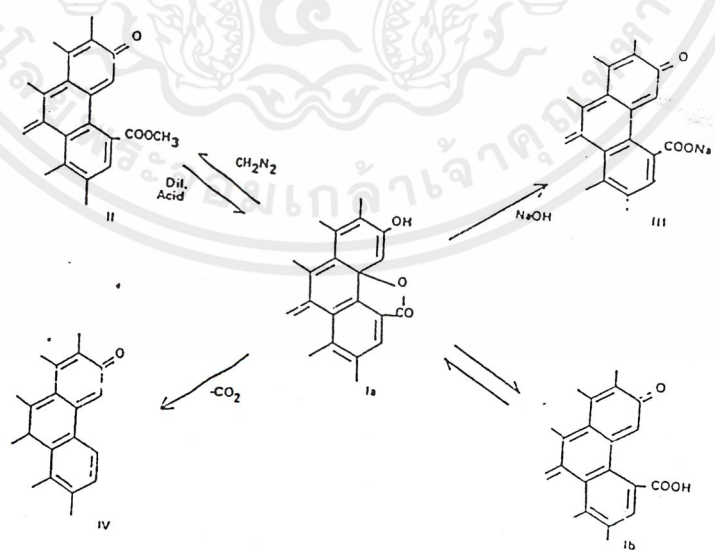
แต่แหล่งที่มาของวัตถุดิบ และปริมาณขี้เถ้า ไม่ได้เป็นปัจจัยที่สำคัญเพียงอย่างเดียวที่จะส่งผลถึงขนาดของรูบวมผิวของคาร์บอน และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นบนบริเวณผิวของคาร์บอน พบว่าวัตถุดิบบางชนิด (เห็นได้จากตารางที่ 2.1) และสภาวะที่ทำให้เกิดปฏิกิริยานั้น ส่งผลต่อพื้นที่ผิวของคาร์บอนโดยเฉพาะ ปัจจัยที่สำคัญคือ หมู่ ฟังก์ชัน ที่อยู่บนผิวคาร์บอนซึ่งส่งผลถึงการดูดซับเป็นอย่างมาก จากรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นอนุภาคของเม็ดคาร์บอนที่ถูกเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงมีลักษณะพิเศษที่เกิดขึ้นที่ s-p hybridization เช่น พันธะสาม บริเวณส่วนปลายของ acetylene ซึ่งพันธะที่ไม่อิ่มตัวเหล่านี้ จะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นๆ ได้ดี โดยทั่วไปแล้ว เม็ดคาร์บอนจะมีวิธีการผลิตอยู่ 2 วิธี คือผลิตที่อุณหภูมิสูง (H-carbon) หรือ เป็นพวกที่ผลิตที่อุณหภูมิไม่สูง (L-carbon) H-carbon จะสามารถดูดซับกรดแก่ได้ ขณะที่ L-carbon จะดูดซับพวกเบส พวกหมู่ Functional ที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ มักจะเป็นพวก Phenolic และ lactone n และ f-type มักจะเรียก n-type

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ lactone ว่าเป็น normal lactone (รูปที่ 2.3d) และ f-type ของ lactone ว่าเป็น flourescein-type lactone (รูปที่ 2.3e) สำหรับ L-type ของคาร์บอน ซึ่งดูดซับเบสอ่อน สามารถอธิบายได้โดยรูปแบบที่เป็นประจวบเหมาะ แสดงให้เห็นในรูปที่ 2.4

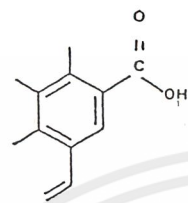


รูปที่ 2.1 แบบจำลองอนุภาคคาร์บอนเมื่อเกิดการเผาไหม้ (Hassler, 1974)

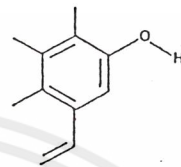


รูปที่ 2.2 ปฏิกิริยาของแล็กโตนชนิด f (Hassler, 1974)

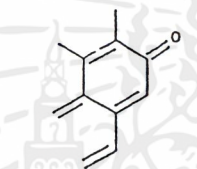
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



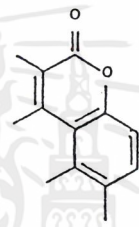
(a) Carboxylic group



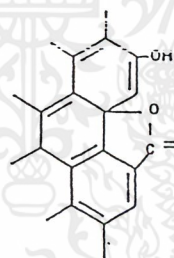
(b) Phenolic hydroxyl group



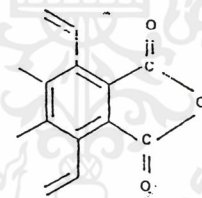
(c) Quinone-type carbonyl group



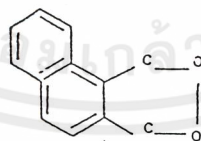
(d) Normal lactone group



(e) Fluorescein-type lactone group



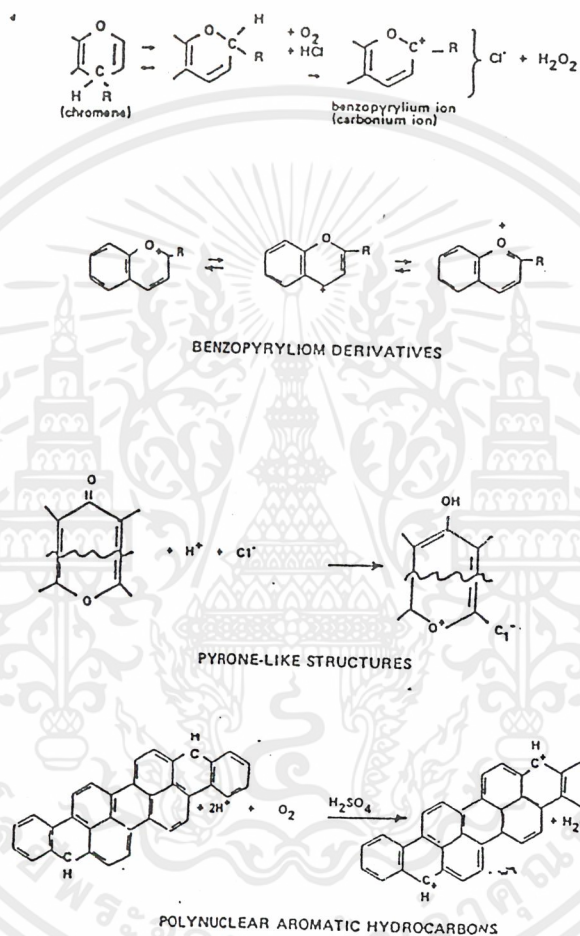
(f) Carboxylic acid anhydride group



(g) Cyclic peroxide group

รูปที่ 2.3 หมู่ฟังก์ชันที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (Hassler, 1974)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 หมู่ฟังก์ชันพื้นฐาน (Hassler, 1974)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 หมู่ฟังก์ชันของคาร์บอน

A. Hydroxyl Functions R-OH

REACTIONS of DETERMINATION	AUTHORS
Organomagnesium compound $R-OH + CH_3MgI \rightarrow R-O-MgI + CH_4$	D. S. Vilks
Diazomethane $R-OH + CH_2N_2 \rightarrow R-OCH_3 + N_2$	M. L. Studebaker
Hydride of aluminum and lithium $R-OH + LiAlH_4 \rightarrow LiAl(O-R)_3 + 4H_2$	R. E. Test, R. S. Hansen D. Rivin
Acetylation $R-OH + \begin{cases} CH_3COCl \\ CH_3COOH \\ 1/2 CH_3CO-O \\ CH_3CO \end{cases} \rightarrow R-O-C(=O)CH_3 + \begin{cases} HCl \\ H_2O \end{cases}$	H. P. Boehm J. B. Donnet De Bruin and Van der Plas
2-4-dinitro-fluorobenzene $R-OH + F-\text{C}_6\text{H}_3(NO_2)_2-O \rightarrow R-O-C_6\text{H}_3(NO_2)_2 + F^- + H^+$	H. P. Boehm
Benzoyl p. nitro chloride $R-OH + NO_2-C_6H_4-COCl \rightarrow R-O-C(=O)-C_6H_4-NO_2 + HCl$	H. P. Boehm
Dimethyl sulfate $R-OH + SO_2(OCH_3)_2 \rightarrow R-OCH_3 + SO_2(OH)OCH_3$	J. B. Donnet H. P. Boehm
Hexamethyldisilazane $2 R-OH + HN(Si(CH_3)_3)_2 \rightarrow 2 ROSi(CH_3)_3 + NH_3$	S. Friedman (50) L. W. Hill P. H. Given

B. Lactone Functions

REACTIONS of DETERMINATION	AUTHORS
Ammonia $\begin{array}{ c} \text{O} \\ \parallel \\ -C- \\ \\ -O \end{array} + NH_3 \xrightarrow{\text{in methanol}} \begin{array}{ c} \text{O} \\ \parallel \\ -C-NH_2 \\ \\ -OH \end{array}$	De Bruin and Van der Plas
Bromhyaric acid $\begin{array}{ c} \text{O} \\ \parallel \\ -C- \\ \\ -O \end{array} + HBr \rightarrow \begin{array}{ c} \text{O} \\ \parallel \\ -C-OH \\ \\ -Br \end{array}$	De Bruin and Van der Plas
Hydride of aluminum and lithium $\begin{array}{ c} \text{O} \\ \parallel \\ -C- \\ \\ -O \end{array} \xrightarrow{LiAlH_4} \begin{array}{ c} \text{O} \\ \parallel \\ -C-OH \\ \\ -OH \end{array}$	D. Rivin

ที่มา: Hassler (1974)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

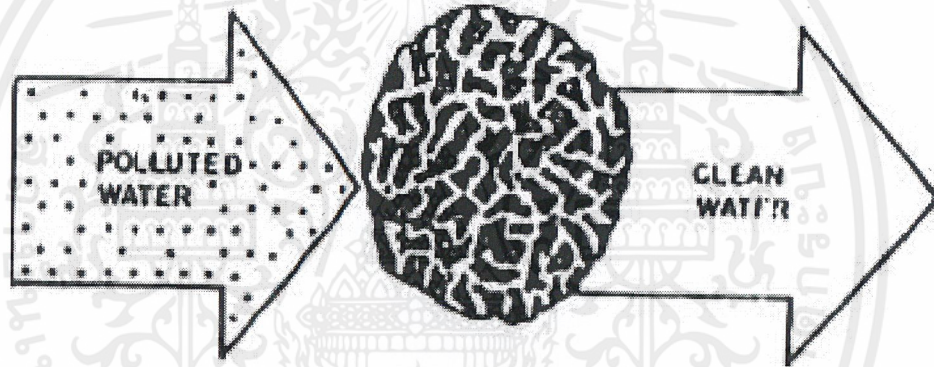
2.2 ชนิดของเม็ดคาร์บอน

2.2.1 Power activated carbon (PAC)

2.2.2 Granular activated carbon (GAC)

2.3 ลักษณะพิเศษของเม็ดคาร์บอน

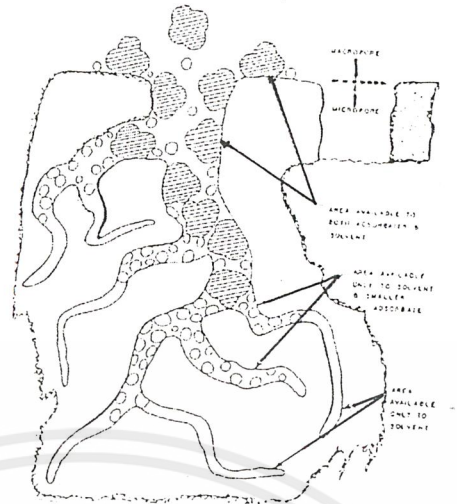
รูพรุนของเม็ดคาร์บอน จะทำหน้าที่ดูดซับอนุภาคต่างๆ ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.5 โครงสร้างที่เป็นแบบรูพรุนของเม็ดคาร์บอนจะมีผลต่ออัตราส่วนระหว่างพื้นผิวกับขนาดรูพรุนที่มีขนาดใหญ่ (Macrapores) ไม่ใช่พื้นผิวของเม็ดคาร์บอน รูพรุนขนาดเล็กของเม็ดคาร์บอนเมื่อมีการปรับปรุงชั้นแรก จะส่งผลให้พื้นที่ผิวของการดูดซับมีขนาดใหญ่ขึ้น



รูปที่ 2.5 กระบวนการดูดซับของเม็ดคาร์บอนชนิดเม็ด สารอินทรีย์ในน้ำจะผ่านเข้าไปในรูพรุน และเกิดการดูดซับบนพื้นผิวของรูพรุน (Nicholas, 1993)

รูพรุนขนาดใหญ่ จะมีขนาดใหญ่กว่า 1,000 อังสตรอม ส่วนรูพรุนขนาดเล็ก จะมีขนาดอยู่ในช่วง 10-1,000 อังสตรอม โครงสร้างของพื้นที่ผิว จะเป็นพื้นที่ผิวที่ทำหน้าที่ในการดูดซับ ขนาดของรูพรุนจะเป็นตัวกำหนดการกรองโมเลกุลว่า ขนาดของโมเลกุลใดที่สามารถเข้าไปในอะตอมของคาร์บอน เพื่อทำการดูดซับได้ ดังรูปที่ 2.6 จากรูปเป็นวิธีการแยกโดยใช้รูพรุน โมเลกุลที่มีขนาดใหญ่จะไม่สามารถแทรกเข้าไปในรูพรุนที่มีขนาดเล็กของเม็ดคาร์บอนได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากเม็ดคาร์บอนมีรูปร่างกลมและเป็นโมเลกุลที่มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา ทำให้โมเลกุลที่มีขนาดเล็กสามารถแทรกซึมเข้าไปในรูเล็กๆ ได้ (Nicholas, 1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงความแตกต่างของโมเลกุลของการเคลื่อนที่ของโมเลกุล
ที่เป็นผลเนื่องมาจากรูพรุนของคาร์บอน (Nicholas, 1993)

2.4 คุณสมบัติของเม็ดคาร์บอน

คุณสมบัติที่คำนึงถึงในการเลือกใช้เม็ดคาร์บอนแสดงไว้ในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติเม็ดคาร์บอนที่ต้องพิจารณาในการเลือกใช้

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

ที่มา : Hassler (1974)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ความชื้น

เม็ดคาร์บอนจะถูกกำหนดราคาได้จากค่าความชื้น โดยทั่วไปเม็ดคาร์บอนจะมีความชื้นในระดับหนึ่ง เช่น 3, 8 หรือ 10 % หากเก็บเม็ดคาร์บอนในที่ที่มีความชื้น เม็ดคาร์บอนจะดูดซับความชื้นไว้ได้ 20-25 % ความชื้นนี้ไม่มีผลต่อการดูดซับ แต่จะมีผลต่อน้ำหนัก เมื่อมีการซื้อขายจึงต้องมีการตกลงกัน โดยใช้น้ำหนักแห้ง วิธีที่ใช้ในการทำแห้งคือ อบคาร์บอนไว้ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 110 °C แล้วเก็บไว้ในเดสซิเคเตอร์ (desiccator)

2.4.2 องค์ประกอบอนินทรีย์ (Inorganic constituents)

เม็ดคาร์บอนแต่ละชนิด จะมีองค์ประกอบแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาผลิต และสารที่ใช้ในกระบวนการผลิต ปริมาณสารอนินทรีย์ใช้แบ่งเกรดของเม็ดคาร์บอนได้ โดยดูจากธรรมชาติของสารและความเข้มข้นของสารนั้น

2.4.3 ลักษณะโครงสร้าง (Structural Characteristics)

รูปร่างของเม็ดคาร์บอนสามารถแบ่งได้ดังนี้

1. Symmetrical pellets
2. Irregular shaped granules
3. Powder
4. Specialties

ชนิดแรกจะมีหลายขนาด เช่น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/8 นิ้ว และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3/16 นิ้ว ส่วนชนิดที่ 2 มีหลายขนาดตั้งแต่ 4x6 mesh จนถึงขนาดเล็ก 20x50 mesh ขนาดเล็กจะมีอัตราการดูดซับเร็วกว่าขนาดใหญ่ มักใช้กับของเหลวที่มีความหนืด สำหรับชนิดที่ 3 ต้องมีขนาดที่ไม่เล็กจนเกินไป เนื่องจากขนาดผงเม็ดคาร์บอนมีผลต่ออัตราการกรอง

ตารางที่ 2.6 ความหนาแน่นรวม และขนาดของผงเม็ดคาร์บอนที่วิเคราะห์โดยการ
ใช้ตะแกรงร่อน

Carbon code	Bulk density Lb/cu ft	Screen analysis	
		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 : Hassler (1974)

2.5 การดูดซับด้วยคาร์บอน (Carbon adsorption)

1. หลักการ

หลักการดูดซับด้วยคาร์บอนเพื่อแยกสารที่ปนเปื้อนละลายอยู่ในสารละลาย เช่น สารอินทรีย์ต่างๆ ถ่านที่นิยมใช้กันมี 2 ลักษณะ คือ แบบคาร์บอนที่มีลักษณะเป็นเม็ดๆ (Granular carbon) และแบบที่เป็นผง (Powdered carbon) ซึ่งนิยมเรียกรวมกันว่า Activated Carbon ซึ่งทำมาจากเมล็ดของ Almond , Walnut hulls, มะพร้าว ไม้อื่นๆ หรือ ถ่านโดยทั่วไป โดยการถูกนำมาเผาที่อุณหภูมิสูง โดยพยายามทำให้พื้นที่ผิวของคาร์บอนมีมากๆ โดยทั่วไป Activated Carbon ที่นำมาใช้มีพื้นที่ผิวดั้งแต่ 500-1,500 m² สำหรับ Granular Carbon และ Powdered Carbonจะมีขนาดใหญ่กว่า 0.1 mm. และเล็กกว่า 200 mesh ตามลำดับ

การดูดซับ (Adsorption) จะมีอยู่ด้วยกัน 3 ลักษณะ คือ

1) การดูดซับ แบบแลกเปลี่ยนประจุ (Exchange Adsorption) การดูดซับแบบนี้ อาศัยการดูดติดด้วยไฟฟ้าสถิตบริเวณผิว

2) การดูดซับแบบเคมี (Chemical Adsorption) การดูดซับแบบนี้ อาศัยการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่อกัน ทำให้โมเลกุลของสารเคมีที่ถูกดูดซับไม่เกิดการเคลื่อนที่บริเวณผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การดูดซับแบบกายภาพ (Physical Adsorption) การดูดซับแบบนี้ อาศัยการเกิดการดูดติดด้วยแรงประเภท Van der Waals ซึ่งไม่ยึดติดแน่นเหมือนกับสองแบบแรก มักเหมาะสมกับสภาวะอุณหภูมิต่างๆ

สมการของ Freundlich ได้แสดงสมการของ Freundlich สำหรับการดูดซับซึ่งสมการนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้กับสารละลายที่ค่อนข้างจะเจือจาง และมีความเข้มข้นค่อนข้างต่ำ

$$x/m = k_f C_f^{1/n}$$

เมื่อ:

k_f และ n เป็น ค่าคงที่ และ $n > 1$

$1/n$ คือ ความชันของกราฟ

k_f คือ จุดตัดแกนเมื่อ $C_f = 1$

x คือ ปริมาณของสารที่ถูกดูดซับ (mg) = $(C_i - C_f) \times v$

v คือ ปริมาตรของสารละลาย

m คือ น้ำหนักของผงคาร์บอน

เมื่อเขียนกราฟ log-log ของค่า C จะสามารถหาค่า k_f และ n ได้

$$\log (x/m) = \log k_f + 1/n \log C_f$$

จากสมการนี้จะได้กราฟเส้นตรง ซึ่งบางครั้งกราฟอาจไม่เป็นเส้นตรงได้ เนื่องจากสาเหตุต่างๆ คือ มีการปนเปื้อนในสารละลายที่จะบำบัดโดย ทำให้มีตัวที่ถูกดูดซับมี 2 ตัว ทำให้อัตราการดูดซับเปลี่ยนไป

2.6 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ

2.6.1 ขนาดและพื้นที่ผิวของสารดูดซับ (Size and surface area)

ความสามารถในการดูดซับ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับพื้นที่ผิวจำเพาะ และอัตราการดูดซับ เป็นสัดส่วนผกผันกับขนาดของตัวดูดซับ และพื้นที่ผิวของสารดูดซับมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการดูดซับ (Adsorption capacity) อัตราการดูดซับเป็นอัตราส่วนผกผันกับเส้นผ่าศูนย์กลางของสารดูดซับเมื่อสารดูดซับนี้ไม่มีรูพรุน สำหรับสารดูดซับที่มีรูพรุนอัตราการเคลื่อนที่เข้าสู่ผิวภายในรูพรุนถูกควบคุม โดยความต้านทานภายนอกที่เรียกว่า การขนส่งชั้นฟิล์ม (Film transport) ดังนั้นอัตราการดูดซับ จะเป็นอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับเส้นผ่าศูนย์กลางของสารดูดซับ ในทางกลับกันถ้าการเคลื่อนที่ภายในอนุภาค เป็นควบคุมการดูดซับการดูดซับจะเป็นอัตราส่วนผกผันกับเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวดูดซับ

2.6.2 ลักษณะของสารดูดซับ (Nature of absorbent)

สิ่งสำคัญในการดูดซับตัวถูกละลายอย่างหนึ่งคือ ความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกละลาย การดูดซับจะเพิ่มมากขึ้น ถ้าความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกละลายมีค่าลดลง เนื่องจากในการดูดซับตัวถูกละลาย จะถูกแยกออกจากตัวทำละลาย นอกจากนี้ขนาดของโมเลกุลตัวถูกละลายยังมีผลต่ออัตราการดูดซับอีกด้วย เนื่องจากอัตราการเคลื่อนที่ภายในโพรง เป็นอัตราที่ควบคุมกลไกการดูดซับ ขนาดของโมเลกุลตัวถูกละลาย จะแปรผกผันกับอัตราการดูดซับ

2.6.3 ความปั่นกววน (Mixing Speed)

อัตราเร็วในการดูดซับขึ้นอยู่กับ การขนส่งโมเลกุลของระบบ ซึ่งจัดว่าเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราเร็วของการดูดซับ ขั้นตอนนี้ประกอบด้วย การแพร่ผ่านฟิล์ม (Film Diffusion) และการแพร่เข้าสู่โพรง (Pore Diffusion) ซึ่งแล้วแต่ความปั่นป่วนของระบบ ถ้าน้ำมีความปั่นป่วนต่ำ ฟิล์มน้ำที่ล้อมรอบสารดูดซับจะมีความหนามาก และเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเข้าไปหาสารดูดซับ ในทางตรงกันข้ามถ้าน้ำมีความปั่นป่วนสูง ทำให้ความหนาของชั้นฟิล์มลดลง ทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าหาตัวดูดซับได้เร็วดังนั้นการแพร่เข้าสู่โพรง จะเป็นปัจจัยที่กำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ

2.6.4 เวลาสัมผัส (Contact time)

เวลาสัมผัสเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดซับ ในการบำบัดน้ำเสีย ระยะเวลาสัมผัสที่ใช้ จะต้องมีความเหมาะสมที่จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดดีที่สุดในขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารดูดซับซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสม จะต้องทำการศึกษาในระดับปฏิบัติการก่อนจะนำไปใช้งานจริง

2.6.5 ค่าพีเอช (pH)

ค่าพีเอชของสารละลาย เป็นปัจจัยสำคัญต่อการดูดซับ เนื่องจากไฮโดรเจนไอออน และไฮดรอกซิลไอออนสามารถดูดติดผิวได้อย่างแข็งแรง ค่าพีเอชมีอิทธิพลต่อการแตกตัวของไอออน และการละลายของสารต่างๆ ดังนั้นจึงมีผลกระทบต่อ การดูดซับ

2.7 การฟื้นฟูสภาพของเม็ดคาร์บอน (Regeneration)

การใช้คาร์บอนดูดซับไประยะเวลาหนึ่ง คาร์บอนจะเริ่มหมดสภาพ ดังนั้นการนำไปทิ้งและนำคาร์บอนดูดซับใหม่มาใช้เป็นวิธีที่สิ้นเปลือง วิธีที่ประหยัดกว่าคือการนำไปฟื้นฟูสภาพ ซึ่งวิธีการฟื้นฟูสภาพ อาจใช้วิธีทางเคมี วิธีความร้อน หรือวิธีเผา

2.7.1 วิธีทางเคมี หลักการคือ นำสารเคมีมาผสมกับคาร์บอนที่มีสารปนเปื้อนอยู่ค่อนข้างมากจนกระทั่งไปทำให้สารปนเปื้อนถูกออกซิไดซ์ หรือถูกทำลายออกจนหมด ซึ่งจะได้คาร์บอนกลับสู่สภาพเดิม สารเคมีต่างๆ ได้แก่ NaOH , NaOCl, HCl, H₂O₂ และ HCl แต่พบว่าในการใช้วิธีทางเคมีมีข้อจำกัดที่ว่าการทำให้เม็ดคาร์บอนมีสภาพใหม่เหมือนเดิมจะค่อนข้างลำบาก

2.7.2 วิธีทางความร้อน หลักการของการใช้ความร้อนในการทำให้คาร์บอนกลับคืนสู่สภาพใหม่เหมือนเดิมมีอยู่ 3 ขั้นตอน ดังนี้

- 1.การระเหยไอน้ำของน้ำที่ใกล้ๆ 100 °C
- 2.อบคาร์บอนที่หมดสภาพ ณ อุณหภูมิถึง 800 °C
- 3.กระตุ้นด้วยการนำเข้าไปที่อุณหภูมิระหว่าง 800 °C ถึง 950 °C

2.7.3 วิธีการเผา เตาเผาที่นิยมใช้มี 2 แบบคือ

1) เตาแบบ Multiple Hearth Furnace โดยอาศัยการใช้ก๊าซร้อน เนื่องจากการเผาไหม้มาทำการเผาคาร์บอนที่หมดสภาพ และจะอาศัยไอน้ำร้อน ซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์ตัวหนึ่ง เพื่อการกระตุ้น โดยปกติคาร์บอนจะเหลือออกจากเตาเผาที่สามารถนำกลับไปใช้ได้ ประมาณ 90-95 % ของคาร์บอนทั้งหมดที่นำเข้าไป ซึ่งเม็ดคาร์บอนที่ได้ จะมีความสามารถในการดูดซับได้เทียบเท่ากับเม็ดคาร์บอนใหม่

2) เตาแบบ Rotary kiln โดยอาศัยหลักการให้คาร์บอนเคลื่อนที่สวนทางกันกับก๊าซผสมที่เผาไหม้แล้วกับไอน้ำร้อนยิ่งยวด วิธีการดังกล่าวนี้มีประสิทธิภาพ 90-95% ซึ่งเม็ดคาร์บอนที่ได้ จะมีความสามารถในการดูดซับได้เทียบเท่ากับเม็ดคาร์บอนใหม่

2.8 ประโยชน์ของเม็ดคาร์บอน

ในอุตสาหกรรมมีการใช้เม็ดคาร์บอนกันอย่างแพร่หลาย หน้าที่ของเม็ดคาร์บอนในแต่ละโรงงานจะแตกต่างกันไป ตัวอย่างเช่น

2.8.1 เม็ดคาร์บอนประเภทที่ใช้ดูดซับแก๊สหรือไอ

- ใช้ในอุตสาหกรรมทำหน้ากากป้องกันแก๊สพิษ ทั้งที่ใช้ในการทหาร และที่ใช้กันโดยทั่วไป ทั้งนี้เพราะว่าเม็ดคาร์บอนสามารถใช้ในการดูดซับแก๊สพิษและไอของสารอินทรีย์ได้
- ใช้แยกก๊าซโซลีนออกจากก๊าซธรรมชาติ
- เบนซอล (Benzol) ออกจากก๊าซอุตสาหกรรม
- ใช้แยกไอระเหยของตัวทำละลายที่ใช้แล้ว เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ โดยเม็ดคาร์บอนจะดูดซับไอระเหยเหล่านั้นที่อุณหภูมิห้อง และคายออกที่ความดันไอล่างๆ เช่น การสกัดสารด้วยตัวทำละลาย, การหมัก, อุตสาหกรรมพลาสติก, ผลิตภัณฑ์ยาง เป็นต้น
- กำจัดสารประกอบออร์แกนิกซัลเฟอร์ (Organic Sulfur) เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และสิ่งเจือปนอื่นๆ จากโรงงานอุตสาหกรรม
- กำจัดกลิ่นจากอากาศในเครื่องปรับอากาศ ทำให้กลิ่นเหม็นลดน้อยลง
- ใช้ดูดซับกัมมันตภาพรังสีออกจากปฏิกิริยานิวเคลียร์สำหรับหน่วยปฏิบัติการให้การสลายตัวเกิดขึ้นสมบูรณ์ ขณะที่ยังถูกจับไว้ในชั้นของเม็ดคาร์บอน (Activated carbon)

2.8.2 ประเภทที่ใช้กับของเหลว (ฟอกสีและทำให้ของเหลวบริสุทธิ์) ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรม หลายประเภท เช่น

- ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำตาล เพื่อฟอกสี และทำให้น้ำตาลดิบบริสุทธิ์ขึ้น
- ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันและไขมัน สำหรับการบริโภค นอกจากใช้ในการฟอกสีแล้ว ยังใช้ในการแยกสบู่ และเปอร์ออกไซด์ออกจากไขมัน และน้ำมันด้วย
- แยกสิ่งเจือปนออกจากอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เจลาติน, น้ำส้ม, เพ็คติน, ซีอิ๊วโกแลต, น้ำผลไม้ เพราะไม่เป็นอันตราย และไม่เกิดปฏิกิริยากับผลิตภัณฑ์อาหาร
- ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เช่น ไวน์, วิสกี้ มักใช้เม็ดคาร์บอนดูดกลิ่นที่ไม่ต้องการ เช่น เอสเทอร์ทำให้เครื่องดื่มที่ได้มีรสชาติดีขึ้น
- ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีและยา เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนในยาและเคมีภัณฑ์อื่นๆ เช่น สเตรปโตมัยซิน (Streptomycin), คาเฟอีน (Cafein), โซเดียมอะซิเตรท (Sodium acetate) รวมทั้งกรดต่างๆ
- ใช้ทำน้ำดื่มให้บริสุทธิ์ เป็นการกำจัดสีและกลิ่น นอกจากนี้ยังใช้ในการบำบัดน้ำเสียอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรโมเลกุล : C_6H_6O [C 76.6% , H6.43% , O 17.00 %]

สูตรโครงสร้าง : C_6H_6O

น้ำหนักโมเลกุล : 94.11

2.9.2 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ (Chemical and physical properties)

ฟีนอลเป็นผลึกไม่มีสีหรือสีขาว ถ้าไม่บริสุทธิ์จะมีสีชมพูอ่อนๆ มีกลิ่นฉุนเฉพาะตัวดูดความชื้น ละลายน้ำได้ดี สารละลายที่ได้มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนจึงมีชื่อเรียกเป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปว่า กรดคาร์บอลิก(carbolic acid)คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของฟีนอลจะแสดงไว้ในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของฟีนอล

คุณสมบัติ	Reference
จุดหลอมเหลว	40.85 °C Merck,1996
จุดเดือด	182 °C Merck,1996
จุดวาบไฟ	85 °C (Open up) 79 °C (Closed cup) Verschueren, 1996 NEPA,1991
อุณหภูมิติดไฟได้เอง	715 °C NEPA,1991
ช่วงความเข้มข้นติดไฟได้	3-10% (ในอากาศ) Clayton และ Clayton, 1981
ความดันไอ	0.3513 มม. ปรอท (ที่ 25 °C) Clayton และ Clayton, 1981
การละลายน้ำ	93 กรัม/ลิตร (ที่ 16 °C) Morrison และ Boyd, 1973
ความหนาแน่นไอ	3.24 (อากาศ=1) Clayton และ Clayton, 1981
ความถ่วงจำเพาะ	1.071 Merck,1996
ดัชนีหักเหแสง	1.5408 (ที่ 41 °C) Merck,1996

ที่มา : Hassler (1974)

2.10 โครงสร้างและคุณสมบัติของสารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิว เป็นสารที่เกิดอยู่บริเวณผิวหน้าของสารละลาย แต่ก็ไม่ได้สะสมอยู่แต่เพียงบริเวณผิวหน้าของสารเพียงอย่างเดียว แต่ยังทำการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของผิวหน้าของสารบริเวณนั้นๆ ด้วย (Clint, 1992) สารลดแรงตึงผิวมีมากมายทั้งสังเคราะห์ขึ้นและที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเช่น phospholipids ซึ่งเป็นส่วนประกอบในผนังเซลล์ และมีบทบาทสำคัญในปฏิกิริยาเคมีในการดำรงชีวิต สารลดแรงตึงผิวมีลักษณะโครงสร้างของโมเลกุล ซึ่งประกอบไปด้วยโครงสร้างของหมู่ที่มีแรงดึงดูดของสารละลายนั้นน้อยมากเรียกว่าหมู่ Lyophobic group (Hydrophobic group หรือ Tail group) มักประกอบด้วย หมู่ alkyl หรือ alkylaryl hydrocarbon แต่ก็อาจมีหมู่ fluoroalkyl, silaalkyl, thiaalkyl, oxaalkyl ประกอบด้วยได้ อีกตัวหนึ่งคือโครงสร้างของหมู่ที่มีแรงดึงดูดกับสารละลายได้มากเรียกว่า Lyophilic group (Hydrophilic group หรือ Head group) เรียกหมู่ทั้งสองนี้รวมกันว่า Amphipathic structure โครงสร้าง Amphipathic ของสารลดแรงตึงผิวความเข้มข้นเพียงอย่างเดียวไม่ได้เป็นสาเหตุของการทำปฏิกิริยาของสารลดแรงตึงผิวที่บริเวณผิวหน้าและการลดลงของแรงตึงผิวของน้ำ แต่จะขึ้นอยู่กับการหันเหโมเลกุลที่บริเวณผิวหน้ากับพวก Hydrophilic group ในรูปของของเหลว และหมู่ Hydrophobic group ที่อยู่ทางขวาก็จะหลุดออกไป

Hydrophobic group จะเป็นสาย Hydrocarbon ต่อกันเป็นสายยาว และบางครั้งก็อาจจะเป็น Halogenated หรือ Oxygenated hydrocarbon หรืออาจเป็นสาย Siloxane ส่วน Hydrophilic group จะเป็น ionic หรือหมู่ที่มีความเป็นขั้วสูง ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของหมู่ Hydrophilic group และสารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิวสามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้คือ

- 1) Anionic surfactant ตำแหน่งที่ทำปฏิกิริยาบนผิวหน้าสารละลาย จะมีประจุเป็น ลบ เช่น $C_{12}H_{22}SO_3^-Na^+$ (Sodium dodecyl sulfate)
- 2) Cationic surfactant ตำแหน่งที่ทำปฏิกิริยาบนผิวหน้าสารละลายจะมีประจุเป็น บวก เช่น $RNH_3^+Cl^-$, $RN(CH_3)_3^+Cl^-$ (Quaternary ammonium chloride)
- 3) Zwitterionic surfactant ตำแหน่งที่ทำปฏิกิริยาบนผิวหน้าสารละลาย อาจจะมีประจุเป็นลบ หรือประจুবวกก็ได้ เช่น $RN^+H_2CH_2COO^-$ (Long-chain amino acid)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4) Noionic surfactant ตำแหน่งที่ทำปฏิกิริยาบนผิวหน้าสารละลาย จะไม่มี ประจุ เช่น $\text{RCOOCH}_2\text{CHOHCCH}_2\text{OIH}$ (Monoglyceride of long-chain fatty acid)

2.10.1 ลักษณะของสารลดแรงตึงผิว

ลักษณะของ micelle หรือ micellization เป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติต่างๆ ของสารลดแรงตึงผิว เช่น การลดลงของแรงตึงผิวภายใน เป็นต้น ความคงตัวของ micelle ในสารละลาย จะส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของสารลดแรงตึงผิว เช่น คุณสมบัติในการชะล้างสิ่งสกปรก และคุณสมบัติในการละลาย

ในสภาวะที่สารละลายมีความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวต่ำๆ นั้น โมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวจะไม่ไหลไปรวมตัวกัน (monomer) แต่ ณ จุดที่ความเข้มข้น พิเศษหรือเรียกว่าความเข้มข้น ณ จุดวิกฤต หรือ Critical micell concentration (CMC) จะเกิดการไหลไปรวมกันของโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิว ซึ่งจะถูกรู้จักว่า micelles first form ถ้าสารละลายมีความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวสูงมากกว่าจุด CMC พวก monomer จะเหลืออยู่น้อยมาก การที่ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวเพิ่มจำนวนขึ้นเป็นการสร้าง micelles ให้มีมากขึ้นด้วย สารลดแรงตึงผิวที่รู้จักกันทั่วไป เช่น Sodium dodecyl sulfate หรือ SDS ซึ่งมี $\text{CMC} = 8.3 \times 10^{-3} \text{ M}$ (Olphen และ Mysels, 1975, Christian และ Schamehorn, 1995) และเกิดเป็น micelles ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกลมที่ขรุขระ micelles จะมี Hydrophobic ล้อมรอบภายในซึ่งสาย Alkyl ของสารลดแรงตึงผิวนั้น จะละลายได้ในน้ำมัน ทำให้หมู่ของ SDS นั้นถูกเปลี่ยนแปลงที่บริเวณผิวหน้าของ micelles ซึ่งส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างที่เป็นทรงกลม (จำนวนที่รวมตัวกันน้อยกว่า 100 โมเลกุล) โดยมีลักษณะที่เป็นรูปทรงกระบอกต่อกัน สำหรับสารลดแรงตึงผิวที่ถูกละลายในรูปของสารละลาย โครงสร้างของสารลดแรงตึงผิว จะเปลี่ยนแปลงได้โดยหมู่ Hydrophobic จะหลุดออกจากมัน (Rosen, 1998)

รูปแบบของ micelles ของ ionic surfactants ในสารละลายของเหลว เป็นผลของแรงที่ตรงกันข้ามสองแรงลดน้อยลงนั่นคือ Hydrophobic สนับสนุนให้เกิดการรวมตัวกันของสารลดแรงตึงผิวและเกิดแรงผลักทางประจุไฟฟ้าระหว่างหมู่ของประจุทางหัวและประจุที่ตรงกันข้ามกับมัน ดังนั้นถ้าความยาวของหาง Hydrophobic นั้นยาวมากขึ้น จะส่งผลให้ Hydrophobic นั้นแข็งแรงมากขึ้น แต่ค่า CMC นั้น จะลดลงและ micelles ที่ถูกสร้างขึ้นจะมีขนาดใหญ่มากขึ้น บางครั้งถ้ามีการเติมเกลือบางชนิดลงไป ก็เป็นการลดแรงผลักระหว่างหมู่ทางหัวและค่า CMC ก็ลดลง

2.10.2 ความสามารถในการละลายของสารลดแรงตึงผิว

ความสามารถในการละลาย เป็นคุณสมบัติหนึ่งที่สำคัญของสารลดแรงตึงผิว ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับลักษณะของ micelles ซึ่งมันเป็นสิ่งสำคัญเมื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรม เช่น ใช้ในการเคลื่อนย้ายของเสียประเภทน้ำมัน เป็นต้น ความสามารถในการละลายนั้น จะถูกกำหนดขึ้นโดยคุณสมบัติเฉพาะตัวของสารตั้งต้นที่เป็นปฏิกิริยาย้อนกลับได้ สารอินทรีย์ใช้เวลาในการละลายในสารลดแรงตึงผิวสูงกว่าสารลดแรงตึงที่ละลายในน้ำ ณ ความเข้มข้นที่จุด CMC (Rosen, 1978; Tadros, 1984)

ตำแหน่งใน micelles ทำให้สารลดแรงตึงผิว มีความสามารถในการละลายที่แตกต่างกันไปโดยจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของสารนั้นๆ และขึ้นอยู่กับชนิดของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างสารลดแรงตึงผิว และความสามารถในการละลายการศึกษาความสามารถในการละลายโดยมากจะศึกษาโดยใช้ X-ray และ NMR Spectrometry เป็นต้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการละลายนั้น อาจเกิดขึ้นจากความแตกต่างของตำแหน่งของ micelles เช่น บริเวณผิวหน้าของ micelles, บริเวณผิวภายในของ micelles บริเวณระหว่างหมู่ Hydrophobic และอะตอมของคาร์บอนลำดับแรกของหมู่ Hydrophobic หรือจะเป็นบริเวณที่ลึกลงไปใน ชั้น micelles และ ภายในแกนของ micelles (Rosen, 1978)

อนุพันธ์ที่เป็นเส้นตรง, ไฮโดรคาร์บอนที่เป็นวง และโมเลกุลชนิดอื่น ๆ นั้น จะไม่มีการหักเหแสงในสารละลายตัวกลาง (น้ำ) UV และ NMR Spectra จะทำการวัดส่วนที่ไม่มีขั้วล้อมรอบอยู่ในสารละลายออกมาเป็นค่าของการละลาย

Hydrocarbon ที่เกิดการหักเหแสง เช่น สารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีตัวมีสายสั้นๆ เช่น Benzene, Isopropyl benzene โดยเริ่มแรกสารจะเกิดการดูดซับที่บริเวณระหว่างผิวหน้าของ micelle หรือ บางทีก็จะซึมผ่านไปยังแกนภายนอกของ micelle ปิดล้อมบริเวณส่วนหัวที่มีขั้ว แต่ถ้ายังมีการละลายของสารเพิ่มมากขึ้นอีกเรื่อยๆ ก็จะมีการซึมย้อนกลับเข้าไปบริเวณ Palisade layer หรือก็คือตำแหน่งภายในแกนของ micelle ความสามารถในการเกิดการหักเหแสงของกลุ่มหมอก π ในนิวเคลียสของสาร Hydrocarbon ที่เป็นวง ส่งผลให้เกิดการแลกเปลี่ยนประจุบวกของหมู่แอมโมเนียม ที่บริเวณระหว่างผิวหน้าของ micelles ซึ่งนี้อาจจะเป็นสาเหตุให้ Hydrocarbon เกิดการดูดซับ ณ บริเวณนั้นๆ

ส่วนโมเลกุลขนาดใหญ่ที่มีความเป็นขั้วมาก เช่น แอลกอฮอล์ที่ต่อกันเป็นสายยาว หรือสารที่ใช้ในการย้อมสีผ้าต่างๆ ก็จะมีความเป็นขั้วมากซึ่งสารพวกนี้เชื่อกันว่า สามารถละลายในสารละลายตัวกลางได้ ความสามารถในการละลายที่เกิดขึ้นนั้น อาจเกิดจากพันธะ H หรือ แรงดึงดูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างขั้วระหว่างหมู่ที่มีขั้วของสารละลาย กับสารลดแรงตึงผิวแสงที่ส่องผ่านสารละลายจะแสดงให้เห็นว่าบางส่วนของสารละลาย จะถูกล้อมรอบด้วยขั้วเมื่อเกิดการละลาย หรือการที่ซึมผ่านลึกลงไปในชั้นของ micelle ซึ่งมันจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างโครงสร้างที่มีขั้ว ต่อโครงสร้างที่ไม่มีขั้วในโมเลกุลของสารละลาย ถ้าโมเลกุลของสารต่อกันเป็นโซยาวมากๆ และสารประกอบนั้นมีความเป็นขั้วน้อยจะสามารถซึมผ่านได้ดีมากกว่าโมเลกุลของสารต่อกันเป็นสายสั้นๆที่มีความเป็นขั้วน้อย

โมเลกุลที่มีความเป็นขั้วน้อยในสารละลายโดยทั่วไป เมื่อถูกละลายก็จะปิดล้อมบริเวณผิวน้ำใน ชั้น micelles หรือดูดซับอยู่บริเวณระหว่างผิวน้ำของ micelle เมื่อส่องแสงผ่านสารละลาย จะพบว่าสามารถเกิดการละลายได้อย่างสมบูรณ์ในสารละลายที่มีสารลดแรงตึงผิวที่เจือจางนั้น จะเกิดเป็น micelles ได้ยาก โดยโมเลกุลที่มีความเป็นขั้วส่วนใหญ่จะละลายอยู่บริเวณภายนอกของโครงสร้างของ micellar ส่วนพวกสารละลายที่ไม่มีขั้ว จะอยู่บริเวณภายใน (Rosen, 1978)

สำหรับสารลดแรงตึงผิวประเภท ionic ความสามารถในการละลายนั้น จะมีอยู่ 3 แบบ คือ

1. พวกโมเลกุลที่ไม่มีขั้วจะละลายในแกนของ micellar ซึ่งเป็นบริเวณที่ส่วนหางของ Hydrocarbon จะไหลไปรวมกันซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการละลาย
2. โมเลกุลที่มีขั้วจะประกอบไปด้วยสาย Hydrocarbon และหมู่ Hydrophilic อ่อนๆ เช่น สายโซ่ของแอลกอฮอล์ หรือของเอมีน จะถูกรวมเข้าไปใน micelle กับส่วนหางของ Hydrocarbon ใน ชั้น micelles และส่วนหัวของ Hydrophilic จะยื่นออกมาในสารละลายตัวกลางบริเวณรอบนอกของ micellar
3. สารละลายบางตัวก็จะไม่ละลายใน Hydrocarbon หรือในน้ำ เช่น Dimethylphthalate แต่เชื่อกันว่าจะเกิดการดูดซับที่บริเวณ micelles

สมการการละลายของสารละลายอินทรีย์ (Nguyen, 1986)

$$K = X_A / C_{A,u}$$

ซึ่ง
$$X_A = C_{A,u} / (C_{c,u} + C_{A,m})$$

K = ค่าคงที่ของการละลาย

X_A = อัตราส่วนโดยมวลของสารละลายอินทรีย์ที่อยู่ใน micelle

$C_{A,u}$ = ความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ที่ไม่ละลายอยู่ใน micelle

$C_{A,m}$ = ความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ที่ละลายอยู่ใน micelle

$C_{c,m}$ = ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวใน micelle form

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.3 การดูดซับของสารลดแรงตึงผิวบนเม็ดคาร์บอน

การดูดซับของสารลดแรงตึงผิวบนเม็ดคาร์บอน สามารถเกิดได้หลายทาง ส่วนหนึ่งของ Hydrophobic ของสารลดแรง สามารถวางตัวในแนวระนาบบนเม็ดคาร์บอน และในกรณีที่สารลดแรงตึงผิวที่มีบริเวณส่วนหัวเป็น ionic สามารถที่จะดูดซับกับขั้วที่มีประจุตรงกันข้าม บริเวณผิวของถ่านกัมมันต์ การดูดซับของสารลดแรงตึงผิวที่เป็น anionic สามารถอธิบายได้โดยสมการของ Langmuir ซึ่งเป็นสมการที่พิสูจน์ให้เห็นว่าการดูดซับโมเลกุลเดี่ยวๆ (monomer) จะไม่เกิดปฏิกิริยาข้างเคียงเกิดขึ้นระหว่างเฟส (Hall, และ Tiddy, 1981; Rosen, 1978)

จากงานวิจัยของ Schwuger และ Smolka (1977) และ Yasuji (1992) ได้ทำการวัดการดูดซับบนผิวของเม็ดคาร์บอนพบว่าความสามารถในการดูดซับ Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) นั้นมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวในสมการของ Langmuir เนื่องจากเกิดการผลักดันของประจุอิเล็กตรอนซึ่งเหมือนกันของหมู่ Hydrophilic ของสารลดแรงตึงผิว และกับสารตัวอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบการดูดซับสารลดแรงตึงผิวประเภท Nonionic กับหมู่ Hydrophobic ที่เหมือนเดิมจะเกิดที่ความเข้มข้นสูงกว่า SDS กับหมู่ Hydrophobic แต่การดูดซับแบบอิมิต์ของ SDS จะเกิดที่ความเข้มข้นสูงมากกว่ากรณีของ สารลดแรงตึงผิวประเภท Nonionic ซึ่งเป็นสาเหตุมาจากปริมาณที่น้อยกว่า เป็นผลให้ความหนาแน่นในการบรรจุคอลลิม์นั้นสูงกว่า

ตารางที่ 2.8 ตัวอย่างกลุ่มที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำที่สำคัญ ๆ เช่น

ไม่ชอบน้ำ	ชอบน้ำ
$C_nH_{2n+1}-$	$-COO^-K^+$
$C_nH_{2n-1}-$	$-SO_3^-Na^+$
$C_nH_{2n+1}-C_6H_4$	$-PO_3^{2-}2Na^+$
C_nH_{2n+1}	$-OSO_3^-Na^+$
	$-OPO_3^{2-}2Na^+$
	$-(OCH_2CH_2)_nOSO_3^-NH_4^+$
	$-(OCH_2CH_2)_n-OH$

ที่มา : Ullmann 's Encycopedia of Industrial Chemistry, 1994

2.11 อัตรารังสีอินฟราเรดและวิสเปกโทรสโกปี

2.11.1 หลักการ

อัตราการดูดกลืนแสง หรือรังสีที่อยู่ในช่วงอัตรารังสีอินฟราเรดและวิสเปกโทรสโกปี ซึ่งอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 190-800 นาโนเมตร (nm) ของสารเคมีนั้น ส่วนใหญ่ได้แก่สารอินทรีย์ (Organic compound) หรือสารเชิงซ้อน (Complex compound) หรือสารอนินทรีย์ (Inorganic compound) ทั้งที่มีสีและไม่มีสี สมบัติของสารดังกล่าวนี้ ได้นำมาใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ทั้งในเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณอย่างกว้างขวาง เพราะวิธีนี้ให้ความถูกต้องแม่นยำดี และมีสภาพไว (Sensitivity) สูง โดยอาจทำการวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปของธาตุ หรือโมเลกุลก็ได้ แต่กรณีที่น่าไปใช้พิสูจน์ว่าสารตัวอย่างนั้น เป็นสารอะไรมีโครงสร้างอย่างไร อาจจะต้องใช้เทคนิคอย่างอื่นเข้าช่วยด้วย เพื่อให้เกิดความแน่ใจเช่น ใช้เทคนิคทาง IR หรือ NMR spectroscopy เป็นต้น

เมื่อให้ลำแสงผ่านกันอย่างต่อเนื่อง (Continuous beam of radiation) ผ่านเข้าไปในวัตถุใด จะพบว่าแสงบางส่วนถูกดูดกลืน บางส่วนเกิดการสะท้อน บางส่วนเกิดการกระเจิง และบางส่วนเกิดการทะลุผ่านออกไป ถ้าให้แสงที่ทะลุผ่านออกไปผ่านเข้าเครื่องกระจายแสง (เช่น ปริซึม หรือเกรตติง) จะเห็นว่าสเปกตรัมหายไปส่วนหนึ่ง ส่วนที่หายไปเรียกว่า Absorptive spectrum พลังงานที่ถูกดูดกลืนไปนั้น จะทำให้โมเลกุลหรืออะตอมเปลี่ยนระดับพลังงานจากสถานะพื้น (ground state) ไปยังสถานะกระตุ้น (excited state) กฎของเบียร์ (Beer's Law) หรือกฎของเบียร์และแลมเบิร์ต (Beer's Law and Lambert's Law) ซึ่งอาจกล่าวสั้นๆ ได้ว่า “ ค่าแอบซอร์เบนต์ของสารละลายจะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับความเข้มข้น ”

ดังสมการ

$$A = abc$$

โดย

A = แอบซอร์เบนต์

α = molar absorptivity

b = ความกว้างของเซลล์เป็นเวินติเมตร

c = ความเข้มข้นเป็นโมลต่อลิตร

โดยที่เราสมมุติว่า

- 1) แสง หรือ Radiant power ที่ใช้ผ่านสารละลายหรือวัตถุนั้น ต้องเป็น monochromatic radiation
- 2) สารละลายที่ได้จะต้องไม่ขึ้นแก่กันคือสารละลายนั้นจะต้องเจือจาง
- 3) สารละลายที่นำไปวัดจะต้องเป็นเนื้อเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.2 ข้อจำกัดของการใช้กฎของเบียร์

ข้อจำกัดที่ทำให้กฎของเบียร์นั้นใช้ไม่ได้หรือต้องเบี่ยงเบนไป นั่นคือ แอ็บซอร์เบ้นซ์ที่วัดได้ไม่เป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับความเข้มข้น เมื่อให้ความกว้างของเซลล์คงที่ หรือเมื่อนำค่าแอ็บซอร์เบ้นซ์ที่วัดได้จากความเข้มข้นต่างๆกัน เขียนกราฟระหว่างค่าแอ็บซอร์เบ้นซ์กับความเข้มข้นแล้วได้กราฟไม่เป็นเส้นตรง

สาเหตุที่สำคัญอาจจำแนกออกเป็น 2 จำพวกใหญ่ๆ คือ

- 1) เนื่องจากความเบี่ยงเบนทางเคมี (Chemical deviation) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารที่ปนกันอยู่ในสารละลายนั้น
- 2) เนื่องจากความเบี่ยงเบนของเครื่องมือ (Instrument deviation) ซึ่งเกี่ยวกับเครื่องมือโดยเฉพาะ

2.11.3 ความเบี่ยงเบนทางเครื่องมือ (Chemical equilibrium)

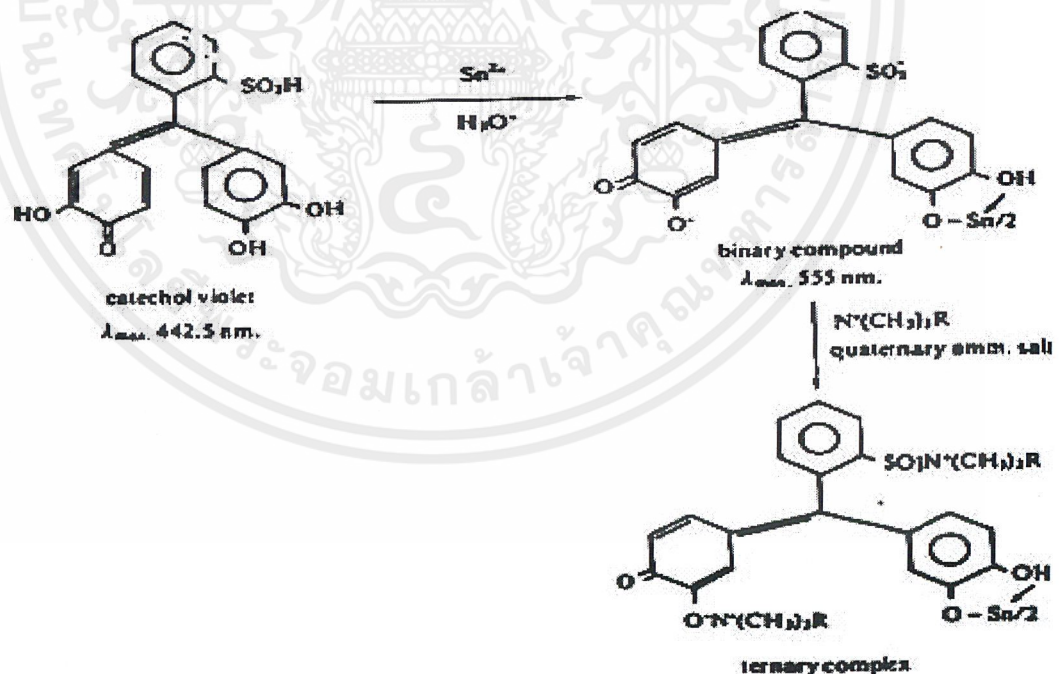
เมื่อนำสารละลายมาผสมกัน ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นมีแฟกเตอร์ทางเคมีหลายอย่างเข้าไปเกี่ยวข้อง และเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสิ่งที่ไม่ได้คาดคิด สิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณา คือ

- 1) เรื่องของสมดุลสารหรือไอออนที่จะทำการวัด อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นกับสมดุลเคมี ซึ่งสมดุลนี้ขึ้นอยู่กับความเป็นกรด เบส (pH) ของสารละลายอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารละลายจำพวก กรดอ่อน หรือ เบสอ่อน ถ้า pH เปลี่ยนแปลงไป จะทำให้สารเหล่านั้น เกิดการแตกตัว (Dissociation) หรือเกิดการรวมตัว (Association) มากขึ้นหรือน้อยลงได้ จึงทำให้ความเข้มข้นที่วัดผิดไปจากที่คาดคิด ถ้าไม่ควบคุม pH การวัด แอ็บซอร์เบ้นซ์ของตัวใดตัวหนึ่ง ย่อมเปลี่ยนแปลงไปจากกฎของเบียร์ ดังนั้นในการวิเคราะห์จะต้องควบคุม pH ด้วยบัฟเฟอร์หรือไม่เช่นนั้น ก็ต้องทำการวัดค่า แอ็บซอร์เบ้นซ์ที่จุด Biobesetic
- 2) เรื่องความเข้มข้น กฎของเบียร์ดีสำหรับสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำๆ ถ้าพบว่าความเข้มข้นสูงกว่า 0.001M จะพบว่ามีความไม่คงที่
- 3) อุณหภูมิ
- 4) ผลของตัวทำละลายที่ใช้
- 5) ผลที่เกิดจากแสง

2.11.4 ความผิดพลาด (Error) ของการวัดค่าแอมพลิจูดแบนซ์ หรือทรานสมิตแทนซ์ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีการดูดกลืนแสง

ค่าแอมพลิจูดแบนซ์ หรือค่าทรานสมิตแทนซ์ที่วัดได้ที่ ค่าสูงสุดนั้น ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายว่าจะยอมให้ Radiant power ที่ผ่านไปที่บวมมาตรวัดเป็นเท่าใด ถ้าความแตกต่างของ P และ P_0 มีค่าน้อย จะทำให้การวัดค่าแอมพลิจูดแบนซ์ผิดพลาดได้มาก หรือถ้าวัดค่าทรานสมิตแทนซ์ได้น้อยเกินไป Radiant power ที่ไปตกบนมาตรวัดมีน้อย ก็จะทำให้การวัดนั้นผิดพลาดได้มาก

ในกรณีทำการวิเคราะห์สารอนินทรีย์ปกติ สารเหล่านั้นมักจะไม่มีสีและไม่ดูดกลืนแสงในช่วง UV ด้วย ดังนั้นส่วนใหญ่จึงทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีขึ้น เพื่อให้เกิดการดูดกลืนแสงในช่วงวิชิเบิล เช่น ในการหาปริมาณของพวกไอออนโลหะนั้นนิยมใช้วิธีทำให้ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับพวกสารอินทรีย์บางชนิด เพื่อทำให้เกิดสารประกอบที่มีสี อาจเป็น binary complex หรือ ternary complex ก็ได้ ยังมีโคโรฟอร์มากกว่าการเกิดสีที่ชัดเจน การดูดกลืนแสงก็จะเกิดขึ้นที่ ค่าสูงสุด ยาวขึ้นด้วย ตัวอย่าง เช่น ในการหาปริมาณของดีบุก (Sn^{2+}) โดยทำปฏิกิริยากับ catechol violet ได้สารมีสีเกิดขึ้น ดังสมการเคมีดังสมการเคมีด้านล่างนี้



รูปที่ 2.7 สมการการดูดกลืนแสงในการหาปริมาณดีบุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำให้เกิดปฏิกิริยาอย่างนี้ เป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์อย่างยิ่ง คือช่วยลดเรื่องของ Interferences ทั้งจากตัวสารที่ใช้ และตัว binary complex ทำให้การวิเคราะห์ถูกต้องยิ่งขึ้นสารที่ใช้ ในการทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน เพื่อให้ได้สารละลายที่มีสี ควรที่จะต้องมีลักษณะดังนี้

1. ปราศจากสารรบกวนหรือเป็นสารที่บริสุทธิ์ ไม่ควรจะมีสี แต่ถ้ามีสี สีที่เกิดขึ้นมาใหม่ ควรจะดูกลิ่นแสงที่ความยาวคลื่นที่ห่างกันพอสมควร
2. การเกิดสีจะต้องเร็วพอสมควร
3. ปฏิกิริยาจะต้องเป็นปริมาณสัมพันธ์ (stoichiometry) และเฉพาะเจาะจง (Selective)
4. สีที่เกิดขึ้น ไม่ควรขึ้นอยู่กับปริมาณสารที่เติมลงไป แต่จะต้องขึ้นอยู่กับปริมาณสารที่จะวิเคราะห์
5. ให้ λ -Max ที่ความยาวคลื่นที่ต้องการ
6. ควรจะต้องทราบถึงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นอย่างดี
7. วิธีการต่างๆ ไม่ควรที่จะยุ่งยากมากนัก หรือมีขั้นตอนต่างๆ ที่ใช้เวลานานเกินไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อนวัช (1995)

ศึกษาการใช้สารลดแรงตึงผิวในการนำเอาเม็ดคาร์บอนที่อิมัลชันด้วยสารอินทรีย์ใน วัฏภาคของเหลวกลับมาใช้ใหม่ โดยในการทดลองได้ใช้สารที่เป็นตัวถูกละลายคือ ฟีนอล และสารลดแรงตึงผิวคือ โซเดียม โดเดคซิล ซัลเฟต (Sodium dodecyl sulfate) จากการ ทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นตลอดจนปริมาตรของสารลดแรงตึงผิว และปริมาตรของ น้ำที่ใช้ล้าง ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับของเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการใช้แล้วสูงขึ้น บาง ครั้งประสิทธิภาพของเม็ดคาร์บอนที่ผ่านกระบวนการชะล้างด้วยสารลดแรงตึงผิวเกือบได้ ค่าถึง 90 % ของเม็ดคาร์บอนที่ยังไม่ได้ผ่านการใช้งาน

ประทักษิ์ (1995)

ศึกษาการใช้สารละลายแรงตึงผิว ในการนำเอาถ่านกัมมันต์ที่อิมมัตด้วยสารอินทรีย์ใน
วัฏภาคของแข็งกลับมาใช้ใหม่ โดยในการทดลองได้ใช้สารที่เป็นตัวถูกละลายคือ โซเดียม
โดเดซิลซัลเฟต (Sodiumdodecylsulfate) จากการทดลองพบว่า การดึงเอาสารไตรคลอ
โรเอทีลีนออกจากถ่านกัมมันต์นั้น มีการถ่ายโอนมวลสารเป็นตัวจำกัด และประสิทธิภาพ
ในการดูดซับของถ่านกัมมันต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. เม็ดคาร์บอนชนิดเม็ด (Granular Activated Carbon)
2. โซเดียม โดเดซิล ซัลเฟต (Sodium Dodecyl Sulfate)
3. สารประกอบฟีนอล ($C_6H_{12}O$)
4. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH6.8
5. สารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต $[K_3Fe(CN)_6]$
6. สารละลาย 4-อะมิโนแอนติไพรีน
7. สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 นอร์มอล $[NH_4OH 0.5 N]$
8. สารละลายไดโพแทสเซียมไฮโดรเจน ฟอสเฟต $[K_2HPO_4]$
9. สารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต $[KH_2PO_4]$
10. น้ำกลั่น

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่อง UV-Spectrophotometer พร้อมเซลล์แก้ว 1 อัน
2. ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร 6 ขวด และ 1000 ml. 3 ขวด
3. ปิเปตขนาด
 - 1 ml. 1 อัน
 - 5 ml. 1 อัน
 - 50 ml. 1 อัน
4. บีกเกอร์ขนาด
 - 50 ml. 1 ใบ
 - 150 ml. 1 ใบ
 - 250 ml. 1 ใบ
5. ข้อนดักสาร 2 อัน
6. แท่งแก้วคน 1 อัน
7. กระดาษกรอง whatman 42
8. เครื่องกรองสุญญากาศและชุดเครื่องกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เครื่องกรองสุญญากาศและชุดเครื่องกรอง
9. เครื่องเขย่าสาร (shaker) ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้
10. กระดาษฟอยด์
11. ลูกยาง
12. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml. 6 ขวด
13. หลอดหยด 2 อัน
14. กระจกตวงสาร ขนาด 500 ml. 1 อัน
15. กรวยกรองขนาดใหญ่ 1 อัน
16. pH meter

3.3 ดำเนินการทดลอง

3.3.1 การทดสอบเวลาที่ใช้ศึกษาการดูดซับฟีนอล (contact time) ด้วยเม็ดคาร์บอน

เป็นการศึกษาเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลโดยการแปรค่าเวลาที่ใช้ในการดูดซับต่างๆกัน โดยต้องนำเม็ดคาร์บอนที่จะใช้ในการทดลองไปอบให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 100 °C ซึ่งวิธีการทดลองมีดังต่อไปนี้

การทดลอง

นำเม็ดคาร์บอน 5 g ใส่ขวดรูปชมพู่ 5 ขวด



ปิเปตสารละลายฟีนอล 2,000 mg/100 ml ลงขวดละไป 30 mL



เขย่าสารที่ 25 °C ที่เวลา 30 , 75 , 120 , 165 และ 210 min



กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องปฏิบัติการเท่านั้น และผู้ที่ยืมเอกสารนี้จะต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขการยืมเอกสารทุกประการ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอล

ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Direct Photometric Method ดังต่อไปนี้(รายละเอียดในภาคผนวก)

ปิเปตสารละลายฟีนอลใส่ปิเปกเกอร์ขนาด 150 mL แล้วเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 80 mL



เติม NH_4OH 0.5 N จำนวน 2.5 mL ปรับ pH ด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์



ปรับปริมาตรให้เป็น 100 mL ในขวดวัดปริมาตร



เติม สารละลาย 4- อะมิโนแอนติไพรีนและสารละลาย $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ อย่างละ 1 mL



ปรับปริมาตรให้เป็น 100 mL และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 nm แล้วนำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน

3.3.2 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่

เป็นการศึกษาเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่โดยการแปรค่าน้ำหนักของคาร์บอนใหม่โดยอธิบายในรูปของสมการ Freundlich มีวิธีทำการทดลองดังต่อไปนี้

การทดลอง

นำเม็ดคาร์บอนใหม่จำนวน 1, 3, 5, 8 และ 10g ใส่ขวดรูปชมพู่ 5 ขวด



ปิเปตสารละลายฟีนอล 2,000 mg/100 ml ลงไปขวดละ 30 mL



เขย่าสารที่ 25 °C เป็นเวลา 165 min



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรองด้วยกระดาษกรองWhatman เบอร์ 42



นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลที่เหลือ

3.3.3 การเตรียมเม็ตคาร์บอนที่ใช้แล้วเพื่อใช้ในการทดลอง

นำเม็ตคาร์บอนใหม่ใส่ขวดลูกผสมฟิววดละ 5 g



ปิเปตสารละลายฟีนอล 2,000 mg/100 ml ลงไปขวดละ 30 mL



เขย่าสารที่ 25 °C เป็นเวลา 165 min



กรองด้วยกระดาษกรองWhatman เบอร์ 42



นำเม็ตคาร์บอนที่ได้จากการกรอง

อบจนแห้งที่อุณหภูมิ 80 C°



หลังจากเม็ตคาร์บอนเย็นแล้วนำไปล้างด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1g : 5.6 mL

อุณหภูมิ 70 C° เป็นเวลา 15 min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

↓
กรองด้วยกระดาษกรองWhatman เบอร์ 42

↓
นำเม็ดคาร์บอนที่ได้จากการกรองอบ
จนแห้งที่อุณหภูมิ 80 C°

3.3.4 การศึกษาความจุในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่ใช้แล้ว

เป็นการศึกษาความจุในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่ใช้แล้วโดยการแปรค่าความเข้มข้นตามค่าต่างๆ แล้วคำนวณหาค่าความจุในรูปของสมการ Freundlich
วิธีการทดลองมีดังต่อไปนี้

การทดลอง

นำเม็ดคาร์บอนที่ใช้แล้ว 0.5 g ใส่ขวดรูปชมพู่ 5 ขวด

↓
ปีเปตสารละลายฟีนอล ความเข้มข้น 2,000, 1,000, 500, 200, 100 และ 50 mg/100 ml
ลงไปขวดละ 30 mL

↓
เขย่าสารที่ 25 °C เป็นเวลา 165 min

↓
กรองด้วยกระดาษกรองWhatman เบอร์ 42

↓
นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลที่เหลือ

3.3.5 การศึกษาการฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต

เป็นการศึกษาผลของเวลาที่ทำการฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 2 ความเข้มข้นคือที่ความเข้มข้น $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$ และความเข้มข้น $1.05 \times 10^{-3} \text{ M}$ โดยการแปรค่าเวลาในการฟื้นฟูสภาพซึ่งวิธีการทดลองมีดังต่อไปนี้

การทดลอง

นำคาร์บอนที่ผ่านการดูดซับสารละลายฟีนอลแล้วไว้ในขวดรูปชมพู่ขวดละ 5 g จำนวน 5 ขวด

↓
 ปิเปตสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต ซึ่งมีความเข้มข้น $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$
 ลงไปขวดละ 100 mL

↓
 เขย่าสารที่ 25°C ที่เวลา 30 , 60 , 90 , 120 และ 150 min

↓
 กรองด้วยกระดาษกรองWhatman เบอร์ 42

↓
 นำเม็ดคาร์บอนไปทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับฟีนอล

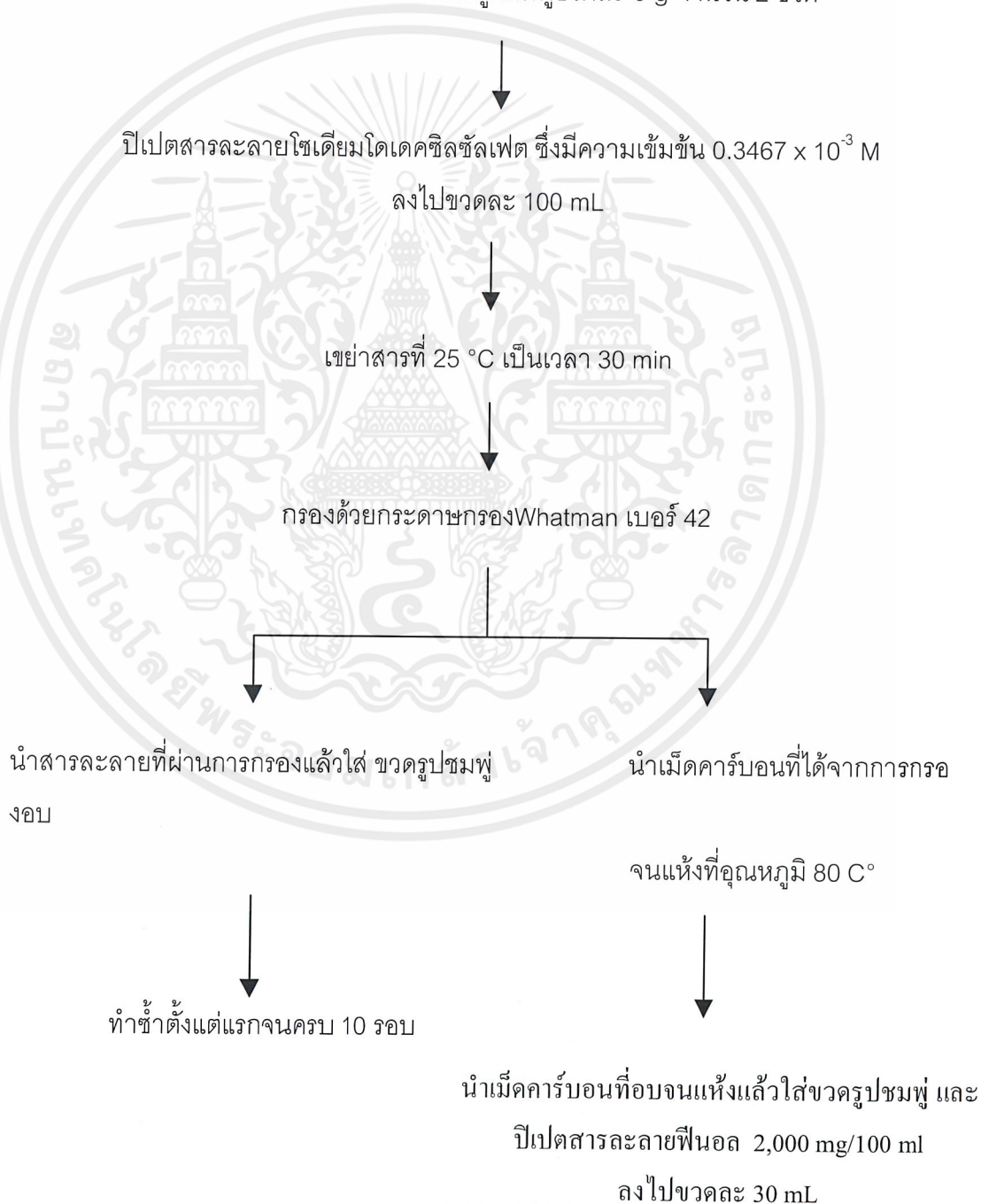
ทำการทดลองเช่นเดียวกันแต่เปลี่ยนค่าความเข้มข้นของสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟตเป็นความเข้มข้น $1.05 \times 10^{-3} \text{ M}$

3.3.6 การทดสอบประสิทธิภาพของละลายโซเดียมโตะเคอซิลซัลเฟต

เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของสารละลายโซเดียมโตะเคอซิลซัลเฟตทั้ง 2 ความเข้มข้นคือที่ความเข้มข้น $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$ และความเข้มข้น $1.05 \times 10^{-3} \text{ M}$ โดยนำสารละลายทั้งสองมาใช้ซ้ำเป็นจำนวน 10 รอบ และทำการวัดค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับสารประกอบฟีนอลซึ่งวิธีการทดลองมีดังต่อไปนี้

การทดลอง

นำคาร์บอนที่ใช้แล้วใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาดละ 5 g จำนวน 2 ขวด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขย่าสารที่ 25 °C เป็นเวลา 165 min



กรองด้วยกระดาษกรองWhatman เบอร์ 42



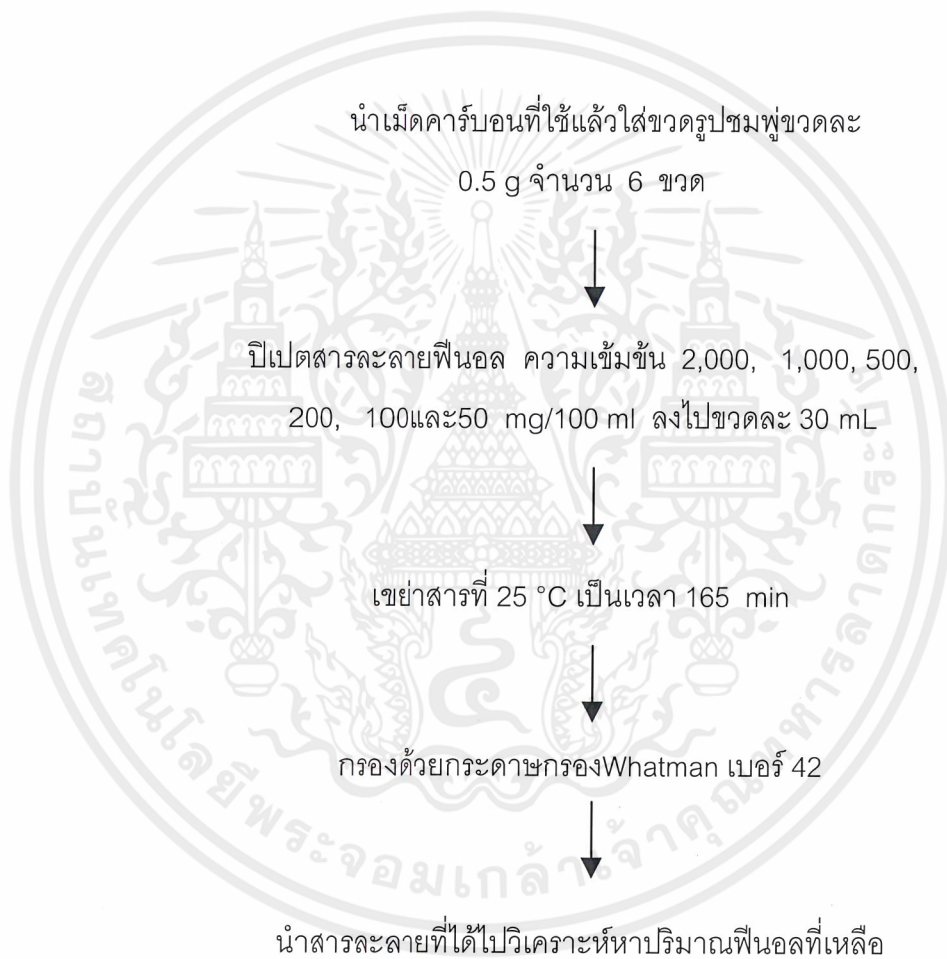
นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลที่เหลือ

ทำการทดลองเช่นเดียวกันแต่เปลี่ยนค่าความเข้มข้นของสารละลาย
ไซเดียมไดออกไซด์คลอไรด์เป็นความเข้มข้น $1.05 \times 10^{-3} \text{ M}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 การศึกษาความจุในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่ใช้แล้วและเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายโซเดียมโอดีเตคซิลซัลเฟต

เป็นการศึกษาเปอร์เซ็นต์การดูดซับสารประกอบฟีนอลของคาร์บอนที่ใช้แล้วและเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายโซเดียมโอดีเตคซิลซัลเฟตทั้งสองความเข้มข้น คือ ที่ความเข้มข้น 0.3467×10^{-3} M และความเข้มข้น 1.05×10^{-3} M โดยอธิบายในรูปของสมการ Freundlich มีวิธีทำการทดลองดังต่อไปนี้



ทำการทดลองเช่นเดียวกันแต่เปลี่ยนชนิดคาร์บอนเป็นคาร์บอนที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายโซเดียมโอดีเตคซิลซัลเฟตที่ความเข้มข้น 0.3467×10^{-3} M และความเข้มข้น 1.05×10^{-3} M ตามลำดับ

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 การศึกษาเวลาที่ใช้ศึกษาการดูดซับฟีนอล (contact time) ด้วยเม็ดคาร์บอน

จากการทดลองใช้เม็ดคาร์บอนใหม่ 5 g ดูดซับสารละลายฟีนอลเข้มข้น 2,000 mg/100mL ปริมาตร 30 mL ณ เวลา 30, 75, 120, 165, และ 210 นาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อัตราเร็วการเขย่า 120 รอบต่อนาที จากนั้นทำการกรองแล้วนำสารละลายที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์หาความเข้มข้นของฟีนอลที่เหลือด้วยวิธี Direct Photometric Method (ภาคผนวก) แล้วทำการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอน (ภาคผนวก) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1

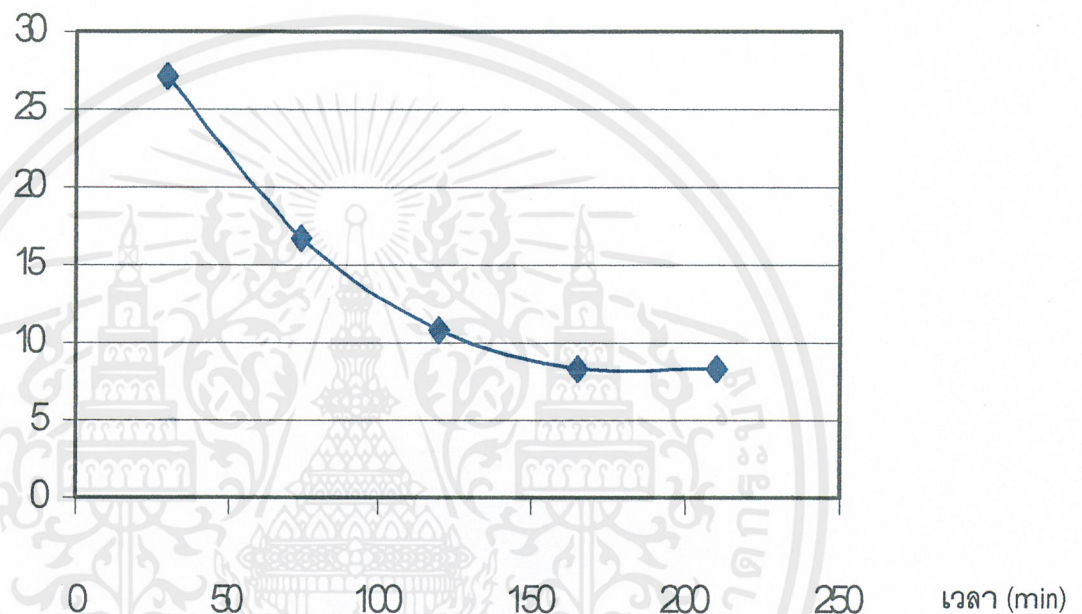
ตารางที่ 4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอน ที่ ระยะเวลาต่าง ๆ กัน

ระยะเวลา (min)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/100mL)	ความเข้มข้นสุดท้าย (mg/100mL)	เปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล ของเม็ดคาร์บอน
30	2,000	27.17	98.64
75	2,000	16.67	99.17
120	2,000	10.83	99.46
165	2,000	8.33	99.58
210	2,000	8.33	99.58

จากตารางที่ 1 พบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพของเม็ดคาร์บอนมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อนำมาเขียนเป็นกราฟระหว่างความเข้มข้นสุดท้าย (mg/100mL) กับ เวลาที่ใช้ในการดูดซับฟีนอล 30, 75, 120, 165, และ 210 นาที อัตราเร็วในการเขย่า 120 รอบ/นาที พบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นความเข้มข้นที่เหลือจะมีค่าลดลงจาก 27.17, 16.67, 10.83, 8.33 และ 8.33 (mg/100mL) ตามลำดับ โดยที่เวลา 165 นาที ค่าความเข้มข้นที่สมดุลมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดดังนั้นเวลาที่ใช้ในการดูดซับฟีนอล (contact time) ในการทดลองนี้คือ 165 นาที ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.1

ความเข้มข้นสุดท้าย

mg/100mL



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการดูดซับฟีนอลกับความเข้มข้นฟีนอลที่เหลือ

4.2 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่อธิบายด้วย Freundlich Isotherm

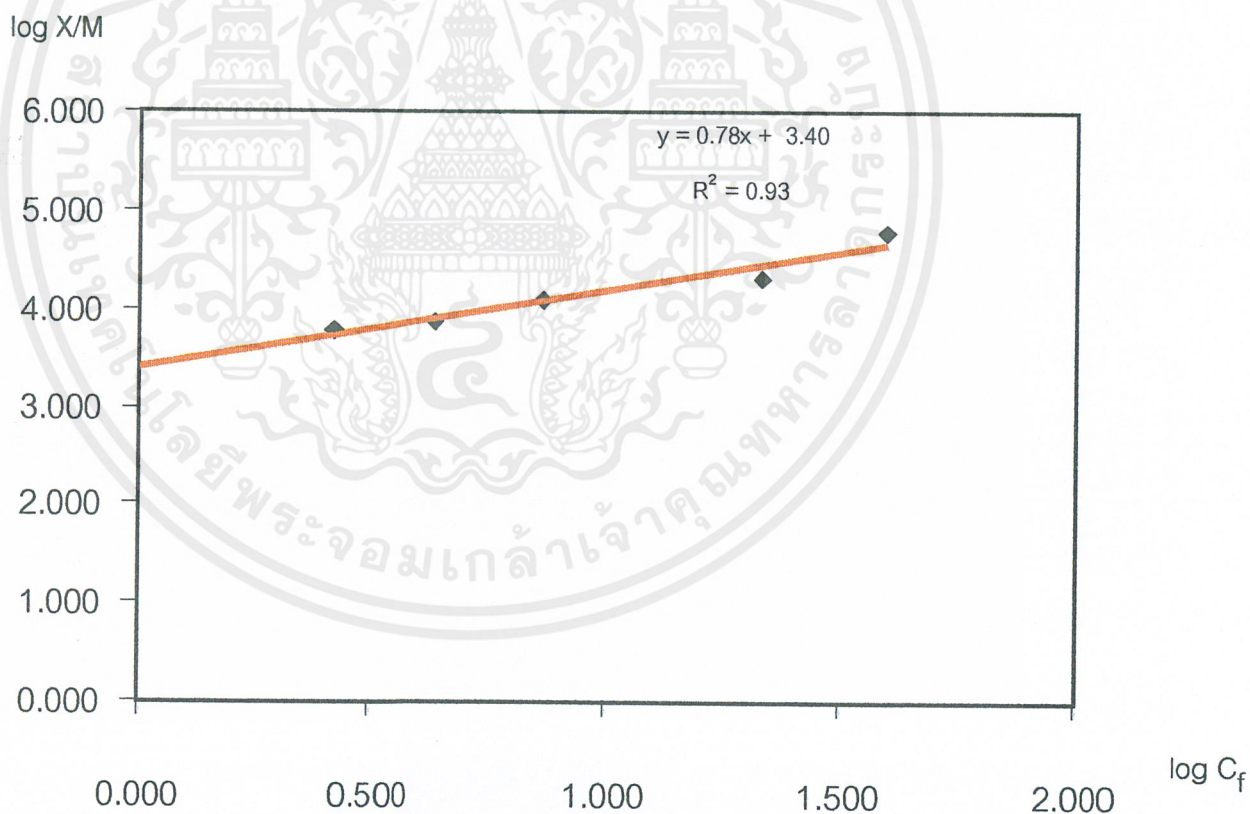
จากการทดลองศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานโดยแปรค่าน้ำหนักเม็ดคาร์บอน (M) เป็น 1, 3, 5, 8 และ 10 g ดูดซับสารละลายฟีนอลความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) 2,000 mg/100mL ปริมาตร 30 mL อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อัตราเร็วการเขย่า 120 รอบต่อนาที ระยะเวลา 165 นาที ทำการกรองแล้วนำสารละลายที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์หาความเข้มข้นของฟีนอลที่เหลือด้วยวิธี Direct Photometric Method (ภาคผนวก) แล้วจึงทำการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่น้ำหนักต่าง ๆ (ภาคผนวก) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงการดูดซับฟีนอล และ Freundlich Isotherm พารามิเตอร์ ของเม็ดคาร์บอนใหม่

ความเข้มข้น เริ่มต้น, C_i (mg/100mL)	น้ำหนัก เม็ดคาร์บอน (g)	ปริมาตร เริ่มต้น (mL)	ความเข้มข้น สุดท้าย, C_f (mg/100mL)	$X = (C_i - C_f)V$	X/M	$\log X/M$	$\log C_f$
2,000	1.001	30	40	58,800.00	58,758.87	4.77	1.60
2,000	3.001	30	21.67	59,349.99	19,777.40	4.30	1.34
2,000	5.000	30	7.47	59,775.99	11,955.20	4.08	0.87
2,000	8.000	30	4.38	59,868.57	7,483.57	3.87	0.64
2,000	10.000	30	2.61	59,921.73	5,992.17	3.78	0.42

จากผลการทดลองดังตารางที่ 2 สามารถสร้างกราฟ Freundlich Isotherm ได้ดังรูป 4.2



รูปที่ 4.2 แสดง Freundlich Isotherm ของการดูดซับฟีนอลด้วยเม็ดคาร์บอนใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2

การหาประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนจะทำให้ทราบปริมาณคาร์บอนที่ใช้ในการบำบัด

น้ำเสียให้มีความเข้มข้นลดลงตามต้องการ จากรูปที่ 4.2 สามารถนำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$x/m = kC_f^{1/n} \dots \dots \dots (1)$$

เมื่อ x = น้ำหนักของสารที่ถูกดูดซับ

m = น้ำหนักของตัวดูดซับ

C_f = ความเข้มข้นของตัวดูดซับในสารละลายที่ภาวะสมดุล

k และ n = ค่าคงที่

ใส่ค่า \log ในสมการ (1)

$$\log(x/m) = 1/n \log C_f + \log k$$

จากรูป 4.2 จะได้ $\log(x/m) = 0.78 \log C_f + 3.40$

โดยที่ $\log k = 3.40$ และ $1/n = 0.78$, $k = 2,496.32$

4.3 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่ใช้แล้ว

4.3.1 การเตรียมเม็ดคาร์บอนที่ใช้แล้ว

นำเม็ดคาร์บอนใหม่มา 5 g ดูดซับสารละลายฟีนอลเข้มข้น 2,000 mg/100mL ปริมาตร 30 mL อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อัตราเร็วในการเขย่า 120 รอบ/นาที ระยะเวลา 165 นาทีทำการกรองแล้วนำเม็ดคาร์บอนที่กรองได้ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็น หลังจากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนเม็ดคาร์บอน 1g : น้ำ 5.6 mL ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และนำไปอบอีกครั้งจนกว่าจะแห้งแล้วทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์

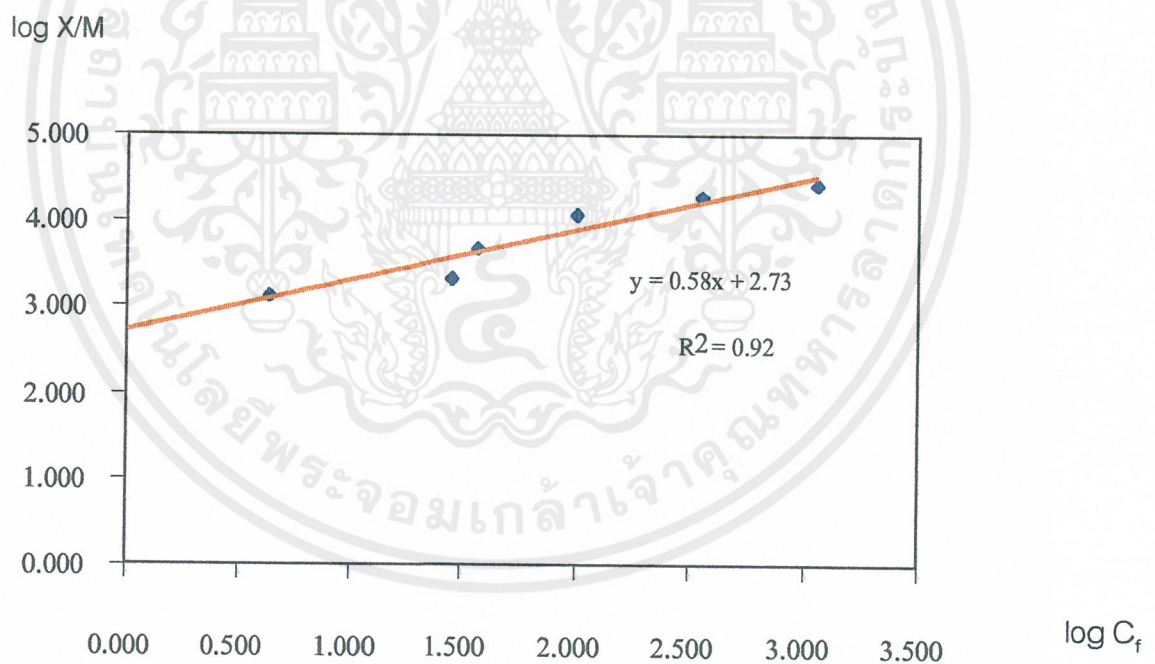
4.3.2 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่ใช้แล้ว

ชั่งเม็ดคาร์บอนที่เตรียมไว้มา 1 g ดูดซับสารละลายฟีนอลที่แปรค่าความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ปริมาตร 30 mL อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อัตราเร็วในการเขย่า 120 รอบ/นาที ระยะเวลา 165 นาที ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงการดูดซับฟีนอล และ Freundlich Isotherm พารามิเตอร์ ของเม็ดคาร์บอนที่ใช้แล้ว

ความเข้มข้นเริ่มต้น, C_i (mg/100mL)	น้ำหนักเม็ดคาร์บอน (g)	ปริมาตรเริ่มต้น (mL)	ความเข้มข้นสุดท้าย, C_f (mg/100mL)	$X = (C_i - C_f)V$	X/M	$\log X/M$	$\log C_f$
2,000	1.002	30	1712.33	8,630.10	8,612.87	3.94	3.23
1,000	1.002	30	713.33	8,600.10	8,582.93	3.93	2.85
500	1.002	30	326.00	5,220.00	5,209.58	3.72	2.51
200	1.002	30	125.67	2,229.90	2,225.45	3.35	2.10
100	1.002	30	38.33	1,850.10	1,846.41	3.27	1.58
50	1.002	30	16.33	1,010.10	1,008.08	3.00	1.21



รูปที่ 4.3 แสดง Freundlich Isotherm ของการดูดซับฟีนอลด้วยเม็ดคาร์บอนใช้แล้ว

จากรูปที่ 4.3

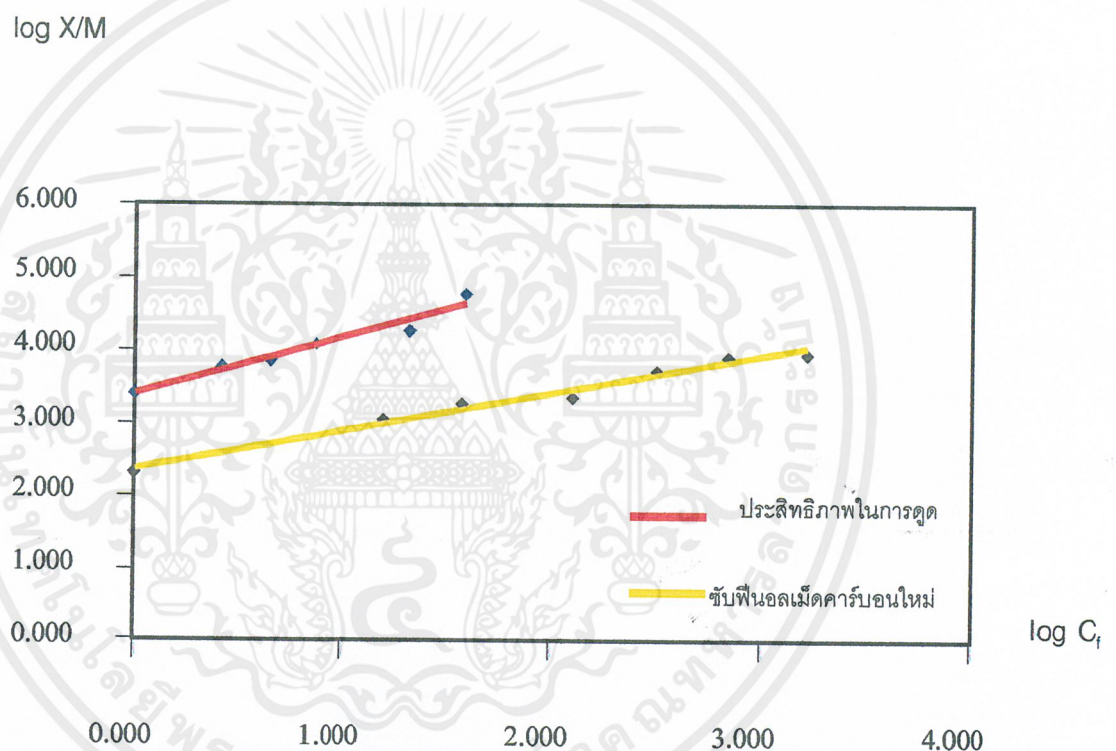
$$\text{จาก } \log (x/m) = 1/n \log C_f + \log k$$

$$\text{จะได้ } \log (x/m) = 0.58 \log C_f + 2.73$$

$$\text{โดยที่ } \log k = 2.73 \text{ และ } 1/n = 0.58, k = 534.07$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำค่า k และ $1/n$ ของเมื่อดคาร์บอนใหม่กับเมื่อดคาร์บอนที่ใช้แล้วมาเปรียบเทียบกันพบว่า ค่า k ของเมื่อดคาร์บอนใหม่มีค่า 2,496.32 มีค่าสูงกว่าค่า k ของเมื่อดคาร์บอนที่ใช้แล้วซึ่งมีค่า k เป็น 534.07 แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของเมื่อดคาร์บอนใหม่มีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพการดูดซับฟีนอลของเมื่อดคาร์บอนที่ใช้แล้วนั่นคือ เมื่อดคาร์บอนใหม่จะสามารถดูดซับฟีนอลได้ดีกว่าเมื่อดคาร์บอนที่ผ่านการใช้งานแล้ว ดังรูป 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Freundlich Isotherm ของการดูดซับฟีนอลด้วยเมื่อดคาร์บอนใหม่ และเมื่อดคาร์บอนใช้แล้ว

4.4 การฟื้นฟูสภาพเมื่อดคาร์บอนด้วยสารละลายโซเดียมโตนเดคซิลซัลเฟต

4.4.1 ผลของเวลาที่ใช้ในการฟื้นฟูสภาพเมื่อดคาร์บอน

4.4.1.1 ที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมโตนเดคซิลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} M

จากการทดลอง ซึ่งเมื่อดคาร์บอนใช้แล้วที่เตรียมไว้มา 5 g ทำการฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายโซเดียมโตนเดคซิลซัลเฟตเข้มข้น 0.3467×10^{-3} M ปริมาตร 100 mL อุณหภูมิ 25°C อัตราเร็วการเขย่า 120 รอบ/นาที ที่ ระยะเวลา 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4

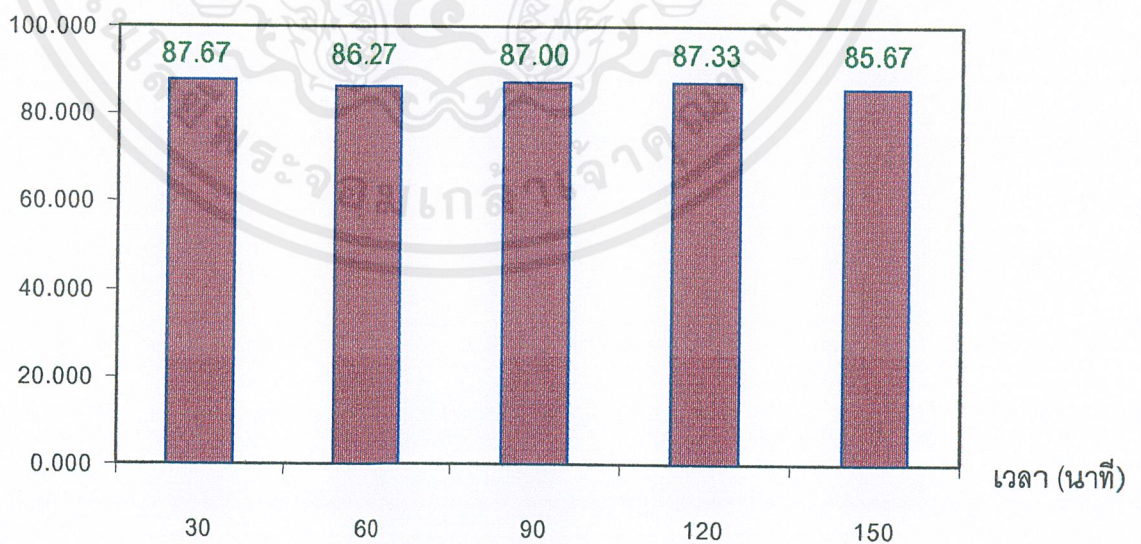
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราเร็วการเขย่า 120 รอบ/นาที ที่ ระยะเวลา 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงผลของเวลาในการฟื้นฟูสภาพ GAC ด้วยสารละลายโซเดียม โดเดคซิลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} M ต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล

ชุดที่	เวลาในการฟื้นฟูสภาพของ GAC (min)	ความเข้มข้นเริ่มต้น, C_i (mg/100mL)	ความเข้มข้นสุดท้าย, C_f (mg/100mL)	เปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอน
1	30	2,000	246.67	87.67
2	60	2,000	274.67	86.27
3	90	2,000	260.00	87.00
4	120	2,000	253.33	87.33
5	150	2,000	286.67	85.67

เปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล



รูปที่ 4.5 แสดงผลของเวลาที่ใช้ฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนด้วยสารละลายโซเดียม โดเดคซิลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} M ต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.5 พบว่าประสิทธิภาพเมื่อดำรงคาร์บอนที่เวลา 30 60 90 120 และ 150 นาทีนั้นมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 85.67-87.67เปอร์เซ็นต์ ค่าพิสัยเป็น 2 ในการทดลองนี้ใช้ Sodium dodecyl sulfate ($C_{12}H_{25}OSO_3Na$) ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวประเภท Anionic Surfactant สารลดแรงตึงผิวจะทำการกำจัดฟีนอลที่ดูดซับอยู่บนผิวของเม็ดคาร์บอนได้ดีที่ 30 นาที และเพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอน หากนำมาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมจึงสามารถเลือกใช้เวลาในการฟื้นฟูสภาพที่ 30 นาทีได้

4.4.1.2 ที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M

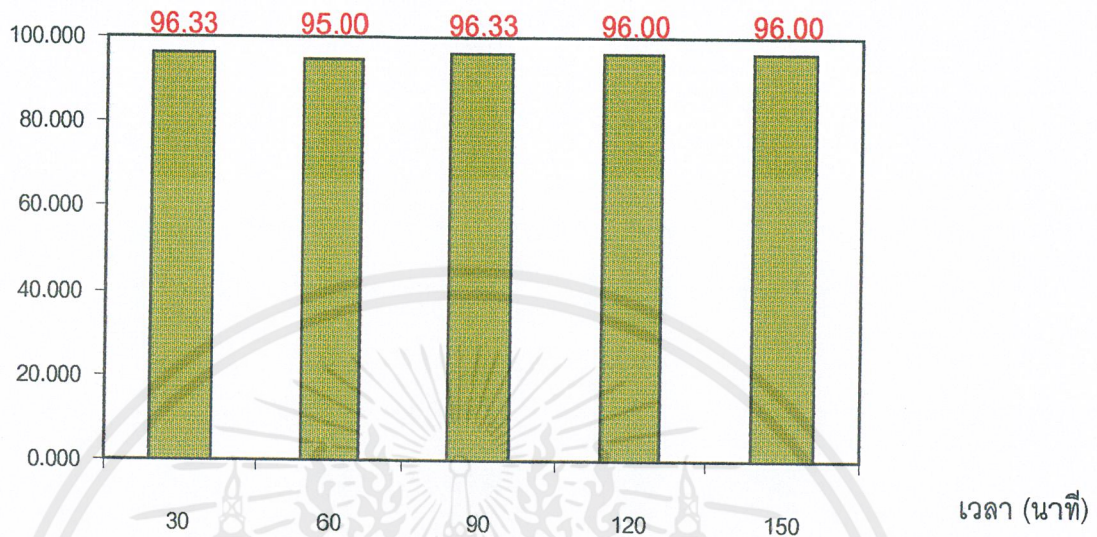
จากการทดลอง นำเม็ดคาร์บอนใช้แล้วที่เตรียมไว้มา 5 g ทำการฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟตเข้มข้น 1.05×10^{-3} M ปริมาตร 100 mL อุณหภูมิ $25^\circ C$ อัตราเร็วการเขย่า 120 รอบ/นาที ที่ ระยะเวลา 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงผลของเวลาในการฟื้นฟูสภาพ GAC ด้วยสารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M ต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล

ชุดที่	เวลาในการเขย่า (min)	ความเข้มข้นเริ่มต้น, C_i (mg/100mL)	ความเข้มข้นสุดท้าย, C_f (mg/100mL)	เปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอน
1	30	2,000	73.33	96.33
2	60	2,000	100.00	95.00
3	90	2,000	73.33	96.33
4	120	2,000	80.00	96.00
5	150	2,000	80.00	96.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

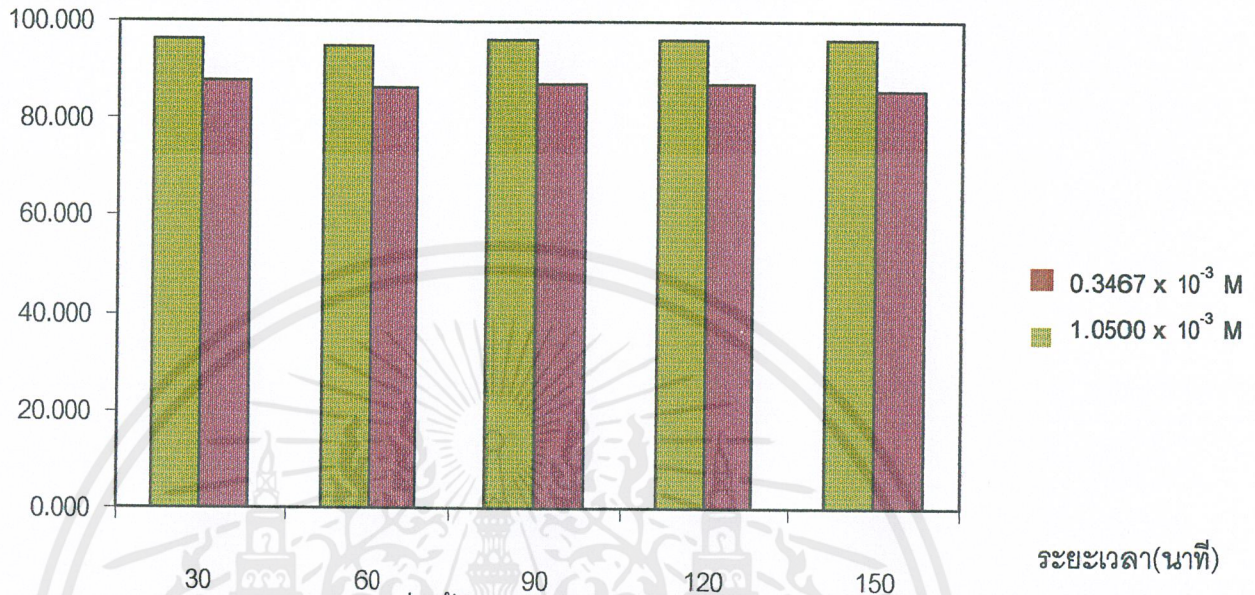
เปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล



รูปที่ 4.6 แสดงผลของเวลาที่ใช้ฟีนสภาพเม็ดคาร์บอนด้วยสารละลายโซเดียมโดเดซิลซัลเฟต $1.05 \times 10^{-3} \text{ M}$ ต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล

จากตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 พบว่าประสิทธิภาพเม็ดคาร์บอนที่เวลา 30 60 90 120 และ 150 นาทีนั้นมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 96.00 - 96.33 เปอร์เซ็นต์ ค่าพิสัยเป็น 0.33 ในการทดลองนี้ใช้ Sodium dodecyl sulfate ($\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{OSO}_3\text{Na}$) ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวประเภท Anionic Surfactant สารลดแรงตึงผิวจะทำการกำจัดฟีนอลที่ดูดซับอยู่บนผิวของเม็ดคาร์บอนได้ดีแม้ในเวลาสั้น ๆ ที่ 30 นาที และเพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการฟีนสภาพเม็ดคาร์บอนหากนำมาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมจึงสามารถเลือกใช้เวลาในการฟีนสภาพที่ 30 นาทีได้ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมโดเดซิลซัลเฟตทั้งสองค่าแล้วพบว่า ที่ความเข้มข้น $1.05 \times 10^{-3} \text{ M}$ ซึ่งมีค่าสูงกว่า เม็ดคาร์บอนจะมีประสิทธิภาพหลังจากผ่านการทำฟีนสภาพแล้วสูงกว่า ดังรูปที่ 4.7

เปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล



รูป 4.7 แสดงกราฟผลของเวลาที่ใช้ฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนด้วยสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต 0.3467 x 10⁻³ และ 1.05 x 10⁻³ M ต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล

4.4.2 ผลของจำนวนครั้งในการใช้ซ้ำของสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตในการฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอน

จากผลการทดลองผลของเวลาที่ใช้ในการฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนพบว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต 0.3467 x 10⁻³ และ 1.05 x 10⁻³ M ใช้เวลาในการฟื้นฟูสภาพ 30 นาที ทำให้ได้ เปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่ใช้แล้ว 87.67 และ 96.33 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่ที่ 98.64 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ระยะเวลาในการฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนที่ 30 นาที

4.4.2.1 การใช้ซ้ำของสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตที่ความเข้มข้น 0.3467 x 10⁻³ M

จากการทดลอง เมื่อนำเม็ดคาร์บอนใช้แล้วที่เตรียมไว้ 5 g มาฟื้นฟูประสิทธิภาพด้วยด้วยสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต 0.3467 x 10⁻³ M ปริมาตร 100 mL อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อัตราเร็วการเขย่า 120 รอบ/นาที ระยะเวลา 30 นาที จากนั้นทำการกรองแยกสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตเก็บไว้และนำเม็ดคาร์บอนไปอบให้แห้งที่ 80 องศาเซลเซียสแล้วนำไปดูดซับฟีนอลที่ความเข้มข้น 2,000 mg/100mL อีกครั้งกรองแล้วนำสารละลายที่กรองได้ไปตรวจวิเคราะห์หาความเข้มข้นของฟีนอลที่เหลือด้วยวิธี Direct Photometric Method (ภาคผนวก) แล้วทำการคำนวณหา เปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอน (ภาคผนวก) จากนั้นนำสารละลายโพแทสเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดเดคซิลซัลเฟตชุดเดิมใช้ฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนใช้แล้วชุดใหม่โดยทำการทดลองเช่นเดิมซ้ำจำนวน 10 รอบ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.6

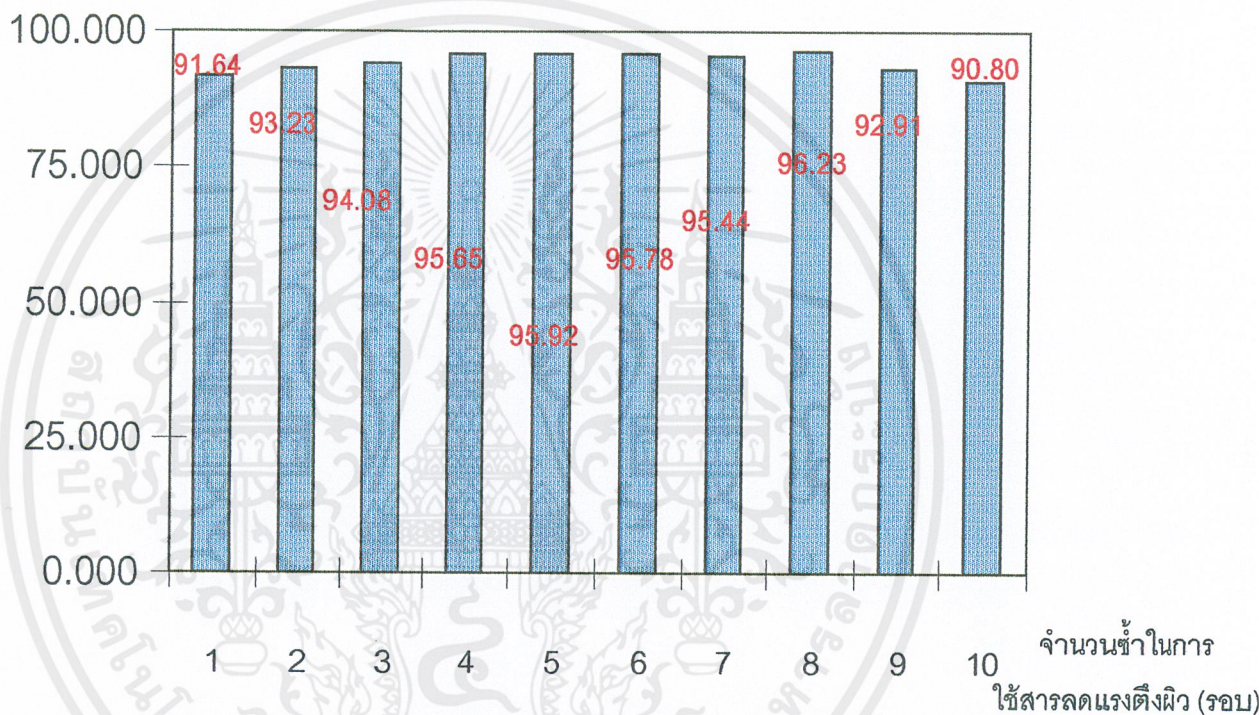
ตารางที่ 4.6 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนหลังที่ฟื้นฟูสภาพด้วย สารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$ ที่ใช้ซ้ำ

เม็ดคาร์บอนที่ฟื้นฟูสภาพด้วยสารลดแรงตึงผิว		เปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอน			
จำนวนรอบ การใช้ซ้ำ	ชุดที่	ความเข้มข้น เริ่มต้น (mg/100mL)	ความเข้มข้น สุดท้าย (mg/100mL)	เปอร์เซ็นต์การ ดูดซับ ฟีนอลของ เม็ดคาร์บอน	ค่าเฉลี่ย
1	1	2,000	246.67	87.67	91.64
	2		61.11	95.62	
2	1	2,000	180.00	91.00	93.23
	2		72.22	95.45	
3	1	2,000	144.00	92.80	94.08
	2		61.11	95.36	
4	1	2,000	77.78	96.11	95.65
	2		43.33	95.19	
5	1	2,000	66.67	96.67	95.92
	2		46.67	95.17	
6	1	2,000	72.22	96.39	95.79
	2		41.33	95.18	
7	1	2,000	86.67	95.67	95.44
	2		86.67	95.22	
8	1	2,000	53.33	94.33	96.23
	2		133.33	95.13	
9	1	2,000	193.33	90.33	92.91
	2		128.00	95.48	
10	1	2,000	282.00	85.90	90.80
	2		114.00	95.71	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.6 พบว่าเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพจะมี เปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล ไกล่เคียงกัน และใกล้เคียงกับเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่ โดยเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพที่เวลา 30 นาที ค่าอยู่ในช่วง 85.900-97.33 เปอร์เซ็นต์ มีพิสัย 11.43 เมื่อคิดค่าเฉลี่ยของแต่ละรอบแล้วพบว่า เปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนหลังฟื้นฟูสภาพแล้วมีค่าอยู่ในช่วง 90.80-97.00 เปอร์เซ็นต์ มีพิสัย 7.80

เปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล



รูปที่ 4.8 แสดงผลของจำนวนซ้ำในการใช้สารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$ ฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอน ต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับ

4.4.2.2 การใช้ซ้ำของสารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟตที่ความเข้มข้น $1.05 \times 10^{-3} \text{ M}$

จากการทดลอง เมื่อนำเม็ดคาร์บอนใช้แล้วที่เตรียมไว้ 5 g มาฟื้นฟูสภาพด้วยด้วยสารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต $1.05 \times 10^{-3} \text{ M}$ ปริมาตร 100 mL อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อัตราเร็วการเขย่า 120 rpm ระยะเวลา 30 min จากนั้นทำการกรองแยกสารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟตเก็บไว้และนำเม็ดคาร์บอนไปอบให้แห้งที่ 80°C แล้วนำไปดูดซับฟีนอลที่ความเข้มข้น 2,000 mg/100mL อีกครั้งกรองแล้วนำสารละลายที่กรองได้ไปตรวจวิเคราะห์

หาความเข้มข้นของฟีนอลที่เหลือด้วยวิธี Direct Photometric Method (ภาคผนวก) แล้วทำการคำนวณหา เปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอน (ภาคผนวก) จากนั้นนำสารละลายโซเดียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดเดคซิลซัลเฟตชุดเดิมใช้พื้นสภาพเม็ดคาร์บอนใช้แล้วชุดใหม่โดยทำการทดลองเช่นเดิมซ้ำจำนวน 10 รอบ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.7

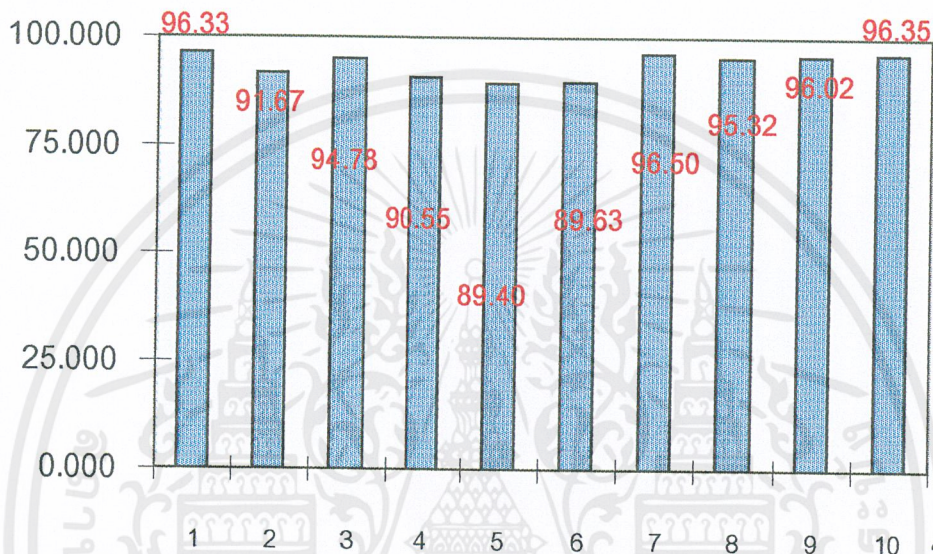
ตารางที่ 4.7 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนหลังที่พื้นสภาพด้วย สารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M ที่ใช้ซ้ำ

เม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารลดแรงตึงผิว		เปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอน			
รอบที่	ชุดที่	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/100mL)	ความเข้มข้นสุดท้าย (mg/100mL)	เปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอน	ค่าเฉลี่ย
1	1	2,000	73.33	96.33	96.33
	2		96.33	96.33	
2	1	2,000	213.33	89.33	91.67
	2		120.00	91.00	
3	1	2,000	86.67	95.67	94.78
	2		122.00	93.90	
4	1	2,000	163.33	91.83	90.55
	2		214.67	89.27	
5	1	2,000	113.33	94.33	89.40
	2		313.33	84.47	
6	1	2,000	184.00	90.80	89.63
	2		230.67	88.47	
7	1	2,000	66.67	96.67	96.50
	2		73.33	96.33	
8	1	2,000	97.33	95.13	95.32
	2		67.33	95.50	
9	1	2,000	92.00	95.40	96.02
	2		67.33	96.63	
10	1	2,000	60.00	97.00	96.35
	2		86.00	95.70	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.7 พบว่าเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพจะมีค่าอยู่ในช่วง 84.47-97.00 เปอร์เซ็นต์ มีพิสัย 12.53 เมื่อคิดค่าเฉลี่ยของแต่ละรอบแล้วพบว่าประสิทธิภาพการดูดซับพื้นผิวนอกของเม็ดคาร์บอนหลังฟื้นฟูสภาพแล้วมีค่าอยู่ในช่วง 89.40-96.50 เปอร์เซ็นต์ มีพิสัย 7.10

เปอร์เซ็นต์การดูดซับพื้นผิวนอก



รูปที่ 4.9 แสดงผลของจำนวนซ้ำในการใช้สารละลายโซเดียมไดออกไซด์ซัลเฟต 1.05×10^{-3} M พื้นสภาพเม็ดคาร์บอน ต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซับ

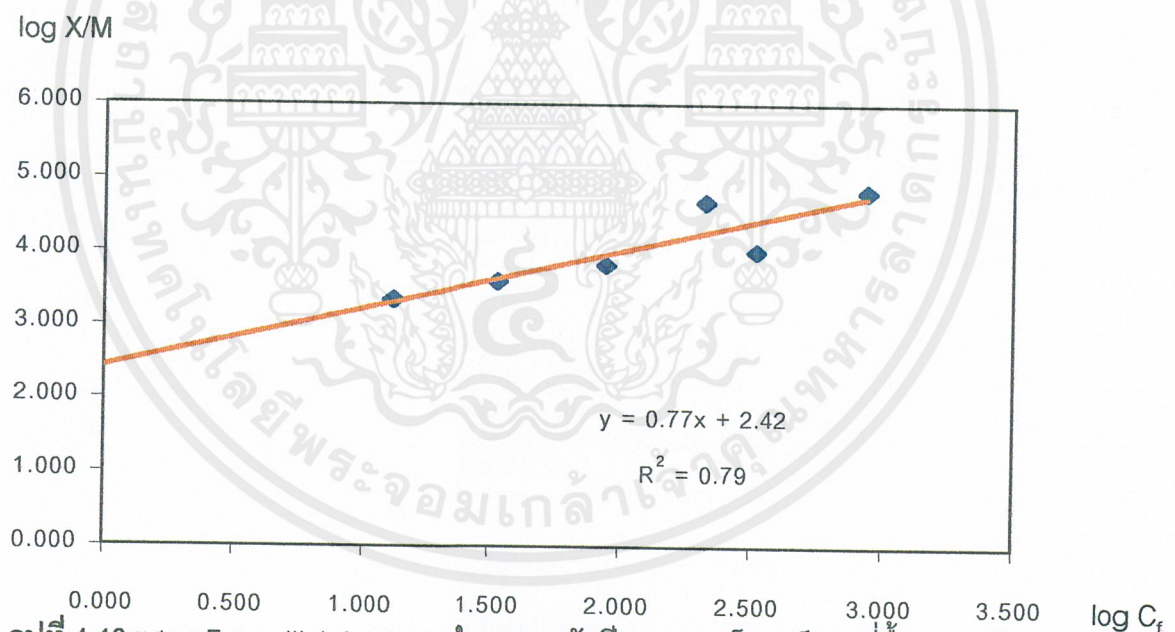
4.4.3 ประสิทธิภาพในการดูดซับพื้นผิวนอกของเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพด้วยสารลดแรงตึงผิว

4.4.3.1 ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไดออกไซด์ซัลเฟต 0.3467×10^{-3} M

จากการทดลองนำเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการดูดซับพื้นผิวนอกจนอิ่มตัวแล้วมาทำการเขย่าด้วยสารละลายโซเดียมไดออกไซด์ซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 0.3467×10^{-3} M โดยการทำให้ซ้ำทั้งหมด 10 รอบ รอบละ 30 นาที และในรอบที่ 1, 5 และ 10 นำเม็ดคาร์บอน 0.5 g มาหาประสิทธิภาพในการดูดซับพื้นผิวนอกในรูปของ Freundlich Isotherm โดยทำการทดลองดูดซับสารประกอบพื้นผิวนอกอีกครั้ง ความเข้มข้นต่างกันคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ในสมการ Freundlich Isotherm ผลการทดลองแสดงตารางที่ 8, 9 และ 10 และนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\log C_f$ และ $\log x/m$ ดังภาพ 4.10, 4.11 และ 4.12

ตารางที่ 4.8 แสดงการดูดซับฟีนอล และ Freundlich Isotherm พารามิเตอร์ของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$ รอบที่ 1

ความเข้มข้นเริ่มต้น, C_i (mg/100mL)	น้ำหนัก เม็ดคาร์บอน (g)	ปริมาตร เริ่มต้น (mL)	ความเข้มข้น สุดท้าย, C_f (mg/100mL)	$X = (C_i - C_f)V$	X/M	$\log X/M$	$\log C_f$
2,000	0.5	30	878.51	33,644.61	67,289.22	4.83	2.94
1,000	0.5	30	210.23	23,693.16	47,386.32	4.68	2.32
500	0.5	30	330.23	5,093.13	10,186.26	4.01	2.52
200	0.5	30	88.74	3,337.86	6,675.72	3.82	1.95
100	0.5	30	34.02	1,979.46	3,958.92	3.60	1.53
50	0.5	30	13.09	1,107.18	2,214.36	3.35	1.12



จากรูปที่ 4.10

จาก $\log (x/m) = \log k + 1/n \log C_f$

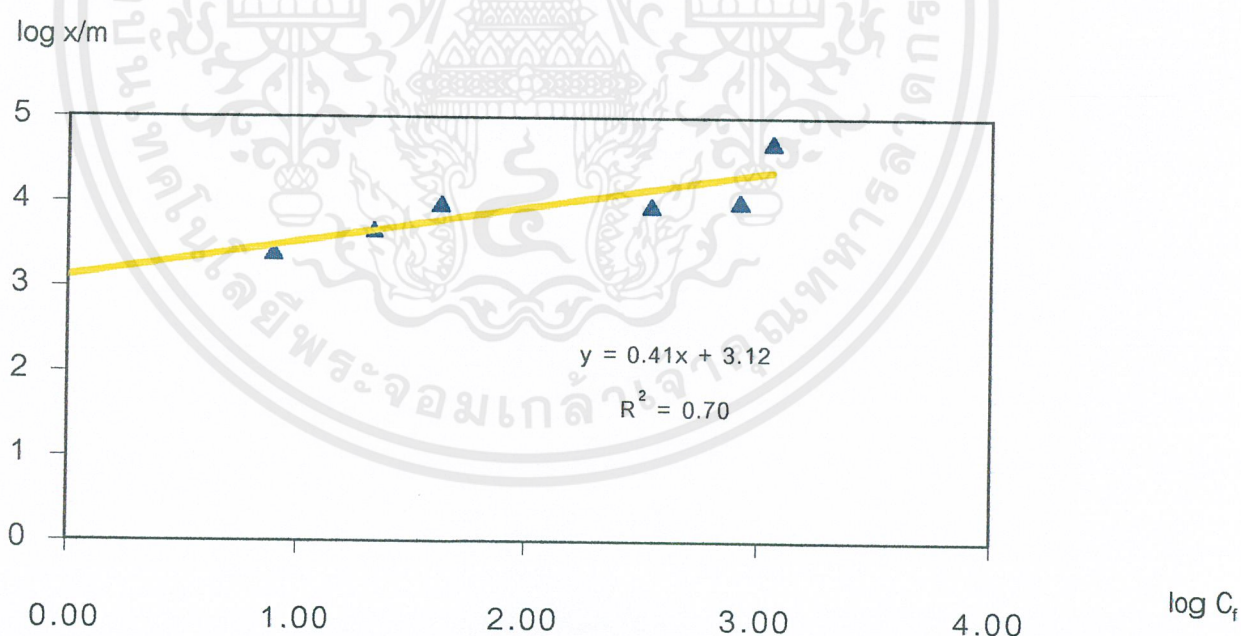
จะได้ $\log (x/m) = 2.42 + 0.77 \log C_f$

โดยที่ $\log k = 2.42$ และ $1/n = 0.77$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงการดูดซับฟีนอล และ Freundlich Isotherm พารามิเตอร์ของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$ รอบที่ 5

ความเข้มข้นเริ่มต้น, C_i (mg/100mL)	น้ำหนักเม็ดคาร์บอน (g)	ปริมาตรเริ่มต้น (mL)	ความเข้มข้นสุดท้าย, C_f (mg/100mL)	$X = (C_i - C_f)V$	X/M	$\log X/M$	$\log C_f$
2,000	0.5	30	1,144.29	25,671.45	51,342.90	4.71	3.06
1,000	0.5	30	826.44	5,206.83	10,413.66	4.02	2.92
500	0.5	30	346.59	4,602.21	9,204.42	3.96	2.54
200	0.5	30	41.73	4,747.10	9,495.99	3.98	1.62
100	0.5	30	21.39	2,358.23	4,716.45	3.67	1.33



รูปที่ 4.11 แสดง Freundlich Isotherm ในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$ ใช้รอบที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.11

$$\text{จาก } \log(x/m) = \log k + 1/n \log C_f$$

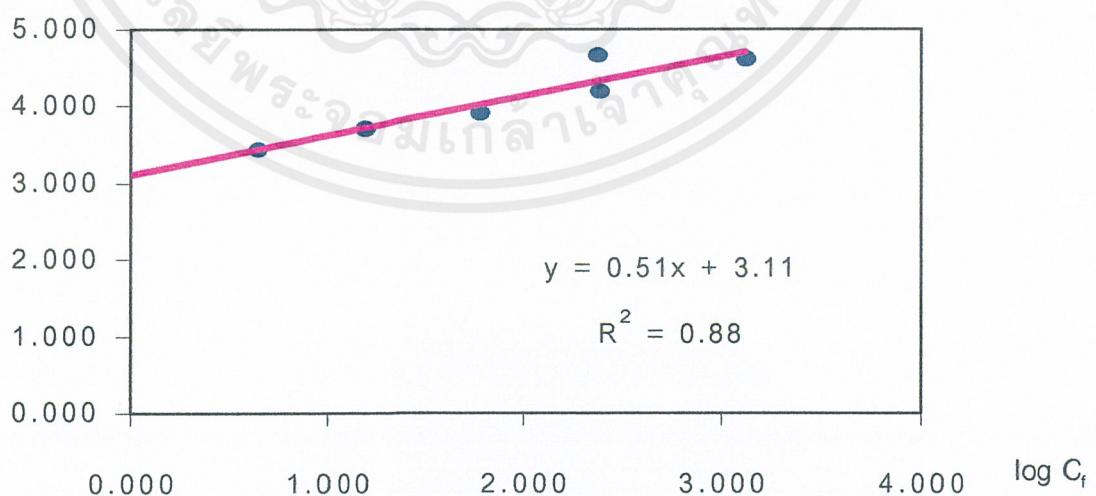
$$\text{จะได้ } \log(x/m) = 3.12 + 0.4 \log C_f$$

$$\text{โดยที่ } \log k = 3.12 \text{ และ } 1/n = 0.41$$

ตารางที่ 4.10 แสดงการดูดซับฟีนอล และ Freundlich Isotherm พารามิเตอร์ของเม็ดคาร์บอน ที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$ รอบที่ 10

ความเข้มข้นเริ่มต้น, C_i (mg/100mL)	น้ำหนักเม็ดคาร์บอน (g)	ปริมาตรเริ่มต้น (mL)	ความเข้มข้นสุดท้าย, C_f (mg/100mL)	$X = (C_i - C_f)V$	X/M	$\log X/M$	$\log C_f$
2,000	0.5	30	1,316.83	20,495.10	40,990.20	4.61	3.12
1,000	0.5	30	238.30	22,851.00	45,702.00	4.60	2.38
500	0.5	30	243.00	7,710.00	15,420.00	4.19	2.39
200	0.5	30	60.91	4,172.70	8,345.40	3.92	1.79
100	0.5	30	15.61	2,531.70	5,063.40	3.70	1.19

$\log X/M$



รูปที่ 4.12 แสดง Freundlich Isotherm ในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$ ใช้รอบที่ 10

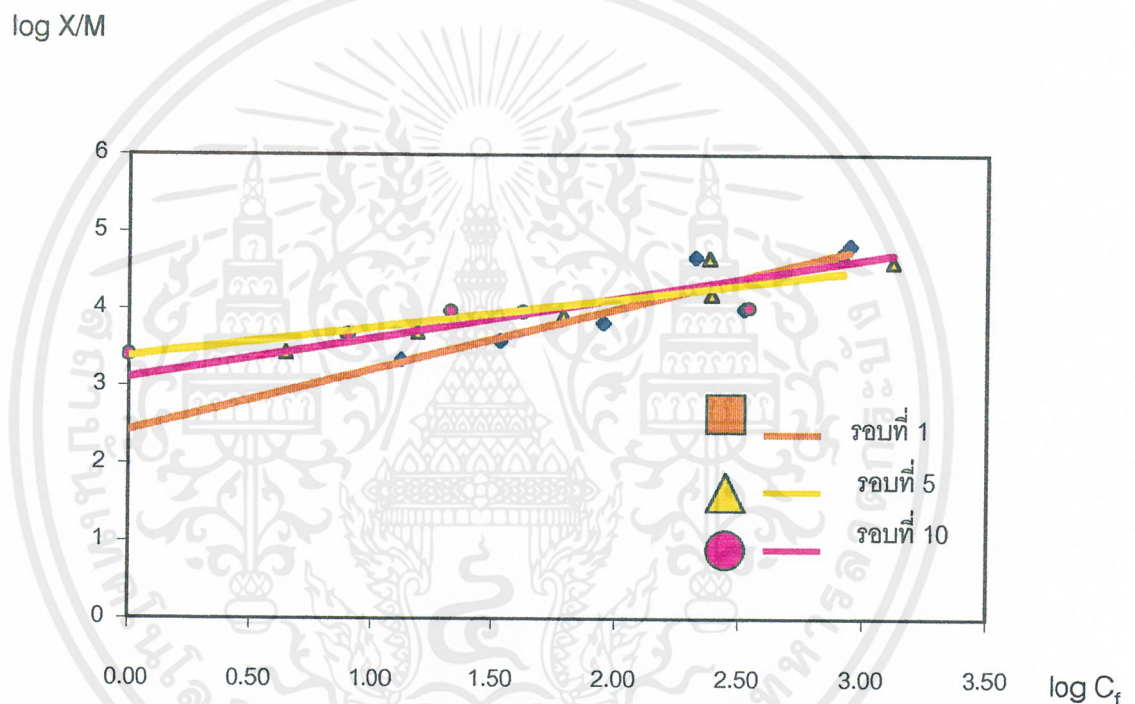
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.12

$$\text{จาก } \log(x/m) = \log k + 1/n \log C_f$$

$$\text{จะได้ } \log(x/m) = 3.11 + 0.51 \log C_f$$

$$\text{โดยที่ } \log k = 3.11 \text{ และ } 1/n = 0.51$$



รูปที่ 4.13 แสดง Freundlich Isotherm ในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไซเตียมโตเดคซิลซัลเฟต $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$ ใช้ซ้ำรอบที่ 1, 5 และ 10

จากรูปที่ 4.13 ทำให้ทราบถึงค่าประสิทธิภาพของเม็ดคาร์บอนในการดูดซับทั้ง 3 รอบ โดยในรอบที่ 1, รอบที่ 5 และในรอบที่ 10 นั้นมีค่าประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลใกล้เคียงกันทั้ง 3 รอบ คือมีค่าอยู่ระหว่าง 2,224.20 mg/g ถึง 68,599.80 mg/g ทำให้เราทราบว่าสารลดแรงตึงผิวนั้นมีความสามารถในการฟื้นฟูพื้นสภาพเม็ดคาร์บอนได้ดีและสามารถนำมาใช้ได้หลายครั้ง

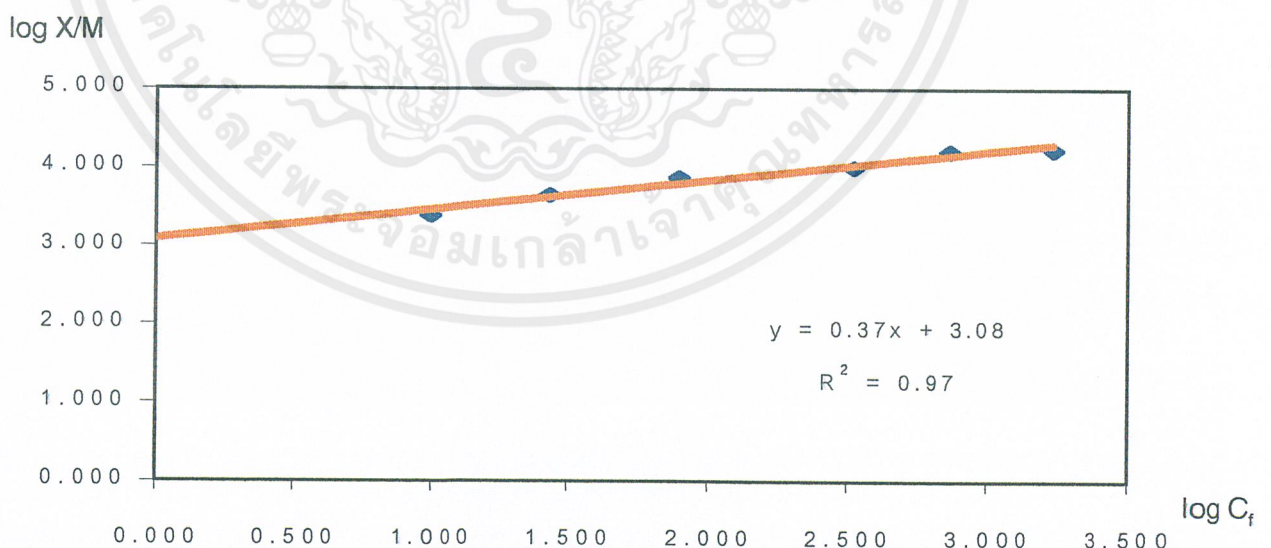
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3.2 ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมโอดีเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M

จากการทดลองนำเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการดูดซับฟีนอลจนอิ่มตัวแล้วมาทำการเขย่าด้วยสารลดแรงตึงผิวที่มีความเข้มข้น 1.05×10^{-3} M โดยการทำซ้ำทั้งหมด 10 รอบ รอบละ 30 นาที และในรอบที่ 1, 5 และ 10 นำเม็ดคาร์บอน 0.5 g มาทำการดูดซับสารประกอบฟีนอลอีกครั้ง ความเข้มข้นต่าง ๆ กันตามดังตารางที่ 11, 12 และ 13 ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนหลังการฟื้นฟูสภาพด้วยสารลดแรงตึงผิว

ตารางที่ 4.11 แสดงการดูดซับฟีนอล และ Freundlich Isotherm พารามิเตอร์ของเม็ดคาร์บอนที่ฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายโซเดียมโอดีเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M รอบที่ 1

ความเข้มข้นเริ่มต้น, C_i (mg/100mL)	น้ำหนักเม็ดคาร์บอน (g)	ปริมาตรเริ่มต้น (mL)	ความเข้มข้นสุดท้าย, C_f (mg/100mL)	$X = (C_i - C_f)V$	X/M	$\log X/M$	$\log C_f$
2,000	0.5	30	1721.67	8350.05	16700.10	4.22	3.24
1,000	0.5	30	733.33	7999.95	15999.90	4.20	2.87
500	0.5	30	333.35	4999.95	9999.90	4.00	2.52
200	0.5	30	78.89	3633.30	7266.60	3.86	1.90
100	0.5	30	27.22	2183.40	4366.80	3.64	1.44
50	0.5	30	9.90	1203.00	2406.00	3.38	0.99



รูปที่ 4.14 แสดง Freundlich Isotherm ในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่ฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายโซเดียมโอดีเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M ใช้รอบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.14

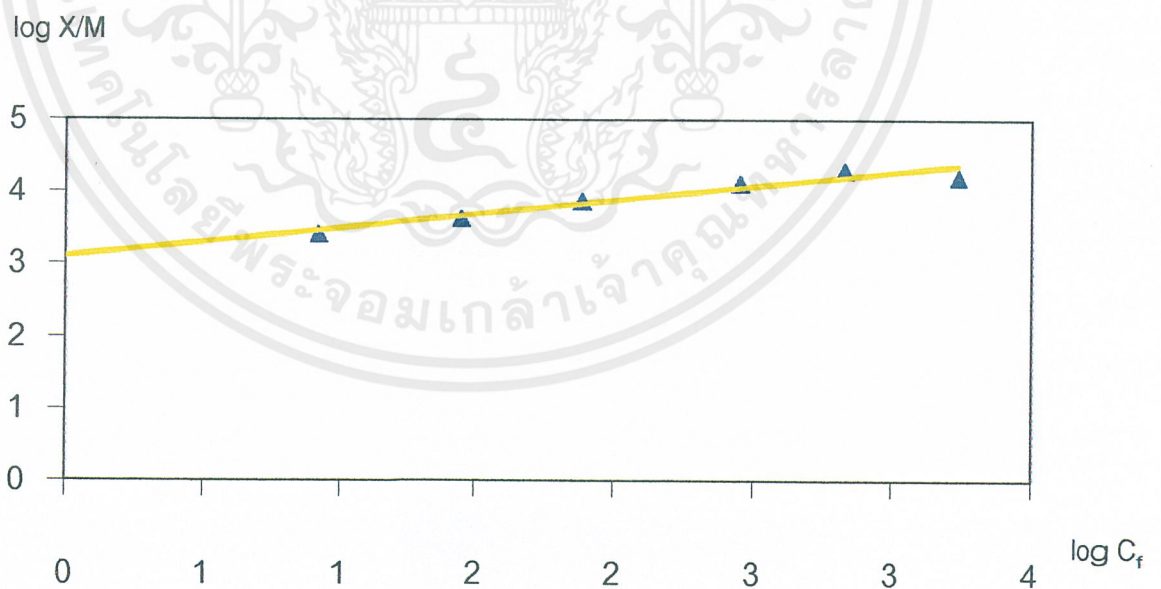
$$\text{จาก } \log (x/m) = \log k + 1/n \log C_f$$

$$\text{จะได้ } \log (x/m) = 3.08 + 0.37 \log C_f$$

$$\text{โดยที่ } \log k = 3.08 \text{ และ } 1/n = 0.37$$

ตารางที่ 4.12 แสดงการดูดซับฟินอล และ Freundlich Isotherm พารามิเตอร์ของเม็ดคาร์บอน ที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M รอบที่ 5

ความเข้มข้นเริ่มต้น, C_i (mg/100mL)	น้ำหนักเม็ดคาร์บอน (g)	ปริมาตรเริ่มต้น (mL)	ความเข้มข้นสุดท้าย, C_f (mg/100mL)	$X = (C_i - C_f)V$	X/M	$\log X/M$	$\log C_f$
2,000	0.5	30	1,733.33	8,000.10	16,000.20	4.20	3.24
1,000	0.5	30	672.23	9,833.25	19,666.50	4.29	2.83
500	0.5	30	283.34	6,499.95	12,999.90	4.11	2.45
200	0.5	30	77.00	3,690.00	7,380.00	3.87	1.89
100	0.5	30	28.39	2,148.30	4,296.60	3.63	1.45
50	0.5	30	8.39	1,248.45	2,496.00	3.40	0.92



รูปที่ 4.15 แสดง Freundlich Isotherm ในการดูดซับฟินอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M ใช้รอบที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.15 Freundlich Isotherm

$$\text{จาก } \log(x/m) = \log k + 1/n \log C_f$$

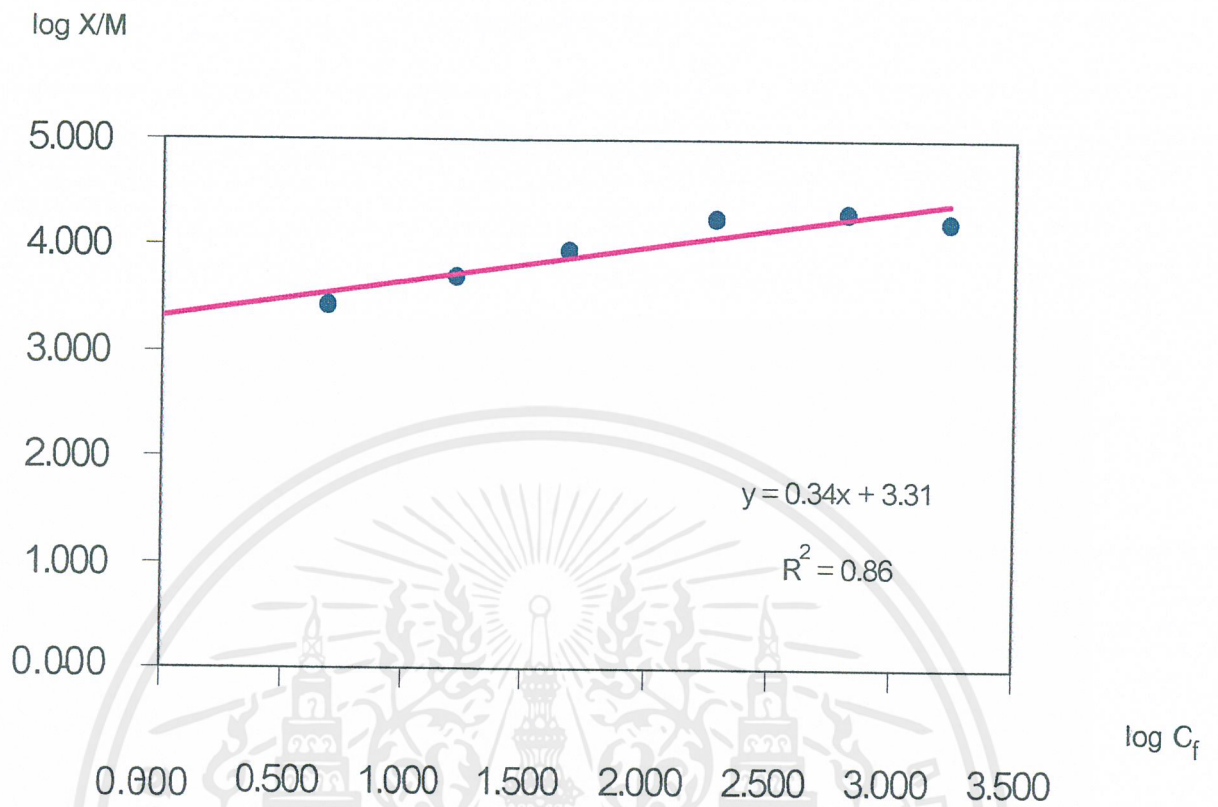
$$\text{จะได้ } \log(x/m) = 3.09 + 0.39 \log C_f$$

$$\text{โดยที่ } \log k = 3.09 \text{ และ } 1/n = 0.39$$

ตารางที่ 4.13 แสดงการดูดซับฟีนอล และ Freundlich Isotherm พารามิเตอร์ของเม็ดคาร์บอน ที่พื้นสภาพด้วยสารละลายโซเดียมโอดีเคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M รอบที่ 10

ความเข้มข้นเริ่มต้น, C_i (mg/100mL)	น้ำหนักเม็ดคาร์บอน (g)	ปริมาตรเริ่มต้น (mL)	ความเข้มข้นสุดท้าย, C_f (mg/100mL)	$X = (C_i - C_f)V$	X/M	$\log X/M$	$\log C_f$
2,000	0.5	30	1,725.00	8,250.00	16,500.00	4.22	3.24
1,000	0.5	30	662.23	10,133.25	20,266.50	4.31	2.82
500	0.5	30	192.50	9,225.00	18,450.00	4.27	2.28
200	0.5	30	48.22	4,553.40	9,106.80	3.96	1.68
100	0.5	30	16.34	2,509.95	5,019.90	3.70	1.21
50	0.5	30	4.79	1,356.30	2,712.60	3.43	0.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดง Freundlich Isotherm ในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วย สารละลายไซเดียมโคเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M ใช้รอบที่ 10

จากรูปที่ 4.16

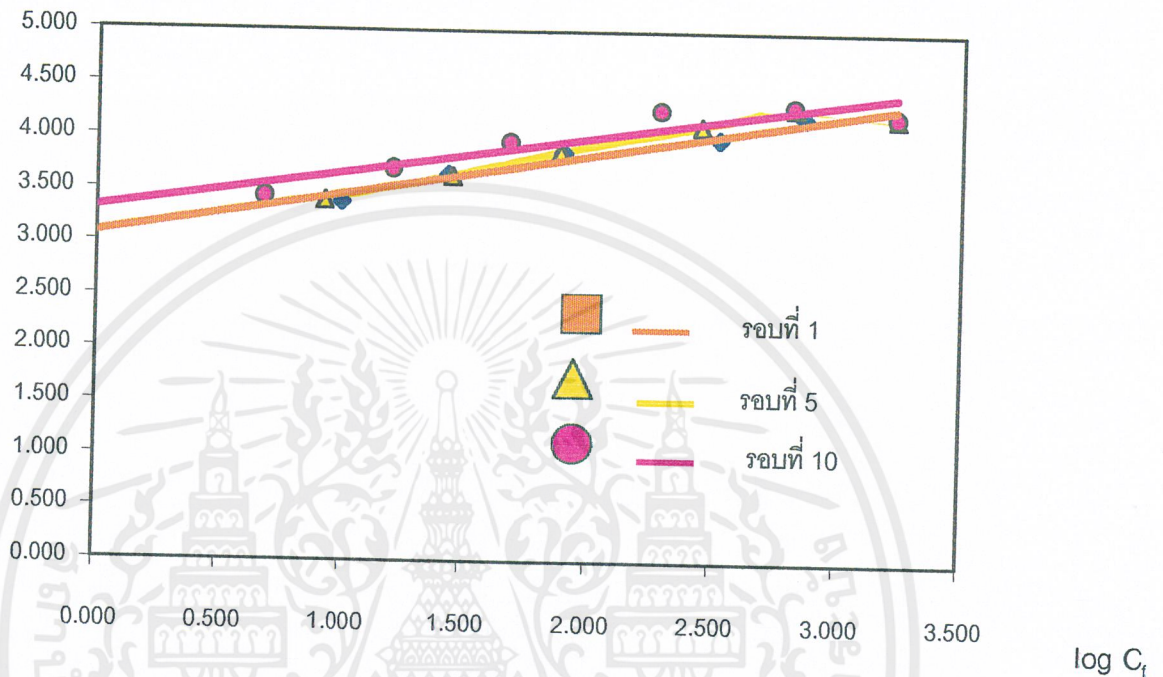
$$\text{จาก } \log(x/m) = \log k + 1/n \log C_f$$

$$\text{จะได้ } \log(x/m) = 3.31 + 0.34 \log C_f$$

$$\text{โดยที่ } \log k = 3.31 \text{ และ } 1/n = 0.34$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

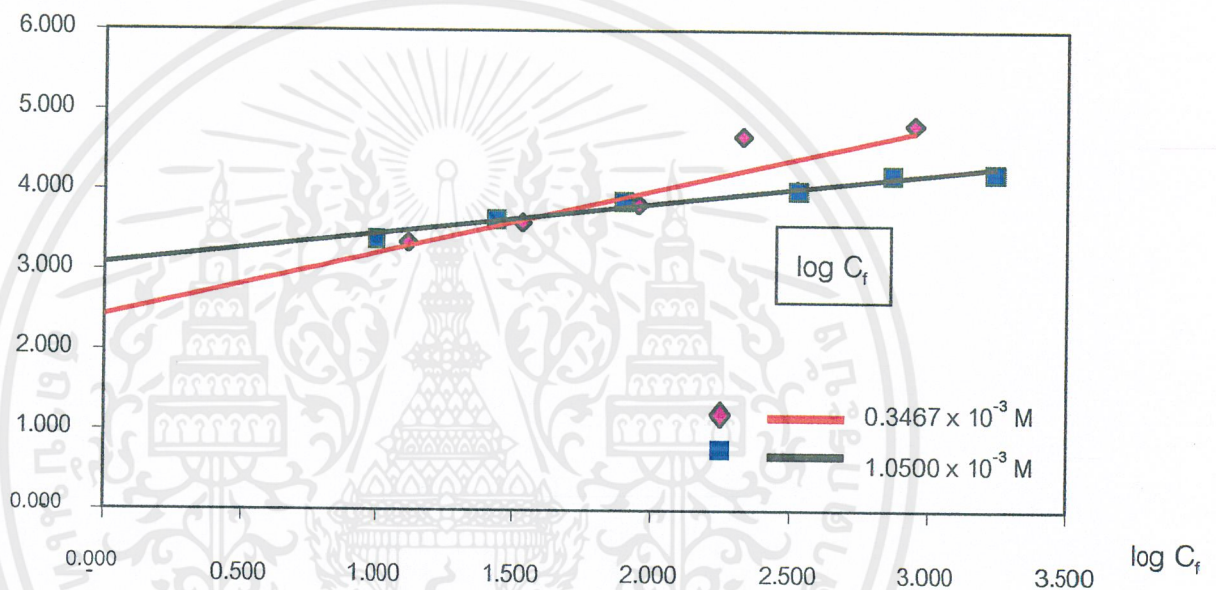
log x/m



รูปที่ 4.17 แสดง Freundlich Isotherm ในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นสภาพด้วยสารละลายไซเดียมไดโอดซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M ใช้ซ้ำรอบที่ 1, 5 และ 10

จากรูปที่ 4.17 ทำให้ทราบถึงค่าประสิทธิภาพของคาร์บอนในการดูดซับทั้ง 3 รอบ คือ ในรอบที่ 1 , รอบที่ 5 และในรอบที่ 10 นั้นมีค่าประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลใกล้เคียงกันทั้ง 3 รอบ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2,275.90 mg/g ถึง 20,966.45 mg/g ทำให้เราทราบว่าสารลดแรงตึงผิวนั้นมีความสามารถในการฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนได้ดีและสามารถนำมาใช้ได้หลายครั้ง

4.4.3.3 กราฟเปรียบเทียบผลการฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนด้วยสารลดแรงตึงผิวที่
ความเข้มข้นต่างกัน
รอบที่ 1



รูปที่ 4.18 แสดง Freundlich Isotherm ของเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต ที่ใช้รอบที่ 1

$$\log(x/m) = \log k + 1/n \log C_f$$

จากรูปที่ 4.18 0.3467 x 10⁻³ M ของชุดที่ 1 log k = 2.42 และ 1/n = 0.77, k = 265.77

1.0500 x 10⁻³ M ของชุดที่ 2 log k = 3.08 และ 1/n = 0.37, k = 1,191.52

ดังนั้นสมการประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอล 0.3467 x 10⁻³ M ในรอบที่ 1 คือ

$$\log(x/m) = 2.42 + 0.79 \log C_f$$

ดังนั้นสมการประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอล 1.0500 x 10⁻³ M ในรอบที่ 1 คือ

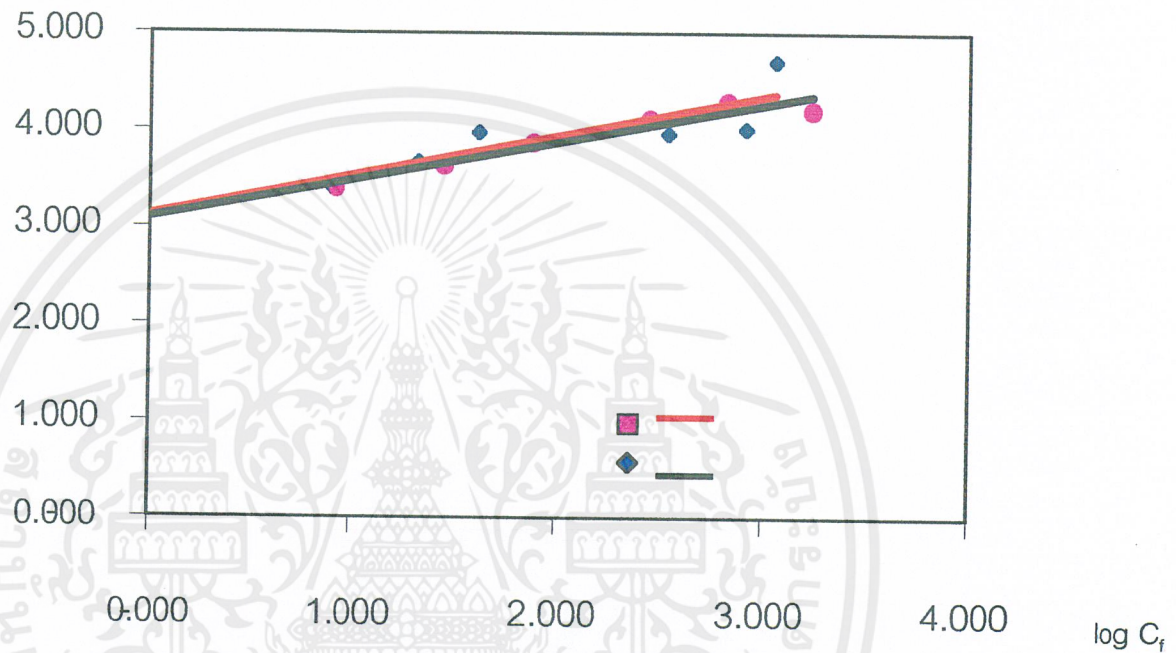
$$\log(x/m) = 3.08 + 0.38 \log C_f$$

จากสมการค่า k ของสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 1.05 x 10⁻³ M นั้นมีค่า สูงกว่าและ 1/n ต่ำกว่าสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 0.3467 x 10⁻³ M ซึ่งหมายความว่าสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 1.05 x 10⁻³ M มีความสามารถในการดูดซับสูงกว่าและจะเปลี่ยนแปลงตามความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าของสารปนเปื้อนในอัตราที่ไม่สูงมากนัก
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบที่ 5

log x/m



รูปที่ 4.19 แสดง Freundlich Isotherm ของเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต ที่ใช้ซ้ำรอบที่ 5

$$\log (x/m) = \log k + 1/n \log C_f$$

จากรูปที่ 4.19 $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$ $\log k = 3.12$ และ $1/n = 0.41$, $k = 1,306.17$

$1.0500 \times 10^{-3} \text{ M}$ $\log k = 3.09$ และ $1/n = 0.39$, $k = 1,229.42$ ดังนั้นสมการประ

สิทธิภาพในการดูดซับฟินอล $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$ ของรอบที่ 5 คือ

$$\log (x/m) = 3.12 + 0.41 \log C_f$$

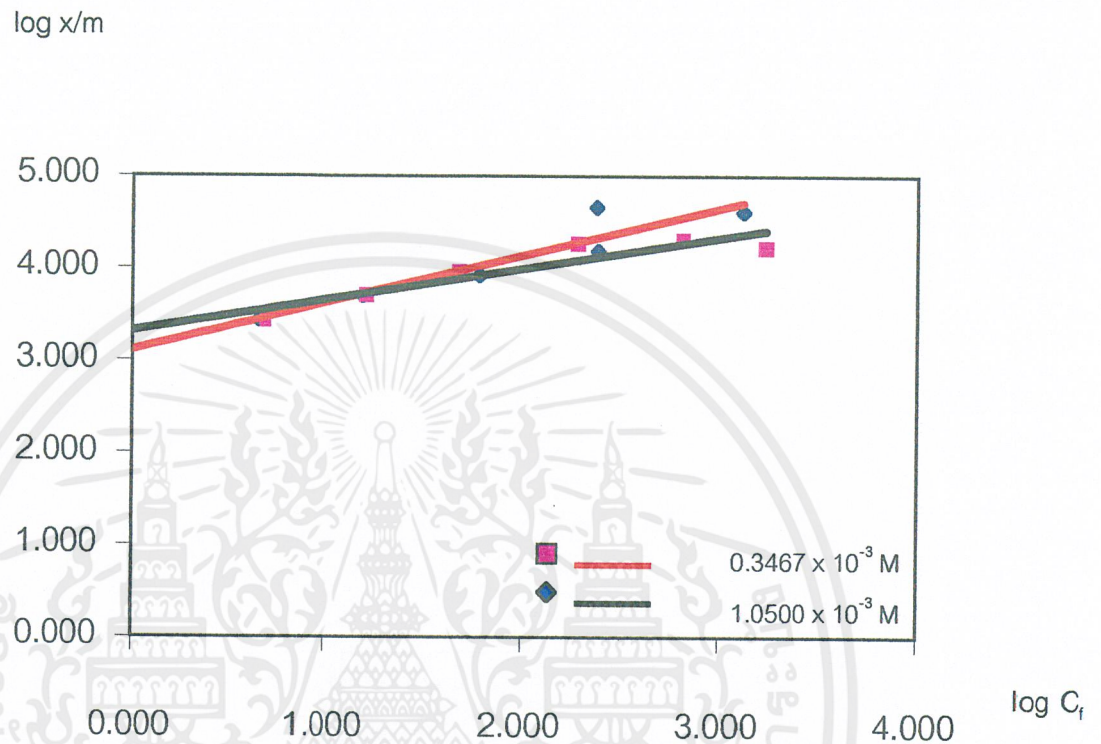
ดังนั้นสมการประสิทธิภาพในการดูดซับฟินอล $1.0500 \times 10^{-3} \text{ M}$ ของรอบที่ 5 คือ

$$\log (x/m) = 3.09 + 0.39 \log C_f$$

จากสมการค่า k ของสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต $1.05 \times 10^{-3} \text{ M}$ นั้นมีค่า ต่ำกว่าและ $1/n$ ต่ำกว่าสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$ ซึ่งหมายความว่าสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต $1.05 \times 10^{-3} \text{ M}$ มีความสามารถในการดูดซับต่ำในทุกช่วงความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบที่ 10



รูปที่ 4.20 แสดง Freundlich Isotherm ของเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต ที่ใช้ซ้ำรอบที่ 10

จากรูปที่ 4.20 $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$ $\log k = 3.11$ และ $1/n = 0.51$, $k = 1,274.09$

$1.0500 \times 10^{-3} \text{ M}$ $\log k = 3.31$ และ $1/n = 0.34$, $k = 2,063.00$

ดังนั้นสมการประสิทธิภาพในการดูดซับฟินอล $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$ ของรอบที่ 10 คือ

$$\log (x/m) = 3.11 + 0.51 \log C_f$$

ดังนั้นสมการประสิทธิภาพในการดูดซับฟินอล $1.0500 \times 10^{-3} \text{ M}$ ของรอบที่ 10 คือ

$$\log (x/m) = 3.31 + 0.34 \log C_f$$

จากสมการค่า k ของสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต $1.05 \times 10^{-3} \text{ M}$ นั้นมีค่าสูงกว่า และ $1/n$ ต่ำกว่าสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$ ซึ่งหมายความว่าสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต $1.05 \times 10^{-3} \text{ M}$ มีความสามารถในการดูดซับเปลี่ยนแปลงตามความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในอัตราที่ไม่สูงมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่ , เม็ดคาร์บอนที่ผ่านการดูดซับจนอิ่มตัวแล้ว และเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพด้วยสารลดแรงตึงผิวแล้ว

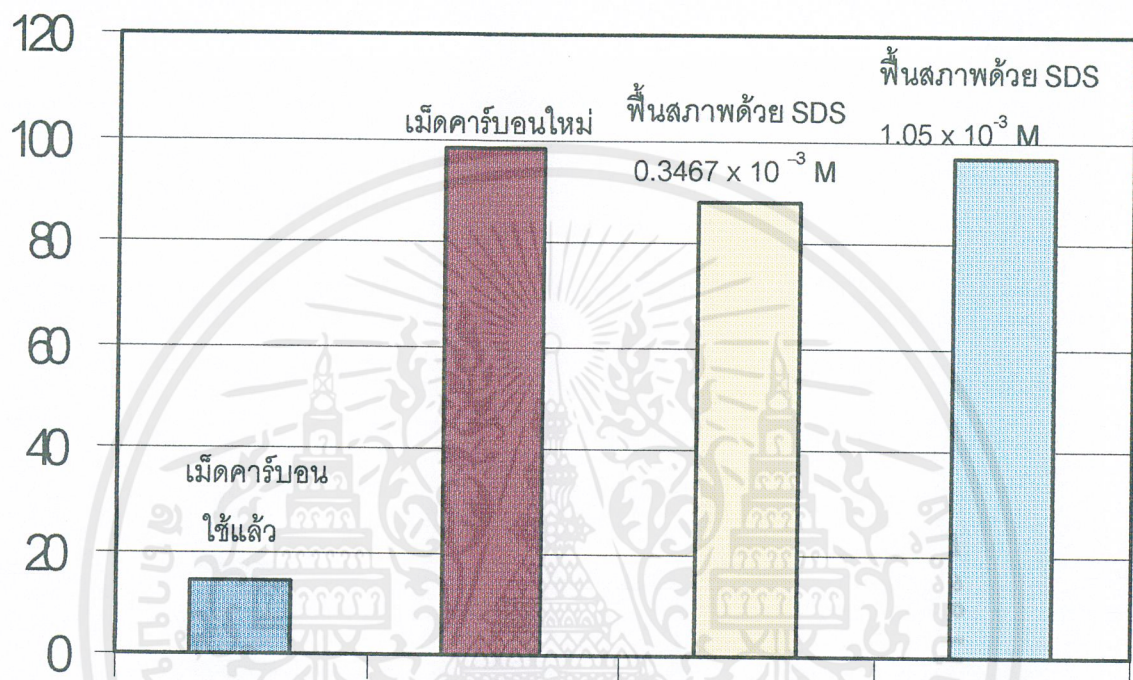
จากการทดลอง นำเม็ดคาร์บอนใหม่ เม็ดคาร์บอนใช้แล้ว และเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพด้วยสารลดแรงตึงผิวแล้ว ที่ความเข้มข้น $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$ และความเข้มข้น $1.05 \times 10^{-3} \text{ M}$ โดยใช้เม็ดคาร์บอน 10 g ทำการดูดซับสารประกอบฟีนอลที่มีความเข้มข้น 2,000 mg/100mL จำนวน 30 mL เป็นเวลา 30 นาที แล้วทำการหาประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของคาร์บอนซึ่งได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.14 แสดงประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนชนิดต่าง ๆ ปริมาณ 0.5 กรัม

ชนิดเม็ดคาร์บอน	ปริมาตรเริ่มต้น (mL)	ความเข้มข้นเริ่มต้น, C_i (mg/100mL)	ความเข้มข้นสุดท้าย, C_f (mg/100mL)	เปอร์เซ็นต์ การดูดซับ ฟีนอล
1. เม็ดคาร์บอนใหม่	30	2,000	40.00	98.00
2. เม็ดคาร์บอนที่ผ่านการดูดซับจนอิ่มตัว	30	2,000	1712.33	14.38
3. เม็ดคาร์บอนที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพ ด้วยสารลดแรงตึงผิว				
3.1 ที่ความเข้มข้น $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$	30	2,000	246.67	87.67
3.2 ที่ความเข้มข้น $1.05 \times 10^{-3} \text{ M}$	30	2,000	73.33	96.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอล



รูปที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนประเภทต่างๆ

จากกราฟจะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพที่ผ่านการดูดซับจนอิ่มตัวแล้วนั้น ประสิทธิภาพของเม็ดคาร์บอนลดลงอย่างเห็นได้ชัดคือเหลือเพียง 14.38 เปอร์เซ็นต์ โดยประสิทธิภาพลดลงจากเดิม 84 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำคาร์บอนไปทำการฟื้นฟูประสิทธิภาพด้วยสารลดแรงตึงผิว ณ ความเข้มข้น $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$ ประสิทธิภาพของคาร์บอนจะเพิ่มขึ้นเป็น 87.67 เปอร์เซ็นต์ และที่ ความเข้มข้น $1.05 \times 10^{-3} \text{ M}$ ประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นเป็น 96.33 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สารลดแรงตึงผิวสามารถฟื้นฟูเม็ดคาร์บอนได้จริง และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวทั้งสอง ความเข้มข้นปรากฏว่า ความเข้มข้นสูงกว่าจะมีประสิทธิภาพในการฟื้นฟูเม็ดคาร์บอนได้สูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 แสดงค่า k และ 1/n

ชนิดคาร์บอน	k	1/n
1. คาร์บอนใหม่	2,496.32	0.78
2. คาร์บอนที่ใช้แล้ว	534.07	0.58
3. คาร์บอนเก่าที่พื้นสภาพด้วยด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต		
ความเข้มข้น $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$		
รอบที่ 1	265.77	0.79
รอบที่ 5	1,306.17	0.41
รอบที่ 10	1,274.09	0.51
ความเข้มข้น $1.05 \times 10^{-3} \text{ M}$		
รอบที่ 1	1,191.52	0.37
รอบที่ 5	1,229.42	0.39
รอบที่ 10	2,063.00	0.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาการดูดซับของเม็ดคาร์บอนที่ฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟตโดยเริ่มต้นทำการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่, เม็ดคาร์บอนที่ผ่านการใช้งานแล้วและเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต, ศึกษาสภาวะที่มีผลต่อการฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟตและศึกษาประสิทธิภาพของสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟตในการใช้ซ้ำเพื่อฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนหลังจากนั้นนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกันซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1) จากการศึกษาผลของเวลาสัมผัส (Contact Time) ต่อการดูดซับ ฟีนอลด้วยเม็ดคาร์บอนเวลาที่ใช้ในการดูดซับสารละลายฟีนอลที่ความเข้มข้น 2,000 mg/100mL ที่อุณหภูมิ 25 °C ผลการทดลองที่ได้ คือ จากรูปที่ 4.1 ที่เวลา 165 min ค่าความเข้มข้นที่สมดุลมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดดังนั้นเวลาที่ใช้ในการดูดซับฟีนอล (contact time) ในการทดลองนี้คือ 165 min

2) จากการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่, เม็ดคาร์บอนที่ผ่านการใช้งานแล้วและเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายไฮเดียมโดเดคซิลซัลเฟต

2.1 ประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่มีค่าถึง 98.00 เปอร์เซ็นต์ และสามารถพลอตเป็นกราฟสมการ Freundlich ได้ดังรูปที่ 4.2 และวิเคราะห์เป็นสมการการ Freundlich ได้ดังนี้

$$\log (x/m) = 3.40 + 0.78 \log C_f$$

2.2 ประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการใช้งาน มีค่า = 14.38 เปอร์เซ็นต์ และสามารถพลอตเป็นกราฟสมการ Freundlich ได้ดังรูปที่ 4.3 และวิเคราะห์เป็นสมการการ Freundlich ได้ดังนี้

$$\log (x/m) = 2.73 + 0.58 \log C_f$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นประสิทธิภาพด้วย

สารละลายโซเดียมไดโครเมตที่ความเข้มข้น 0.3467×10^{-3} M แล้วประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอล = 87.67 เปอร์เซ็นต์ และสามารถพลอตเป็นกราฟสมการ Freundlich ได้ดังรูปที่ 4.10, 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ และวิเคราะห์เป็นสมการการ Freundlich ได้ดังนี้

รอบที่ 1 จะได้ $\log (x/m) = 2.42 + 0.77 \log C_f$

รอบที่ 5 จะได้ $\log (x/m) = 3.12 + 0.41 \log C_f$

รอบที่ 10 จะได้ $\log (x/m) = 3.11 + 0.51 \log C_f$

2.4 ประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่พื้นประสิทธิภาพด้วย

สารละลายโซเดียมไดโครเมตที่ความเข้มข้น 1.05×10^{-3} M แล้วประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอล = 96.33 เปอร์เซ็นต์ และสามารถพลอตเป็นกราฟสมการ Freundlich ได้ดังรูปที่ 4.14, 4.15, 4.16 ตามลำดับและวิเคราะห์เป็นสมการการ Freundlich ได้ดังนี้

รอบที่ 1 จะได้ $\log (x/m) = 3.08 + 0.37 \log C_f$

รอบที่ 5 จะได้ $\log (x/m) = 3.09 + 0.40 \log C_f$

รอบที่ 10 จะได้ $\log (x/m) = 3.31 + 0.34 \log C_f$

2.5 จากการศึกษาสภาวะที่มีผลต่อการฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนด้วยสารละลายโซเดียมไดโครเมตที่ความเข้มข้น 0.3467×10^{-3} M และที่ความเข้มข้น 1.05×10^{-3} M เมื่อทำการแปรค่าเวลาที่ 30, 60, 90, 120, 150 นาทีผลที่ได้คือ ประสิทธิภาพการดูดซับฟีนอลที่เวลาต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกันโดยที่ความเข้มข้น 0.3467×10^{-3} M ประสิทธิภาพของเม็ดคาร์บอนจะอยู่ระหว่าง 85.67-87.67 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความเข้มข้น 1.05×10^{-3} M ประสิทธิภาพของเม็ดคาร์บอนในการดูดซับฟีนอลจะอยู่ระหว่าง 95.00-96.33 เปอร์เซ็นต์

2.6 จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารละลายโซเดียมไดโครเมตในการใช้ซ้ำเพื่อฟื้นฟูสภาพเม็ดคาร์บอนโดยใช้สารละลายโซเดียมไดโครเมตที่ความเข้มข้น 0.3467×10^{-3} M และที่ความเข้มข้น 1.05×10^{-3} M เมื่อคิดค่าเฉลี่ยของแต่ละรอบแล้วพบว่า ที่ความเข้มข้น 0.3467×10^{-3} M เปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนหลังฟื้นฟูสภาพแล้วมีค่าอยู่ในช่วง 90.80-97.00 เปอร์เซ็นต์ และที่ความเข้มข้น 1.05×10^{-3} M เปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนหลังฟื้นฟูสภาพแล้วมีค่าอยู่ในช่วง 89.40-96.50 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่ , เม็ดคาร์บอนที่ใช้แล้วและเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพด้วยสารลดแรงตึงผิวแล้วผลการทดลองที่ได้คือ

1. ประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนใหม่ = 98 เปอร์เซ็นต์
2. ประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่ใช้แล้ว = 14.38 เปอร์เซ็นต์
3. ประสิทธิภาพในการดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอนที่ฟื้นฟูสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

เดคซิลซัลเฟต

- ที่ความเข้มข้น 0.3467×10^{-3} M ประสิทธิภาพการดูดซับฟีนอล = 87.67 เปอร์เซ็นต์
- ที่ความเข้มข้น 1.05×10^{-3} M ประสิทธิภาพการดูดซับฟีนอล = 96.33 เปอร์เซ็นต์

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลองนี้เป็นการใช้สารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟตซึ่งเป็น anionic surfactant ผู้สนใจทำการศึกษาต่ออาจทำการศึกษาโดยใช้ surfactant ที่เป็น Zwitterionic, nonionic และ cationic เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้พื้นสภาพเม็ดคาร์บอนได้

2. ในการทดลองนี้ใช้สารละลายโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟตที่มีค่าความเข้มข้นต่ำกว่า CMC ซึ่งมีค่า 8.3×10^{-3} M ดังนั้นหากมีผู้สนใจศึกษาต่ออาจทำการศึกษากการใช้สารลดแรงตึงผิวที่มีความเข้มข้นสูงกว่าที่จุด CMC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

วิธีการเตรียมสารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต $[K_3Fe(CN)_6]$

1. ชั่ง $K_3Fe(CN)_6$ มา 8 กรัม
2. นำมาละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร
3. เตรียมใหม่ทุกสัปดาห์ และระวังอย่าให้โดนแสง

วิธีการเตรียมสารละลาย 4-อะมิโนแอนติไพรีน

1. ชั่ง 4-อะมิโนแอนติไพรีน มา 2 กรัม
2. นำมาละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร
3. เตรียมใหม่ทุกวัน

วิธีการเตรียมสารละลายไซเตียมโตเดคซิลซัลเฟต

ความเข้มข้น $0.3467 \times 10^{-3} \text{ M}$

1. ชั่งไซเตียมโตเดคซิลซัลเฟตมา 0.1 g
2. นำมาละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร

ความเข้มข้น $1.05 \times 10^{-3} \text{ M}$

1. ชั่งไซเตียมโตเดคซิลซัลเฟตมา 0.3028 g
2. นำมาละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร

วิธีการเตรียมเม็ดคาร์บอนที่ผ่านการใช้งานแล้ว

ชั่งเม็ดคาร์บอนใหม่มา 5 g คูดซ์บสารละลายฟีนอลเข้มข้น 2,000 mg/100mL ปริมาตร 30 mL อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อัตราเร็วในการเขย่า 120 รอบ/นาที ระยะเวลา 165 นาทีทำการกรองแล้วนำเม็ดคาร์บอนที่กรองได้ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสทิ้งให้เย็นหลังจากนั้นนำมาล้างน้ำกลั่นในอัตราส่วนเม็ดคาร์บอน 1g : น้ำ 5.6 mL ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และนำไปอบอีกครั้งจนกว่าจะแห้ง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์

วิธีการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอน

$$\% \text{การดูดซับฟีนอลของเม็ดคาร์บอน} = (C_i - C_f) / C_i \times 100$$

โดยที่

C_i = ความเข้มข้นเริ่มต้น

C_f = ความเข้มข้นสุดท้าย

วิธีการตรวจหาปริมาณฟีนอลด้วยวิธี Direct Photometric Method

ทฤษฎี

สารประกอบฟีนอลทำปฏิกิริยากับ 4-aminoantipyrine ที่ค่า pH 7.9 ± 0.1 ทำให้เกิดสีของ potassium ferricyanide เกิดเป็นสี antipyrine dye ทำการวัดค่าความยาวคลื่น 500 nm

วิธีการ

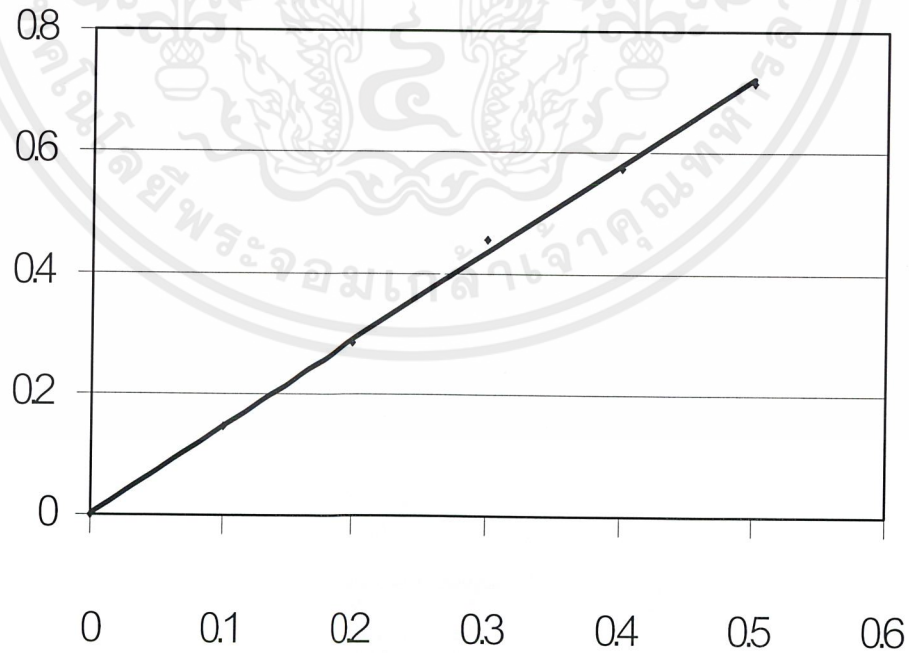
1. เตรียมสารประกอบฟีนอลมาตรฐานที่ความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 mg/100mL
2. เติมสารละลาย NH_4OH 0.5 N 2.5 mL
3. ปรับ pH เป็น $7.97.9 \pm 0.1$ ด้วย phosphate buffer
4. เติมสารละลาย 4-aminoantipyrine 1 mL เขย่า
5. เติมสารละลาย $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 1 mL เขย่า
6. ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 nm

กราฟมาตรฐาน

ตารางที่ 1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐาน

ความเข้มข้น (mg/100mL)	ค่าการดูดกลืนแสง									
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5	ครั้งที่6	ครั้งที่7	ครั้งที่8	ครั้งที่9	ครั้งที่10
blank	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.1	0.142	0.134	0.141	0.147	0.142	0.147	0.142	0.134	0.141	0.147
0.2	0.244	0.26	0.244	0.26	0.258	0.284	0.258	0.265	0.246	0.284
0.3	0.393	0.393	0.369	0.455	0.366	0.425	0.365	0.345	0.393	0.455
0.4	0.511	0.552	0.536	0.563	0.522	0.512	0.511	0.559	0.542	0.574
0.5	0.627	0.669	0.627	0.644	0.627	0.715	0.657	0.665	0.658	0.716

ค่าการดูดกลืนแสง



ความเข้มข้น mg/100m

รูปที่ 1 แสดงกราฟมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณฟีนอลที่ถูกดูดซับด้วย GAC ที่พื้นสภาพในสารละลายโซเดียม
โตนิตริลซัลเฟต 0.3467×10^{-3} M ที่ใช้ซ้ำรอบที่ 1, 5 และ 10

ใช้สารละลาย SDS ซ้ำ (รอบ)	น้ำหนัก GAC (g)	ปริมาตร เริ่มต้น (mL)	ความเข้มข้น เริ่มต้น, C_i (mg/100mL)	ความเข้มข้นสุดท้าย, C_f			ปริมาณฟีนอลที่ถูกดูดซับ (mg/100mL)
				ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	เฉลี่ย	
1	0.5	30	2,000	856.67	900.356	878.513	1,121.487
			1,000	200.00	220.456	210.228	789.772
			500	300.00	360.458	330.229	169.771
			200	82.22	95.256	88.738	111.262
			100	27.78	40.256	34.018	65.982
			50	12.93	13.258	13.094	36.906
5	0.5	30	2,000	1.088.22	1,200.35	1,200.35	799.65
			1,000	822.22	830.658	826.439	173.56
			500	333.33	359.856	346.593	153.41
			200	37.78	45.687	41.7335	158.27
			100	17.11	25.315	21.2125	78.79
			50	5.2	10.526	7.863	42.14
10	0.5	30	2,000	1,583.33	1,050.33	1,316.83	683.17
			1,000	233.30	243.3	238.30	761.70
			500	270.00	216	243.00	257.00
			200	52.89	68.93	60.91	139.09
			100	15.56	15.66	15.61	84.39
			50	4.07	4.73	4.40	45.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณฟีนอลที่ถูกดูดซับด้วย GAC ที่พื้นสภาพในสารละลายโซเดียม โดเดคซิลซัลเฟต 1.05×10^{-3} M ที่ใช้ซ้ำรอบที่ 1, 5 และ 10

ใช้สารละลาย SDS ซ้ำ (รอบ)	น้ำหนัก GAC (g)	ปริมาตร เริ่มต้น (mL)	ความเข้มข้น เริ่มต้น, C_i (mg/100mL)	ความเข้มข้นสุดท้าย, C_f			ปริมาณฟีนอลที่ถูกดูดซับ (mg/100mL)
				ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	เฉลี่ย	
1	0.5	30	2,000	1,833.33	1,610.00	1,721.67	278.34
			1,000	755.56	711.11	733.34	266.67
			500	366.67	300.00	333.34	166.67
			200	91.11	66.67	78.89	121.11
			100	32.22	22.22	27.22	72.78
			50	12.00	7.80	9.90	40.10
5	0.5	30	2,000	1,733.33	1,733.33	1,733.33	266.67
			1,000	675.56	668.89	672.23	327.78
			500	266.67	300.00	283.34	216.67
			200	64.44	89.56	77.00	123.00
			100	3.89	22.89	13.39	86.61
			50	5.33	11.44	8.39	41.62
10	0.5	30	2,000	1,650.00	1,800	1,725.00	275.00
			1,000	668.89	655.56	662.23	337.78
			500	231.67	153.33	192.50	307.50
			200	49.11	43.33	46.22	153.78
			100	16.67	16.00	16.34	83.67
			50	4.80	4.78	4.79	45.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. กฤษณ์ คำภาบุตร "การดั่งสารลดแรงตึงผิวจากน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ โดยวิธีการทำให้เกิดโฟม." วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, วิทยาลัยปิโตรเคมี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
2. ประทักษ์ อุทารุฉิพงศ์ "การใช้สารลดแรงตึงผิวในการนำเอาถ่านกัมมันต์ที่อิมมัลชันด้วยสารอินทรีย์ในวัฏภาคก๊าซกลับมาใช้ใหม่." วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, วิทยาลัยปิโตรเคมี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
3. รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. วิศวกรรมแปรรูปอาหารการถนอมอาหาร. สำนักพิมพ์ไอเอสพรีนติ้งเฮาส์, กรุงเทพฯ, 2535.
4. อนวัช ภูมมโสมถน "การใช้สารลดแรงตึงผิวในการนำเอาถ่านกัมมันต์ที่อิมมัลชันด้วยสารอินทรีย์ในวัฏภาคของเหลวกลับมาใช้ใหม่." วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, วิทยาลัยปิโตรเคมี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
5. แม้น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม. หลักการ และเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2534.
6. Eckenfelder, W. Wesley. Application of Adsorption to Wastewater Treatment. pp. 277-279, Enviro, USA, 1981.
7. Hassler, J.W. Activated Carbon. pp. 174-175, 341-349, Chemical Publishing Co., INC., New York, 1974.
8. Lange K., Pobert. Detergents and Cleaners: a handbook for formulators, Hanser, Munich, 1994.
9. Smolensky, Jack. Principles of community health. 4th eds. Philadelphia : Saunders, 1977.
10. Tadros, Tharwat F. Surfactants in agrochemicals. Marcel Dekker, New York, 1995.
11. H. Van Olphen and Karol J. Mysels. Physical chemistry : enriching topics from colloid and surface science. La Jolla, CA, 1975.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. Sherril D. Christian; John F. Scamehorn. Solubilization in surfactant aggregates. Marcel Dekker, New York, 1995.
13. Veerachai Chokewinyoo "Efficiency of Granular Activated Carbon for Removing organic compounds from water." Master's Thesis, Mahidol University, 1986.
14. Motoyuki Suzuki."Role of adsorption in water environment processes" Water Science and Technology.35(7).1997.
15. Duncan J. Shaw.Introduction to Colloid and Surface Chemistry.4th eds. Hartnolls Ltd,Great Britain,1992.
- 16.Yen,The Fu.Environmental Chemistry:Chemical Principle for Environmental Process. pp. 1446-1453, Prentice Hall,NY,1999.
- 17.Chermisinoff Nicholas P. and Cheremisinoff Paul N.Water Treatment and Waste Recovery: Advance Technology and Applications. pp 250-251, Prentice-all. Inc, USA,1993.
- 18.Metcalf and Eddy. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse.3rd eds. pp. 314,McGrawHill, Singapore, 1991.
- 19.APHA, AWWA and WPCF.Standard Methods for the examination of Water and Wastewater.1985.
- 20.Bryant,Edward A; Fulton Gearge and Budd George C.Disinfection Alternatives for Safe Drinking Water. pp. 310-313, Van Nostrand,NewYork,1992.
- 21.Wolfgang Gerhartz.Y. Stephen Yamamoto and others. Ullmann's encycopedia of industrial chemistry. vol.A25. 5th eds. Weinheim,VCH,1985-1995.