

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การดูดซับฟอร์มัลดีไฮด์ในน้ำเสียด้วยแอคทิเวเต็ดคาร์บอนแบบผง



T107796



เลขหมู่..... 8545
เลขทะเบียน..... 107796
วัน,เดือน,ปี..... 14 พ.ค. 2553

b..... 12212350
i.....

โครงการพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
ภาควิชา เคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Adsorption of Formaldehyde in Wastewater using Powder Activated Carbon



**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
Academic Year 2006**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง การดูดซับฟอร์มัลดีไฮด์ในน้ำเสียด้วยแอคติเวเต็ดคาร์บอนแบบผง
นักศึกษา นางสาว รัตนาภรณ์ อนุชลาธาร
ภาควิชา เคมี
สาขาวิชา เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ชลอ จารุสุทธีรักษ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ผศ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์	
กรรมการ ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย	
กรรมการ ดร.ชลอ จารุสุทธีรักษ์	


.....
(ผศ. ดร. ประสงค์ ดวงดี)
หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	การดูดซับฟอรั่มลดีไฮด์ในน้ำเสียด้วยแอ็คติเว็คเต็คคาร์บอนแบบผง
นักศึกษา	นางสาว รัตนาภรณ์ อนุชลธาร
คณะ	วิทยาศาสตร์
ภาควิชา	เคมี
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. ชลอ จารุสุทธีรักษ์

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดฟอรั่มลดีไฮด์ในน้ำเสียด้วยแอ็คติเว็คเต็คคาร์บอนแบบผง โดยทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการดูดซับฟอรั่มลดีไฮด์ในน้ำเสียด้วยแอ็คติเว็คเต็คคาร์บอนแบบผง ได้แก่ ค่าพีเอช ระยะเวลาและปริมาณตัวดูดซับ จากการทดลองพบว่า ค่าพีเอชไม่มีผลต่อการบำบัด การเพิ่มระยะเวลาส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การบำบัดมากขึ้นจนกระทั่ง 120 นาที ค่าการบำบัดฟอรั่มลดีไฮด์ไม่เปลี่ยนแปลง การเติมปริมาณตัวดูดซับเพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์การบำบัดมากขึ้น โดยเปอร์เซ็นต์การบำบัดอยู่ในช่วง 7-16 % การศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับ พบว่าการดูดซับฟอรั่มลดีไฮด์ด้วยแอ็คติเว็คเต็คคาร์บอนแบบผงนั้นเป็นไปตาม Langmuir และ Freundlich Isotherm แสดงถึงการดูดซับเป็นแบบชั้นเดียว การบำบัดฟอรั่มลดีไฮด์ในน้ำเสียด้วยแอ็คติเว็คเต็คคาร์บอนแบบผง 30 กรัมต่อลิตร ทำการดูดซับเป็นเวลา 120 นาที ที่พีเอช 3 พบว่าสามารถบำบัดได้ 16 % ผลการวิจัยพบว่าการใช้แอ็คติเว็คเต็คคาร์บอนแบบผงไม่เหมาะสมสำหรับการบำบัดฟอรั่มลดีไฮด์ในน้ำเสียด้วยแอ็คติเว็คเต็คคาร์บอนแบบผง เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การดูดซับต่ำและค่าปริมาณฟอรั่มลดีไฮด์ในน้ำที่ยังคงสูงเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง

คำสำคัญ : การดูดซับ, ฟอรั่มลดีไฮด์, แอ็คติเว็คเต็คคาร์บอน

Special Project Title	Adsorption of formaldehyde in wastewater using powder activated carbon
Name	Miss Rattanaporn Anucholthan
Department	Chemistry
Program	Environmental Resource Chemistry
Academic Year	2006
Special Project Advisor	Dr. Chalor Jarusutthirak

Abstract

The purpose of this project was to study the possibility of powder activated carbon (PAC) during adsorption process for removal of formaldehyde in wastewater. Factors affecting formaldehyde adsorption, including pH, retention time, and amount of PAC, were investigated. The results showed that pH exhibited little effect on adsorption of formaldehyde. An increase of retention period up to 120 minutes provided increasing removal efficiency, after that there was no difference in formaldehyde uptake. The removal efficiency was found to increase as the amount of PAC increased, ranged between 7 and 16 percent. The study of adsorption isotherm revealed that the adsorption of formaldehyde using PAC respected Langmuir and Freundlich Isotherm, indicating monolayer adsorption. The PAC, at 30 g/L with pH of 3 and retention time of 120 minutes, was used to treat formaldehyde in industrial wastewater (resin adhesive). It was found that PAC was not appropriate to remove formaldehyde because only 16% removal efficiency was achieved and the formaldehyde concentration in effluent did not meet requirement of effluent standard.

Keyword : Adsorption , Formaldehyde , Activated carbon

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้จัดทำโครงการพิเศษนี้ได้รับความอนุเคราะห์จึ่งใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

ขอขอบพระคุณ ดร. ชลอ จารุสุทธีรักษ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงาน โครงการพิเศษนี้มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผศ. กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ และ ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย และอาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาในระหว่างการดำเนินโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์และแม่บ้าน ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงาน โครงการพิเศษนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา และพี่น้อง ในครอบครัวที่เป็นกำลังใจให้ด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อมปี 4 ทุกคนและเพื่อนคณะวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเพื่อนต่างสถาบัน ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือในการทำโครงการพิเศษนี้มาโดยตลอด

นอกเหนือจากนี้แล้วยังมีบุคคลอีกหลายท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และให้กำลังใจตลอดโครงการพิเศษนี้ ทางผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

นางสาวรัตนภรณ์ อนุชธสาร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 คุณสมบัติของฟอร์มัลดีไฮด์	3
2.1.1 ข้อมูลทั่วไป	3
2.1.2 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี	3
2.1.3 ลักษณะสารและการใช้ประโยชน์	4
2.1.4 การเกิดเมตาบอลิซึม	5
2.1.5 การเกิดพิษ	5
2.1.6 ผลของฟอร์มัลดีไฮด์	6
2.2 ทฤษฎีการดูดซับ	7
2.2.1 หลักการ	7
2.2.2 กลไกการดูดซับ	9
2.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ	10
2.2.4 สมดุลของการดูดซับและไอโซเทอร์มของการดูดซับ	11
2.3 แอ็คติเวเต็ดคาร์บอน	14
2.4.1 ชนิดของแอ็คติเวเต็ดคาร์บอน	15
2.4.2 ประโยชน์ของแอ็คติเวเต็ดคาร์บอน	17
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	19
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี	19
3.2 วิธีการทดลอง	20
3.2.1 การเตรียมน้ำเสีย	20
3.2.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	20
3.2.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง	24
3.2.3 การศึกษาถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการบำบัด	24
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	25
4.1 การดูดซับฟอर्मัลดีไฮด์ในน้ำเสียสังเคราะห์	25
4.1.1 ผลของค่าพีเอช	25
4.1.2 ผลของเวลา	26
4.1.3 ผลของปริมาณตัวดูดซับ	27
4.1.4 การศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับ	28
4.2 การดูดซับฟอर्मัลดีไฮด์ในน้ำเสียจริงจากโรงงานอุตสาหกรรม	29
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	32
5.1 สรุปผลการวิจัย	32
5.2 ข้อเสนอแนะ	32
เอกสารอ้างอิง	33
ภาคผนวก	35
ภาคผนวก ก. การเตรียมกราฟมาตรฐานและการวิเคราะห์	36
ภาคผนวก ข. การคำนวณ	39
ภาคผนวก ค. ข้อมูลผลการทดลอง	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีผลต่อสุขภาพ	6
3.1 วิเคราะห์ตัวอย่าง	24
4.1 ประสิทธิภาพการดูดซับฟอร์มาลดีไฮด์ที่สภาวะเหมาะสมกับน้ำเสียจริง	29
ก-1 ผลของพีเอชต่อการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ด้วยแเอคติเวเต็ดคาร์บอน	41
ก-2 ผลของเวลาต่อการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ด้วยแเอคติเวเต็ดคาร์บอน	42
ก-3 ผลของปริมาณคาร์บอนต่อการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ด้วยแเอคติเวเต็ดคาร์บอน	43
ก-4 ไอโซเทอร์มการดูดซับด้วยแเอคติเวเต็ดคาร์บอน	44
ก-5 การดูดซับฟอร์มาลดีไฮด์ด้วยแเอคติเวเต็ดคาร์บอนในน้ำเสียจริงจากโรงงานอุตสาหกรรม	45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ภาพแสดงขั้นตอนการดูดซับ	10
2.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Ce/(X/M) และ Ce	12
2.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง log (X/M) กับ log Ce	14
2.4	ภาพลักษณะของแอคติเวเต็ดคาร์บอนแบบผง	15
2.5	ภาพแสดงลักษณะของแอคติเวเต็ดคาร์บอนแบบเกล็ด	16
3.1	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	21
4.1	ผลของพีเอชที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดฟอร์มาลดีไฮด์โดย การดูดซับด้วยแอคติเวเต็ดคาร์บอนแบบผง	25
4.2	ผลของเวลาที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดฟอร์มาลดีไฮด์โดยการดูดซับด้วย แอคติเวเต็ดคาร์บอนแบบผง	26
4.3	ผลของปริมาณที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดฟอร์มาลดีไฮด์โดยการดูดซับ ด้วยแอคติเวเต็ดคาร์บอนแบบผง	27
4.4	ผลการศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับแบบ Freundlich Isoterm	28
4.5	ผลการศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับแบบ Langmuir Isoterm	29
4.6	ประสิทธิภาพการกำจัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียจริงเปรียบเทียบกับค่า TOC ที่ลดลง	30
ก-1	การเตรียมสารละลายมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์	37
ค-1	กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์และค่าดูดกลืนแสง	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกวิธีการบำบัดน้ำพอร์มัลดีไฮด์ในน้ำทิ้งโดยกระบวนการดูดซับด้วยแอคติเวเต็ดคาร์บอนแบบผง โดยทำการศึกษาถึงสถานะการดำเนินงานที่มีผลต่อการดูดซับ ได้แก่ ค่าพีเอช เวลาในการดูดซับ และปริมาณตัวดูดซับ เพื่อให้การลดค่าปริมาณพอร์มัลดีไฮด์เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ผลจากการวิจัยสามารถประเมินความเป็นไปได้ของการใช้แอคติเวเต็ดคาร์บอนแบบผงในการกำจัดพอร์มัลดีไฮด์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดพอร์มัลดีไฮด์ในน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจริงที่ทำการเตรียมในห้องปฏิบัติการ โดยใช้กระบวนการดูดซับด้วยแอคติเวเต็ดคาร์บอนแบบผง
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดพอร์มัลดีไฮด์ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ทำการเตรียมในห้องปฏิบัติการและน้ำเสียจริงโดยใช้กระบวนการดูดซับด้วยแอคติเวเต็ดคาร์บอนแบบผง
3. เพื่อศึกษาไอโซเทอร์มของการดูดซับพอร์มัลดีไฮด์ด้วยแอคติเวเต็ดคาร์บอนแบบผง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. น้ำเสียปนเปื้อนพอร์มัลดีไฮด์ได้จาก 2 แหล่ง คือ น้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งมีความเข้มข้นของพอร์มัลดีไฮด์ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยประมาณและน้ำเสียจริงจากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตกาเวชิน
2. ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการบำบัดพอร์มัลดีไฮด์ ได้แก่ ค่าพีเอช เวลา ปริมาณของแอคติเวเต็ดคาร์บอนแบบผง โดยศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดพอร์มัลดีไฮด์ในน้ำเสีย
3. ไอโซเทอร์มของการดูดซับด้วยแอคติเวเต็ดคาร์บอนแบบผง โดยใช้ Freundlich และ Langmuir

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถทราบถึงความเป็นไปได้ในการบำบัดพอร์มัลดีไฮด์โดยกระบวนการดูดซับด้วยแอคติเวเต็ดคาร์บอนแบบผง
2. สามารถนำผลการทดลองที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกวิธีการบำบัดน้ำพอร์มลิตไฮด์ในน้ำทิ้งโดยกระบวนการดูดซับด้วยแอคทิเวเต็ดคาร์บอนแบบผง โดยทำการศึกษาถึงสถานะการดำเนินงานที่มีผลต่อการดูดซับ ได้แก่ ค่าพีเอช เวลาในการดูดซับ และปริมาณตัวดูดซับ เพื่อให้การลดค่าปริมาณพอร์มลิตไฮด์เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ผลจากการวิจัยสามารถประเมินความเป็นไปได้ของการใช้แอคทิเวเต็ดคาร์บอนแบบผงในการกำจัดพอร์มลิตไฮด์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดพอร์มลิตไฮด์ในน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจริงที่ทำการเตรียมในห้องปฏิบัติการ โดยใช้กระบวนการดูดซับด้วยแอคทิเวเต็ดคาร์บอนแบบผง
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดพอร์มลิตไฮด์ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ทำการเตรียมในห้องปฏิบัติการและน้ำเสียจริงโดยใช้กระบวนการดูดซับด้วยแอคทิเวเต็ดคาร์บอนแบบผง
3. เพื่อศึกษาไอโซเทอร์มของการดูดซับพอร์มลิตไฮด์ด้วยแอคทิเวเต็ดคาร์บอนแบบผง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. น้ำเสียปนเปื้อนพอร์มลิตไฮด์ได้จาก 2 แหล่ง คือ น้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งมีความเข้มข้นของพอร์มลิตไฮด์ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยประมาณและน้ำเสียจริงจากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตกาเวชิน
2. ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการบำบัดพอร์มลิตไฮด์ ได้แก่ ค่าพีเอช เวลา ปริมาณของแอคทิเวเต็ดคาร์บอนแบบผง โดยศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดพอร์มลิตไฮด์ในน้ำเสีย
3. ไอโซเทอร์มของการดูดซับด้วยแอคทิเวเต็ดคาร์บอนแบบผง โดยใช้ Freundlich และ Langmuir

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถทราบถึงความเป็นไปได้ในการบำบัดพอร์มลิตไฮด์โดยกระบวนการดูดซับด้วยแอคทิเวเต็ดคาร์บอนแบบผง
2. สามารถนำผลการทดลองที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 คุณสมบัติของฟอร์มาลดีไฮด์

2.1.1 ข้อมูลทั่วไป

ฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นสารประกอบอินทรีย์เคมี มีคุณสมบัติเป็นสารใสไม่มีสี และเป็นสารกันเน่าเปื่อย ฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของฟอร์มาลิน โดยที่มีส่วนผสมเป็นฟอร์มาลดีไฮด์ 37-50 % ฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำ และมีเมทานอลผสมอยู่ด้วยเล็กน้อย (Methyl alcohol) ซึ่งส่วนผสมที่เติมลงไปเพื่อเป็นการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไลเซชัน (polymerization) โดยทั่วไปมักจะใช้ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นยาป้องกันการเน่า ยาน้ำเชื้อโรค และสารกันบูด สำหรับสิ่งมีชีวิต โดยมากจะใช้ ฟอร์มาลดีไฮด์ภายในห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ และเป็นสารตั้งต้นที่ใช้ภายในห้องทดลองที่มีจุดประสงค์ทางการแพทย์ ส่วนในอุตสาหกรรม ยังใช้ ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารฆ่าเชื้อในอุตสาหกรรมการฟอก, ใช้เป็นสารกันบูด และสารที่เป็นฆ่าแมลง และยังใช้เป็นตัวเติมที่สามารถทำให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น การทำเรซิน พลาสติก ผลิตภัณฑ์ยาง ลีซอมผ้า พลาสติก ผลิตภัณฑ์กระดาษ และเครื่องสำอาง

ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารที่ค่อนข้างคงสภาพในสิ่งแวดล้อม ฟอร์มาลดีไฮด์ความเข้มข้น 5 มก./ล.ที่ 20 °C จะคงสภาพเป็นเวลา 5 วัน ฟอร์มาลดีไฮด์อาจเกิดการออกซิเดชันได้เมื่อน้ำมีออกซิเจนละลาย โดยฟอร์มาลดีไฮด์ความเข้มข้น 500 มก./ล. ในน้ำไม่ก่อให้เกิดกระบวนการใช้ออกซิเจนโดยกระบวนการชีวภาพขึ้น ดังนั้น สถานที่เก็บรักษา จะต้องมียาอากาศถ่ายเทได้สะดวก ก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ที่ระเหยขึ้นมาเมื่ออยู่ในที่จำกัดอาจจะระเบิดได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 °C และยังมีผลกระทบต่อคนงานที่ต้องสูดดมก๊าซนี้เข้าสู่ร่างกายเมื่อเวลานานขึ้นจะทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยขึ้นได้ คนงานที่ต้องทำงานเกี่ยวกับการขนย้ายสารเคมีประเภทนี้ ควรมีถุงมือ แวนตาป้องกัน และมีผ้าปิดจมูกตลอดเวลาที่ทำงาน ถ้าสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์แล้วเกิดอาการคันหรือระคายเคืองขึ้น ให้ล้างด้วยสบู่หรือเมื่ออาการมากให้ไปพบแพทย์ (กรรณิการ์ ฉัตรสันติประภา, 2546)

2.1.2 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารประกอบอินทรีย์เคมี เป็นก๊าซที่สามารถติดไฟได้ มีกลิ่น ส่วนทางด้านคุณสมบัติทางเคมีของฟอร์มาลดีไฮด์ มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรโมเลกุล	: CH ₂ O
น้ำหนักโมเลกุล	: 30.03 g/mol
ความหนาแน่น	: 1.08 g/L ที่ -20 °C
จุดเดือด	: -19 °C
จุดหลอมเหลว	: -15 °C
ความดันไอ	: 220 kPa ที่ 0 °C
สภาพการละลายได้	: ในน้ำ 100%, เอทานอล, อีเทอร์, อะซิโตน
ค่าคงที่ของเฮนรี่	: $3.27 \cdot 10^{-7}$ atm·m ³ /mol ที่ 25 องศาเซลเซียส

2.1.3 ลักษณะสารและการใช้ประโยชน์

สารฟอร์มัลดีไฮด์เป็นก๊าซที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเป็นของเหลวที่มีลักษณะใสไม่มีสี มีกลิ่นแรงฉุน และระคายเคือง ละลายน้ำได้ดี สารฟอร์มัลดีไฮด์บริสุทธิ์นั้นไม่เสถียร ว่องไวในปฏิกิริยาเคมีและเกิด polymerization ง่ายมาก ทำให้ที่มีขายต้องทำในรูปสารละลายน้ำเข้มข้น 37-50 % ซึ่งเรียกกันว่าฟอร์มาลิน (formalin) สารฟอร์มัลดีไฮด์ยังอาจมีสภาพทางเคมีในอีก 2 รูปแบบก็ได้คือเป็น cyclic trimer (3 โมเลกุลจับกันเป็นวง) เรียกว่า trioxymethylene และเป็น homopolymer (โมเลกุลจับต่อกันเอง) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำนั้นเรียกว่า paraformaldehyde (กรรณิการ์ ฉัตรสันติประภา. 2546.)

ฟอร์มัลดีไฮด์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในหลาย ๆ ด้านดังนี้

1.) ด้านอุตสาหกรรม

- การผลิตเรซินและพลาสติก เช่น urea – formaldehyde, melamine – formaldehyde, phenol – formaldehyde และอื่นๆ

- การสังเคราะห์ urotropine , propagul alcohol ยา และวัตถุระเบิด สีต่างๆ เช่น สีคราม สีแดง สีอะครีลิก

- การย้อมเพื่อปรับปรุงให้สีและสีย้อมติดแน่นขึ้น

- การฟอกสีและการพิมพ์ เช่น การเตรียม rongalite , Heraldite

- อุตสาหกรรมกระดาษ เพื่อให้กระดาษลื่นและกันน้ำได้

- การผสมโลหะ เพื่อระงับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

- อุตสาหกรรมสิ่งทอ เพื่อผลิตผงที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงลักษณะน้ำหนักและความ

แข็งแรงของไหมสังเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การถ่ายภาพ ทำให้เก็บรักษาได้นาน

2.) ด้านการเกษตร

- ใช้สำหรับการทำลายและป้องกันจุลินทรีย์และต้นไม้ที่เป็นโรค
- ป้องกันผลิตผลเกษตรจากการเสียหายระหว่างการขนส่ง และการเก็บรักษา
- ใช้ฆ่าเชื้อโรคในดิน
- ใช้ทำความสะอาดสถานที่เก็บอุปกรณ์ เช่น ลังไม้
- เป็นส่วนผสมของสารละลายที่ใช้เคลือบผัก ผลไม้จำพวกส้มระหว่างการเก็บเกี่ยวเพื่อ

ชะลอการเน่าเสีย

- ใช้เป็นปุ๋ย

3.) ด้านการแพทย์

- ใช้ในการเก็บรักษา anatomical specimens , ดองศพ
- ใช้ทำความสะอาดห้องผู้ป่วย เครื่องมือเครื่องใช้ในการเตรียมและสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์ยา

วัคซีน

4.) เครื่องสำอาง

- ใช้ในเครื่องสำอางเพื่อไม่ให้เหงื่อออกมาก
- ใช้ในยาสีฟัน ยาบ้วนปาก สบู่ ครีม โกนหนวด เพื่อฆ่าเชื้อ
- ใช้ในน้ำยาคัดกลิ่นตัว และอื่นๆ

2.1.4 การเกิดเมตาบอลิซึม (Metabolism)

สารฟอร์มัลดีไฮด์จะถูกเมตาบอลิซึม (metabolized) ในร่างกาย โดยในคนพบว่าบางส่วนของฟอร์มัลดีไฮด์จะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดฟอร์มิก (formic acid) และระดับฟอร์มิกที่ขับถ่ายออกมาในปัสสาวะสามารถใช้ดูการรับสัมผัสสารฟอร์มัลดีไฮด์ของแต่ละคนได้

2.1.5 การเกิดพิษ (Toxicity)

สารฟอร์มัลดีไฮด์เคยเป็นที่รู้จักกันว่าทำให้เกิดพิษในคนที่สวมเสื้อผ้าอัดกลีบ (permanent press) เพราะมีสารเรซินชนิด melamine-formaldehyde resins ในน้ำยาอัดกลีบซึ่งมีฤทธิ์ระคายเคือง การที่สารฟอร์มัลดีไฮด์มีฤทธิ์ระคายเคืองจึงทำให้มีโอกาสเกิดพิษต่อระบบของร่างกาย (systemic effects) หรือพิษต่ออวัยวะได้อย่างรุนแรงต่อผู้ที่ได้รับสัมผัสสารได้น้อย อย่างไรก็ตามในสัตว์ทดลองพบว่าถ้าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้รับสัมผัสมากเกินไปแล้วก็จะทำอันตรายต่อทางเดินหายใจได้ อาการที่พบเมื่อได้รับสารละลายนี้คือ ถ้าเราบริโภคสารนี้โดยตรงจะเกิดอาการเป็นพิษเฉียบพลัน ปวดท้อง อาเจียน อุจจาระร่วง หมดสติ และอาจถึงแก่ชีวิตในที่สุด ระดับความพิษของฟอร์มาลดีไฮด์ตามระดับความเข้มข้นแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ระดับความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีผลต่อสุขภาพ

ระดับความเข้มข้นที่สัมผัส (พีพีเอ็ม)	รายงานแสดงผลเสียต่อสุขภาพ
น้อยกว่า 0.05-1.5	50-70 เปอร์เซ็นต์ ของผู้สัมผัสไม่มีอาการ
0.05-1	เป็นระดับที่สัมผัสรับรู้กลิ่นได้
0.05-2	ระคายเคืองตา
0.01-25	ระคายเคืองจมูกและคอ
5.0-30	ระคายระบบหายใจส่วนล่างและหลอดลม
50-100	หลอดลมบวม อักเสบ ติดเชื้อ
มากกว่า 100	ทำให้ตาย

(ที่มา : กรรณิการ์ ฉัตรสันติประภา., 2546)

2.1.6 ผลของฟอร์มาลดีไฮด์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2541 ข)

1.) ผลต่อมนุษย์

ในปี 1987 ได้ประเมินความเสี่ยงของคนที่จะเป็นโรคมะเร็งตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1981 จนถึง ค.ศ. 1987 สรุปว่าหลักฐานส่วนหนึ่งที่จะบอกว่าฟอร์มาลดีไฮด์ทำให้เกิดมะเร็งกับมนุษย์และมีหลักฐานที่เพียงพอบอกว่าฟอร์มาลดีไฮด์ทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์ และได้จัดฟอร์มาลดีไฮด์ให้อยู่ในกลุ่ม 2 A คือเป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ได้

2.) ผลต่อสิ่งแวดล้อม

การที่ฟอร์มาลดีไฮด์ปนเปื้อนในน้ำเสียจะเกิดขึ้นกับน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำเมื่อดินใน hydraulic structure เกิดการเสถียรกับสารที่มีฟีนอลแอลกอฮอล์และฟีนอลเป็นองค์ประกอบ ซึ่งฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารที่ค่อนข้างคงสภาพในสิ่งแวดล้อม ที่ความเข้มข้น 5 มก./ล.ที่ 20 °C จะคงสภาพเป็นเวลา 5 วัน ฟอร์มาลดีไฮด์อาจเกิดการออกซิเดชันได้เมื่อน้ำมีออกซิเจนละลาย และพบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำหากมีความเข้มข้นเกินกว่า 500 มก./ล. ขบวนการใช้ออกซิเจนทางชีวภาพจะถูกยับยั้งอย่างสมบูรณ์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2541 ข)

3.) ผลต่อจุลินทรีย์

ฟอร์มาลดีไฮด์มีผลเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ในส่วนของแบคทีเรียเซลล์ เช่น สปอร์ , ผนังเซลล์ , ส่วนที่เป็นกลุ่มอะมิโนรวมทั้งสารพันธุกรรม ได้แก่ DNA และ RNA (Lu and Hegemann ,1997)

ฟอร์มาลดีไฮด์มีผลต่อแบคทีเรียอย่างรุนแรงพบว่าดินที่บริเวณแหล่งอุตสาหกรรมซึ่งปนเปื้อนฟอร์มาลดีไฮด์มีปริมาณแบคทีเรียน้อยกว่าบริเวณอื่นกล่าวคือ ดินบริเวณแหล่งอุตสาหกรรมพบแบคทีเรีย 28,000 ถึง 40,000 ตัวต่อกรัม ในขณะที่ดินที่ไม่ได้รับการปนเปื้อนพบแบคทีเรีย 900,000 ตัวต่อกรัม ฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำไฮโดรอกไซด์ความเข้มข้นเกินกว่า 0.001 มก./ล. จะยับยั้งการเจริญเติบโตและระบบการหายใจของไมโครฟลอรา (microflora) (กรมควบคุมมลพิษ, 2541 ข)

2.2 ทฤษฎีการดูดซับ

2.2.1 หลักการ

การดูดซับเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญของกระบวนการทางกายภาพ ชีวภาพและเคมี การดูดซับถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการบำบัดน้ำเสีย การดูดซับเป็นความสามารถของสารในการดึงโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่อยู่ในของเหลวหรือก๊าซให้มาเกาะจับและติดที่ผิวของมัน ซึ่งปรากฏการณ์เคลื่อนย้ายสารจากของเหลวหรือก๊าซมายังผิวของแข็งเป็นส่วนที่สำคัญของกระบวนการนี้ โดยโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่เคลื่อนย้ายมาเรียกว่าตัวถูกดูดซับส่วนของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับของตัวถูกดูดซับ เรียกว่า ตัวดูดซับ การดูดซับจะมีความสามารถในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยอาศัยกลไกทางกายภาพเคมี สารที่สามารถใช้กระบวนการดูดซับในการกำจัดได้มีหลายชนิดคือ สี กลิ่น บีโอดี ซีโอดี ยาฆ่าแมลง เป็นต้น การดูดซับเป็นกระบวนการที่ง่ายต่อการควบคุม มีประสิทธิภาพที่ดีและระบบมีความทนทานต่อสารพิษ ซึ่งมีผลอย่างมากต่อระบบชีวภาพ นอกจากนี้ยังมีข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับระบบชีวภาพ คือต้องการพื้นที่น้อยและไม่มีการปนเปื้อนน้ำทิ้ง

การดูดซับแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ การดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมี การดูดซับทั้งสองนี้เกิดเมื่อโมเลกุลในวัฏภาคก๊าซหรือของเหลวเข้าใกล้กันและยึดติดกับผิวของของแข็ง ซึ่งเป็นผลมาจากแรงดึงดูดที่ผิวของแข็งซึ่งเป็นตัวดูดที่สามารถเอาชนะพลังงานจลน์ของโมเลกุลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดซับทางกายภาพเกิดจากความแตกต่างของพลังงานหรือแรงดึงดูดทางไฟฟ้าอย่างอ่อน ๆ หรือเรียกว่า แรงวันเดอร์วาลส์ โมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับจะถูกยึดติดแบบกายภาพกับ โมเลกุลของสารดูดซับ สารดูดซับเป็นแบบหลายชั้นซึ่งแต่ละชั้นของ โมเลกุลจะติดอยู่บนชั้น โมเลกุลก่อนหน้านี้ โดยจำนวนของชั้นเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นที่สูงขึ้นของตัวถูกละลาย การดูดซับทางกายภาพแบบทั่วไปจะเกิดที่อุณหภูมิต่ำซึ่งการดูดซับมีพลังงานต่ำ การย้อนกลับของกระบวนการดูดซับทางกายภาพขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของแรงดูดซับระหว่างสารดูดซับและตัวถูกละลาย แต่ถ้าแรงมีค่าน้อยการหลุดออกของสารถูกดูดซับสามารถเกิดขึ้นได้

การดูดซับทางเคมีเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างสารถูกดูดซับและสารดูดซับ เกิดเป็นสารประกอบทางเคมี ซึ่งแตกต่างจากการดูดซับทางกายภาพ กระบวนการนี้มีความหนาของโมเลกุลเพียงชั้นเดียว และไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาผันกลับเองได้ ส่วนการดูดซับทางกายภาพสามารถที่จะเกิดการผันกลับได้ เนื่องจากการจับตัวทางเคมีสร้างสารประกอบใหม่ที่ผิวของสารดูดซับ การดูดซับทางเคมีจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีจะกระทำอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงมากกว่า

ความแข็งแรงของแรงดึงดูดสามารถวัดได้จากผลต่างของความร้อนที่เกิดขึ้นจากการดูดซับ โดยการดูดซับทางกายภาพจะให้พลังงานต่ำโดยทั่วไปประมาณ 2-10 กิโลแคลอรีต่อโมล ส่วนการดูดซับทางเคมีจะให้พลังงานสูง โดยจะให้พลังงานประมาณ 15-50 กิโลแคลอรีต่อโมล

ความแตกต่างของการดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมีคือ

- 1.) การดูดซับทางกายภาพไม่เกี่ยวข้องกับการและเปลี่ยนหรือใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน
- 2.) การดูดซับทางกายภาพจะไม่เกี่ยวกับบริเวณที่เกิดปฏิกิริยา บริเวณที่ถูกดูดซับสามารถเข้าไปเกาะยังพื้นที่ผิวส่วนใดก็ได้ แต่การดูดซับทางเคมีจะเลือกเฉพาะบริเวณที่สามารถเกิดพันธะเคมีได้เท่านั้น
- 3.) ค่าความร้อนของการดูดซับทางกายภาพจะมีค่าต่ำ มีค่าเท่ากับความร้อนของการกลายเป็นของเหลว เมื่อเปรียบเทียบกับ การดูดซับทางเคมี ซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น แต่ค่าความร้อนของการดูดซับก็ไม่ใช่ว่าสำคัญในการพิจารณา
- 4.) การดูดซับทางกายภาพจะเกี่ยวข้องกับการเกิดของชั้นหลายโมเลกุล ส่วนการดูดซับทางเคมีจะเกิดขึ้นสมบูรณ์เมื่อมีการเกิดชั้นที่ 1 แล้วซึ่งบางครั้ง การดูดซับทางกายภาพจะเกิดขึ้นที่ผิวชั้นบนของการดูดซับทางเคมีก็ได้
- 5.) การดูดซับทางกายภาพจะเกิดขึ้นอย่างทันที(เป็นการแพร่เข้าไปในรูพรุนของสารดูดซับซึ่งต้องใช้เวลาพอสมควร) ส่วนการดูดซับทางเคมีจะเกิดขึ้นอย่างทันทีเช่นกันจะต้องอาศัยพลังงานกระตุ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 กลไกการดูดซับ

แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้(รูปที่ 2.1)

1.) การแพร่ภายนอก เป็นกลไกที่โมเลกุลของตัวถูกละลายเข้าถึง สารดูดซับซึ่งพื้นที่ผิวของสารดูดซับมีของเหลวห่อหุ้ม โดยโมเลกุลแทรกตัวผ่านชั้นของเหลวเข้าถึงผิวหน้าสารดูดซับ

2.) การแพร่ภายใน เป็นกลไกซึ่งโมเลกุลของตัวถูกละลายแทรกตัวเข้าถึงช่องว่างของสารดูดซับเพื่อให้เกิดการดูดซับ

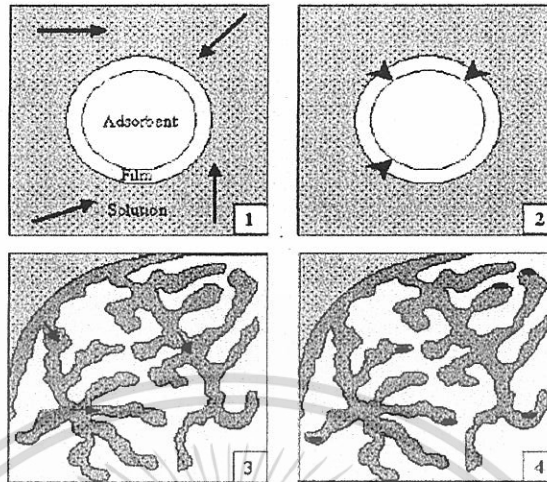
3.) ปฏิกิริยาพื้นผิว เป็นกลไกซึ่งโมเลกุลของตัวถูกละลายดูดที่ผิวของสารดูดซับซึ่งเป็นกระบวนการที่รวดเร็วมาก เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแพร่ ดังนั้นความต้านทานจากกระบวนการนี้จึงละเลยได้

อัตราการดูดซับมีความสำคัญอย่างยิ่ง อัตราการดูดซับที่รวดเร็วจะทำให้ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลได้เร็วขึ้น อัตราการดูดซับจะถูกควบคุมโดยขั้นตอนที่มีความต้านทานมากที่สุดในการเคลื่อนที่ย้ายโมเลกุล ซึ่งขั้นตอนที่ช้าที่สุดจะเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราการดูดซับ ขั้นตอนในการดูดซับของสารละลายมี 3 ขั้นตอนคือ

1. การขนส่งทั้งก้อน เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นเร็วที่สุด โมเลกุลของตัวถูกละลายจะถูกส่งไปที่ผิวหน้าของชั้นของเหลวบาง ๆ ที่ห่อหุ้มด้วยสารดูดซับ

2. การขนส่งชั้นฟิล์ม เป็นขั้นตอนที่โมเลกุลที่ผิวหน้าของชั้นของเหลวบาง ๆ แทรกตัวเข้าสู่ผิวหน้าของสารดูดซับ การขนส่งชั้นฟิล์มเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการแพร่ผ่านฟิล์มจัดเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราการดูดซับขั้นตอนนี้

3. การขนส่งภายในอนุภาค เป็นการแพร่ของโมเลกุลตัวถูกละลายเข้าสู่โพรงหรือรูพรุนของสารดูดซับและทำให้เกิดการดูดซับขึ้นภายใน ขั้นตอนนี้จัดเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราการดูดซับเช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงขั้นตอนการดูดซับ

2.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ

การดูดซับอาจเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) ขนาดและพื้นที่ผิวของสารดูดซับ

ความสามารถในการดูดซับ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับพื้นที่ผิวจำเพาะและอัตราการดูดซับ เป็นสัดส่วนผกผันกับขนาดของตัวดูดซับ และพื้นที่ผิวของสารดูดซับมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการดูดซับ (adsorption capacity) อัตราการดูดซับเป็นอัตราส่วนผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางของสารดูดซับ เมื่อสารดูดซับนั้นไม่มีรูพรุน สำหรับสารดูดซับที่มีรูพรุนอัตราการเคลื่อนเข้าสู่ผิวภายในรูพรุนถูกควบคุมโดยความต้านทานภายนอกที่เรียกว่า การขนผ่านส่งชั้นฟิล์ม (Film Transport) ดังนั้นอัตราการดูดซับจะเป็นอัตราส่วนกับเส้นผ่านศูนย์กลางของสารดูดซับ ในทางกลับกันถ้าการเคลื่อนที่ภายในอนุภาคเป็นตัวควบคุมการดูดซับ การดูดซับจะเป็นอัตราส่วนผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวดูดซับ

2) ลักษณะของสารดูดซับ (Nature of Adsorbent)

สิ่งสำคัญในการดูดซับตัวถูกละลายอย่างหนึ่งคือ ความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกละลาย การดูดซับจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกละลายมีค่าลดลง เนื่องจากการดูดซับ ตัวถูกละลายจะต้องถูกแยกออกจากตัวทำละลาย นอกจากนี้ขนาดของโมเลกุลของตัวถูกละลายยังมีผลต่ออัตราการดูดซับอีกด้วย เนื่องจากอัตราการเคลื่อนที่ภายในโพรง เป็นอัตราที่ควบคุมกลไกการดูดซับขนาดของ โมเลกุลตัวถูกละลายจะแปรผกผันกับอัตราการดูดซับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ความปั่นป่วน (Mixing Speed)

อัตราเร็วในการดูดซับขึ้นอยู่กับกระบวนการขนส่งโมเลกุลของระบบ ซึ่งจัดว่าเป็นขั้นตอนที่จำกัด อัตราเร็วของการดูดซับ ขั้นตอนนี้ประกอบด้วย การแพร่ผ่านฟิล์ม (film diffusion) และการแพร่เข้าสู่โพรง (pore diffusion) ซึ่งขึ้นกับความปั่นป่วนของระบบ ถ้าน้ำมีความปั่นป่วนต่ำฟิล์มน้ำซึ่งล้อมรอบสารดูดซับจะมีความหนามาก และเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเข้าไปหาสารดูดซับ ทำให้การแพร่ผ่านฟิล์ม เป็นตัวกำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ ในทางตรงกันข้ามถ้าน้ำมีความปั่นป่วนสูง ทำให้ความหนาแน่นของชั้นฟิล์มลดลงทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าหาตัวดูดซับเร็ว ดังนั้นการแพร่เข้าสู่โพรงจะเป็นปัจจัยกำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ

4) เวลาสัมผัส (Contact Time)

เวลาสัมผัสเป็นตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดซับ ในการบำบัดน้ำเสีย ระยะเวลาสัมผัสที่ใช้จะต้องเหมาะสมที่จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดที่ดีที่สุด ทั้งนี้ก็จะขึ้นกับชนิดของตัวดูดซับและสารถูกดูดซับ ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมต้องทำการศึกษาในระดับปฏิบัติการก่อนนำไปใช้งานจริง

5) ค่าพีเอช (pH)

ค่าพีเอชของสารละลายเป็นปัจจัยสำคัญของการดูดซับ เนื่องจากไฮโดรเจนไอออนและไฮดรอกซิลไอออนสามารถดูดติดผิวได้อย่างแข็งแรง ค่าพีเอชมีอิทธิพลต่อการแตกตัวของไอออนและการละลายของสารต่างๆ ดังนั้นจึงมีผลกระทบต่อ การดูดซับ

2.2.4 สมดุลของการดูดซับและไอโซเทอร์มของการดูดซับ

การดูดซับ คือ สภาพที่ตัวถูกละลาย (ตัวถูกดูดซับ) เคลื่อนที่ออกจากสารละลายเข้าสู่ผิวหน้าของของแข็ง (ตัวดูดซับ) และเพิ่มความเข้มข้นที่ผิวหน้าของของแข็งจนคงที่ ในเวลานั้นจะเป็นภาวะสมดุลพลศาสตร์ระหว่างความเข้มข้นของตัวถูกละลายในสารละลายกับความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่ผิวหน้าของของแข็ง โดยกำหนดให้การดูดซับตัวถูกดูดซับเป็นร้อยละของน้ำหนัก เรีือน้ำหนักหรือปริมาตรของตัวถูกดูดซับที่ถูกดูดซับไว้บนตัวถูกดูดซับ 1 หน่วยน้ำหนักที่ 0 องศาเซลเซียส ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งอาจแสดงได้ด้วยกราฟระหว่างความเข้มข้นหรือปริมาณหรือปริมาตรของตัวถูกดูดซับที่ถูกดูดซับเทียบกับความดันย่อย หรือความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับนั้น ในวัฏภาคของก๊าซที่อุณหภูมิคงที่ ซึ่งเรียกว่า ไอโซเทอร์มของการดูดซับ โดยทั่วไปจำนวนของตัวถูกดูดซับต่อหน่วยน้ำหนักของตัวดูดซับจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับเพิ่มขึ้น แต่อาจไม่แปรผันเป็นเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่นิยมใช้อธิบายไอโซเทอร์มการดูดซับ ได้แก่

1.) Langmuir Isotherm ใช้สำหรับการดูดซับแบบชั้นเดียว ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้

- โมเลกุลของตัวถูกดูดซับจะถูกดูดซับที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนพื้นผิวของตัวถูกดูดซับ
- ตำแหน่งแต่ละตำแหน่งสามารถดูดซับโมเลกุลได้เพียง 1 โมเลกุลเท่านั้น
- การดูดซับโมเลกุลของตัวถูกดูดซับบนตัวดูดซับจะเกิดเป็นชั้นเดียว
- พลังงานการดูดซับที่ทุก ๆ ตำแหน่งบนตัวดูดซับจะมีค่าเท่ากัน

นอกจากนี้โมเลกุลที่ถูกดูดซับไม่สามารถเคลื่อนย้ายไปมาได้อย่างอิสระระหว่างพื้นที่ผิวโดยสมการIsotherm ของ Langmuir แสดงดังนี้

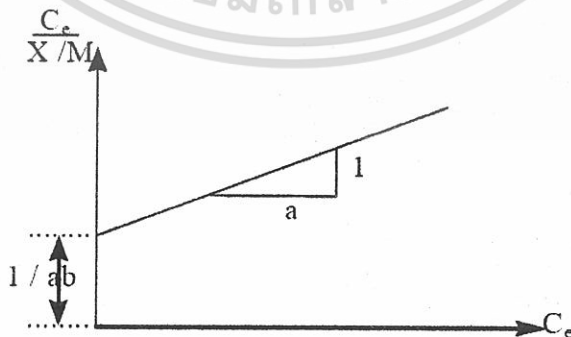
$$\frac{X}{M} = \frac{abC_e}{(1 + bC_e)} \quad \text{-----} \quad (2.1)$$

และสามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปสมการเชิงเส้นได้ดังนี้

$$\frac{C_e}{(X/M)} = \frac{1}{ab} + \frac{C_e}{a} \quad \text{-----} \quad (2.2)$$

- เมื่อ
- C_e = ความเข้มข้นสมดุลของตัวถูกดูดซับ (mg/l)
 - X/M = ปริมาณของสารที่ถูกดูดซับต่อปริมาณตัวดูดซับที่ใช้ (mg/g)
 - a = ค่าคงที่ถึงแสดงความสามารถในการดูดซับสูงสุดของตัวดูดซับ (mg/g)
 - b = ค่าพลังงานของการดูดซับ

โดยรูปที่ 2.2 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นของ Langmuir Isotherm



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $C_e/(X/M)$ และ C_e

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ ค่า a และค่า b เป็นค่าคงที่ ซึ่งค่า a เป็นค่าคงที่ที่แสดงความสามารถในการดูดซับสูงสุดที่ลักษณะเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว (Monolayer) ส่วนค่า b เป็นค่าพลังงานของการดูดซับ โดยค่า b จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อค่าความแข็งแรงของพันธะในการดูดซับสูงขึ้น

อย่างไรก็ตามสมการไอโซเทอร์มของ Langmuir ไม่สามารถอธิบายข้อมูลของการดูดซับส่วนใหญ่ได้ดีและแม่นยำเท่ากับสมการของ Freundlich และค่า a และ b ที่ได้จากการทดลองมีค่าไม่คงที่ในช่วงของความเข้มข้นต่าง ๆ ซึ่งเป็นผลอันเนื่องมาจากธรรมชาติของตัวดูดซับที่มีลักษณะไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งพื้นผิวและการเกิดการกระทำซึ่งกันและกันระหว่าง โมเลกุลที่ถูกดูดซับ

2.) Freundlich Isotherm

การดูดซับแบบ Freundlich Isotherm เป็นการดูดซับที่ตัวดูดซับเรียงซ้อนกันด้วยพันธะอ่อน สมการของ Freundlich เป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวางเป็นผลเนื่องจากสาเหตุที่สามารถอธิบายข้อมูลของกระบวนการดูดซับส่วนใหญ่ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ โดยสมการ Freundlich สามารถเขียนในรูปสมการดังนี้

$$q_e = \frac{X}{M} = KC_e^{1/n} \quad (2.3)$$

เมื่อ

q_e = ปริมาณของสารที่ถูกดูดซับต่อปริมาณตัวดูดซับที่ใช้ (mg/g)

X = ปริมาณของสารที่ดูดซับ (mg)

M = ปริมาณของตัวดูดซับที่ใช้ (g)

C_e = ความเข้มข้นสมดุลของตัวถูกดูดซับ (mg/l)

K = ค่าคงที่ที่ถึงแสดงความสามารถเริ่มต้นในการดูดซับ (mg/g)

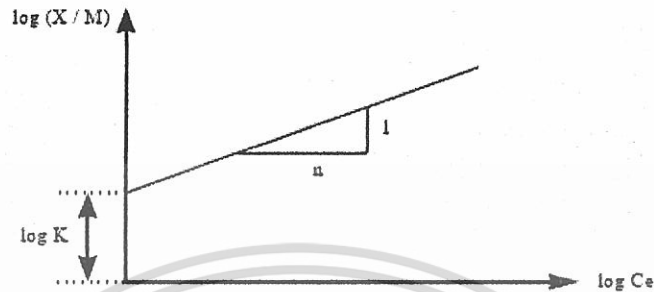
$1/n$ = ค่าคงที่ที่แสดงถึงการขึ้นตรงกับความสัมพันธ์ของสารละลาย (Concentration Dependence)

และสามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปสมการเชิงเส้นได้ดังนี้

$$\log \frac{X}{M} = \log K + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ Freundlich (สมการที่ 2.4) จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\log X/M$ และ $\log C_e$ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\log (X/M)$ กับ $\log C_e$

ดังนั้นจะสามารถหาค่า K และ $1/n$ ได้โดยที่

$1/n$ = ความชันกราฟ

K = ค่า X/M ที่ $C = 1 \text{ mg/l}$

ค่า K ในสมการ Freundlich จะแสดงให้เห็นถึงค่าความสามารถเริ่มต้นของการดูดติดของตัวถูกดูดซับบนผิวของ ตัวดูดซับ ส่วนค่า $1/n$ เป็นค่าที่แสดงถึงความแข็งแรงของการดูดติดผิว โดยในกรณีที่ค่า K สูงมาก ๆ จะแสดงถึงค่าความสามารถในการดูดติดผิวที่สูง (X/M มีค่าที่สูง) ส่วนในกรณีที่กำหนดให้ค่า K และ C_e มีค่าคงที่เมื่อค่าของ $1/n$ มีค่าต่ำมาก ๆ จะแสดงให้เห็นว่าสภาพการดูดติดของ ตัวถูกดูดซับ จะมีแนวโน้มที่จะไม่ขึ้นอยู่กับค่าของ C_e ทำให้กราฟของสมการ Isotherm มีความชันที่ต่ำจนเริ่มที่จะขนานกับแนวแกน ที่สภาวะเช่นนี้แสดงให้เห็นว่าการดูดติดผิวของ ตัวถูกดูดซับ บนผิวของ ตัวดูดซับ เป็นปฏิกิริยาแบบผันกลับไม่ได้ ส่วนในกรณีที่ค่า $1/n$ มีค่าสูงมาก ๆ แสดงถึงความไม่แข็งแรงของพันธะในการดูดติด ดังนั้นค่า X/M จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเมื่อมีการเพิ่มหรือลดลงของ C_e

2.3 แอ็คติเวตเต็ดคาร์บอน (ถ่านกัมมันต์)

แอ็คติเวตเต็ดคาร์บอน หรือถ่านกัมมันต์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอาวัตถุดิบธรรมชาติที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักมาผ่านกรรมวิธีกักกัมมันต์ จนได้เป็นผลิตภัณฑ์สีดำมี โครงสร้างเป็นรูพรุน มีสมบัติในการดูดซับสารต่าง ๆ ได้ดี วัตถุดิบสำคัญในการผลิตแอ็คติเวตเต็ดคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบไม่ว่าจะได้จากสัตว์ ฟืช และแร่ธาตุ เช่น เลือด กระดูก กระดองหอย งาช้าง โปด ชานอ้อย แกลบ เป็นต้น (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์.2538 ข)

2.3.1 ชนิดของแอ็คติเวเต็ดคาร์บอน

ก. แอ็คติเวเต็ดคาร์บอนแบบผง (Power activated carbon , PAC)

แอ็คติเวเต็ดคาร์บอนแบบผงมักจะได้จากวัตถุดิบจำพวก เศษไม้ เศษถ่าน หรือขี้เลื่อยผสมกับ สารละลายซิงค์คลอไรด์ มีขนาดประมาณ 10-50 ไมครอนหรือน้อยกว่า ดังรูปที่ 2.4 ลักษณะเช่นนี้ ทำให้มีลักษณะคล้ายกับสารเคมีอื่น ๆ ที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา แอ็คติเวเต็ดคาร์บอนแบบผงนิยมใช้ในการตกตะกอนหรือการกรองน้ำ หรืออาจใช้เป็น Precoat ของเครื่องกรองแบบแท่งที่เรียกว่า Candle filter ที่ใช้ในการผลิตน้ำที่ต้องการความบริสุทธิ์สูงมากสำหรับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หรืออุตสาหกรรมอื่น ๆ



รูปที่ 2.4 ลักษณะของแอ็คติเวเต็ดคาร์บอนแบบผง

ข้อดีของแอ็คติเวเต็ดคาร์บอนแบบผง

1. มีราคาถูกกว่าแอ็คติเวเต็ดคาร์บอนชนิดเม็ดประมาณ 2-3 เท่า
2. การเพิ่มหรือลดปริมาณแอ็คติเวเต็ดคาร์บอนสามารถทำได้ทันทีและสะดวกทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับความแปรปรวนของคุณภาพน้ำดิบ
3. การดูดซับเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว เพราะโมเลกุลหรือคอลลอยด์สามารถสัมผัสกับผิวแอ็คติเวเต็ดคาร์บอนได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ไม่ต้องมีการลงทุนเบื้องต้นเป็นจำนวนมาก ๆ ทั้งนี้เพราะการใช้คาร์บอนผงเหมือนกับการใช้สารเคมีอื่น ๆ สิ่งที่ต้องการเพียงอย่างเดียวคือ เครื่องป้อนคาร์บอนผง

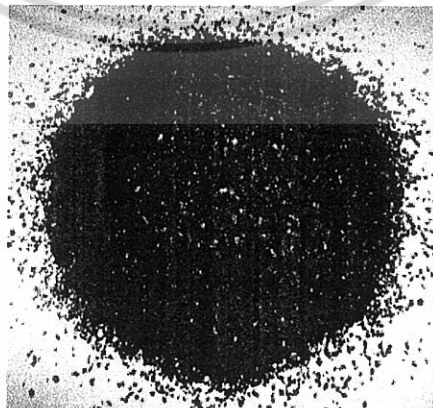
ข้อเสียของแอ็คติเวเต็ดคาร์บอนแบบผง

1. การปรับปรุงสภาพ แอ็คติเวเต็ดคาร์บอนที่เสื่อมสภาพแล้วมักไม่คุ้มค่างั้นการใช้แอ็คติเวเต็ดคาร์บอนแบบผงจึงเป็นการใช้แล้วทิ้ง
2. แม้ว่าแอ็คติเวเต็ดคาร์บอนแบบผงสามารถกำจัดให้เกิดการปนเปื้อนเล็กน้อยได้แต่ถ้าต้องการกำจัดให้หมดต้องใช้ปริมาณมากซึ่งไม่คุ้มค่า ในการใช้แอ็คติเวเต็ดคาร์บอนชนิดผงในการกรองน้ำที่ต้องการความบริสุทธิ์โดยปกติไม่ควรใช้เกิดกว่า 25-50 มิลลิกรัม/ลิตร

ข. แอ็คติเวเต็ดคาร์บอนชนิดเม็ด (Granular activated carbon , GAC)

แอ็คติเวเต็ดคาร์บอนชนิดเม็ด จะผลิตจากวัตถุดิบจำพวกถ่าน ไม้ กะลามะพร้าว เมล็ดผลไม้ เป็นต้น ลักษณะเม็ดที่ได้อาจจะได้จากการบดวัสดุขนาดใหญ่ หรืออาจอัดเศษแอ็คติเวเต็ดคาร์บอนผ่านแม่แบบออกมาเป็นแท่งแล้วตัดเป็นท่อนทรงกระบอกเท่า ๆ กัน แอ็คติเวเต็ดคาร์บอนชนิดเม็ดมีขนาดใกล้เคียงกันกับขนาดของเม็ดทรายกรองน้ำ แข็งแต่เปราะ และเบากว่าทราย ดังรูปที่ 2.5

แอ็คติเวเต็ดคาร์บอนชนิดเม็ดที่ใช้และเสื่อมสภาพแล้วสามารถนำไปปรับปรุงสภาพและนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นข้อดีของแอ็คติเวเต็ดคาร์บอนชนิดเม็ด แต่อย่างไรก็ตามการปรับปรุงสภาพทุกครั้งต้องมีการสูญเสียคาร์บอนไป ทั้งนี้เพราะการปรับปรุงสภาพต้องทำที่อุณหภูมิสูงมาก ทำให้คาร์บอนบางส่วนปนเป็นผงละเอียดจนใช้ไม่ได้



รูปที่ 2.5 ลักษณะของแอ็คติเวเต็ดคาร์บอนแบบเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ประโยชน์ของแอคติเว็คเต็คคาร์บอน

แม้ว่าโมเลกุลส่วนใหญ่ของสารอินทรีย์เกาะติดผิวคาร์บอนได้เป็นอย่างดี แต่ แอคติเว็คเต็คคาร์บอนไม่สามารถดูดซับคอลลอยด์หรือ โมเลกุลบางชนิดให้มาติดที่ผิวได้ เช่น โมเลกุลขนาดเล็ก (โมเลกุลที่มีคาร์บอนน้อยกว่า 3 อะตอม) และ โมเลกุลแบบโพลาร์ ตัวอย่าง โมเลกุลของคาร์บอนที่ไม่จับได้แก่ แอลกอฮอล์ธรรมดา กรดอินทรีย์ โมเลกุลเล็ก และ น้ำตาล แต่ โมเลกุลที่คาร์บอนจับไม่ได้มักเป็น โมเลกุลที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่าย

แอคติเว็คเต็คคาร์บอนมีประโยชน์ดังนี้

- ก. การทำให้น้ำบริสุทธิ์ ใช้แอคติเว็คเต็คคาร์บอนดูดซับคลอรีนและสารอื่น ๆ ที่ติดมากับน้ำประปาหรือน้ำบาดาล
- ข. ในอุตสาหกรรมผลิตไขมันและน้ำมัน จะใช้ในการกำจัดสิ่งปลอมปนและใช้ร่วมกับดินในการช่วยฟอกขาวให้ได้สีของน้ำมันตามที่ต้องการและมีรสดีขึ้น
- ค. ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล ใช้ในการฟอกสีน้ำตาล
- ง. ใช้เป็นตัวกรองในหน้ากากกันก๊าซพิษ และ ไอพิษต่าง ๆ
- จ. ใช้ดูดควันหรือกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในห้องปรับอากาศหรือตู้เย็น

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Tanada และคณะ (1999) ทำการศึกษาการดูดซับฟอร์มัลดีไฮด์โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่มีหมู่อะมิโนเป็นองค์ประกอบพบว่าโดยแบ่งถ่านกัมมันต์เป็น 3 ประเภท คือ ชนิดแรกถ่านกัมมันต์ธรรมดาที่ได้จากวัตถุดิบจำพวกเปลือกผลไม้ ชนิดที่สองเป็นถ่านชนิดเดียวกันแต่มีการกระตุ้นด้วยกรดไนตริกและกรดซัลฟูริกที่อัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 24 ชั่วโมงหลังจากนั้นเติมผงเหล็กและทำการรีฟลักซ์ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเป็นเวลา 30 นาทีและถ่านชนิดที่สามทำเช่นเดียวกับชนิดที่สองแต่เปลี่ยนระยะเวลาในการรีฟลักซ์เป็น 60 นาที ผลการทดลองพบว่าเมื่อนำถ่านทั้งสามชนิดมาทำการดูดซับฟอร์มัลดีไฮด์ปริมาณการดูดซับของถ่านที่มีการกระตุ้นจะดูดซับได้มากกว่าถ่านที่ไม่ได้รับการกระตุ้นเป็น

Kajitvichyanukul และคณะ (2005) ทำการศึกษาการกำจัดฟอร์มัลดีไฮด์และเมทานอลโดยใช้กระบวนการออกซิเดชันโดยใช้รังสียูวีร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, การใช้เกลือของเหล็กเป็นคะตะลิสต์และการใช้เกลือของเหล็กคู่กับการให้แสงยูวี เป็นตัวออกซิไดซ์ พบว่า เมื่อใช้ตัวออกซิไดซ์ที่เป็นเกลือของเหล็กคู่กับการให้แสงยูวีจะให้มีประสิทธิภาพการกำจัดที่ดีที่สุดเมื่อเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับตัวออกซิไดซ์อื่น จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการให้แสงก็ไม่จำเป็นสำหรับการใช้เกลือของเหล็กในการเป็นตัวออกซิไดซ์เพื่อการลดปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียลงได้

Kolah และ Sharma (1994) ทำการศึกษาการกำจัดฟอร์มาลดีไฮด์ในสารละลาย 2-butyn-1,4 - diol โดยการใช้กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน (anion exchange resin) พบว่าเมื่อทำการทดลองโดยใช้ไบซัลไฟต์เป็นแคทไอออนเรซินจะสามารถลดปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ลงให้น้อยกว่า 20 ppm ได้

มุกดา พัฒนาวาณิชชัยและคณะ (2545) การออกซิไดส์ฟีนอลด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับเฟอร์ริซัลเฟต จากการศึกษาทดลองผลของ H_2O_2 ต่อการออกซิไดส์ฟีนอล พบว่า เมื่อใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นจะสามารถบำบัดฟีนอลได้มากขึ้น และจากการทดลองผลการใช้ $FeSO_4$ ร่วมกับ H_2O_2 ในการออกซิไดส์ฟีนอล จะทำให้สามารถออกซิไดส์ฟีนอลได้เพิ่มขึ้น

กนกวลี คงสง (2548) การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียที่เป็นฟอร์มาลดีไฮด์ด้วยแบคทีเรียสายพันธุ์ *Pseudomonas putida* ในระบบการบำบัดแบบใช้อากาศ ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพที่ทำงานแบบครั้งคราว (Batch) โดยทำการให้อากาศตลอดเวลาเพื่อให้เชื้อแบคทีเรียกระจายตัวในน้ำเสียสังเคราะห์อย่างสมบูรณ์ (Completely mixing) จากการทดสอบพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ด้วยเชื้อตะกอนสลัดจ์ร่วมกับ *Pseudomonas putida* ที่ความเข้มข้นฟอร์มาลดีไฮด์เริ่มต้นเท่ากับ 100 , 200 , 300 และ 400 มก./ล. เท่ากับ 79.11 , 74.28 , 54.89 และ 8.74 % แต่เมื่อบำบัดด้วยเชื้อตะกอนสลัดจ์เพียงอย่างเดียว พบว่าไม่สามารถบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ได้

ภาสกร สว่างวุฒิชัยธรรม และคณะ(2543) ศึกษาการดูดซับตะกั่วและโครเมียมโดยใช้ถ่านกัมมันต์และซีโอไลต์พบว่ามีประสิทธิภาพสูงเมื่อทำการดูดซับ โลหะหนัก 2 ชนิด พบว่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดโลหะหนักจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์การกำจัดโลหะหนักจะลดเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์สามารถกำจัดโครเมียมในน้ำเสียจริงได้ 98.41 เปอร์เซ็นต์ และกำจัดตะกั่วได้ 83.93 เปอร์เซ็นต์ ส่วนซีโอไลต์สามารถกำจัดโครเมียมได้ 1.51 เปอร์เซ็นต์ และกำจัดตะกั่วได้ 25.93 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ดีกว่าซีโอไลต์มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1. อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์

1. บิวเรต
2. ขวดรูปชมพู่ พร้อมจุกยาง
3. ขวดวัดปริมาตร
4. กระจกนํ้ากลั่น
5. หลอดหยด
6. ปิเปต
7. แท่งแก้ว
8. กระจกนาฬิกา
9. บีกเกอร์
10. ถังมือ
11. เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Jenway รุ่น A007346 พร้อมเซลล์ควอตซ์
12. กระจกฟอยล์
13. เครื่องวัดพีเอช ยี่ห้อ Denver Instrument รุ่น 225
14. Hot plate ยี่ห้อ Barnstead รุ่น HP46820-33
15. กระจกกรองแบบละเอียดเบอร์ 42
16. เครื่องวัดสารอินทรีย์คาร์บอน (TOC analyzer)

3.1.2 สารเคมี

1. ฟอर्मัลดีไฮด์ 40 %
2. แอ็คติเวตเต็ดคาร์บอนแบบผง (PAC)
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 N
4. กรดซัลฟูริก 1 N
5. โซเดียมซัลไฟด์
6. ไทโมลฟทาไลน์อินดิเคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. แอมโมเนียมอะซิเตท
8. อะเซททิลอะซีโตน
9. กรดเกลเซียมอะซิติก

3.2. วิธีการทดลอง

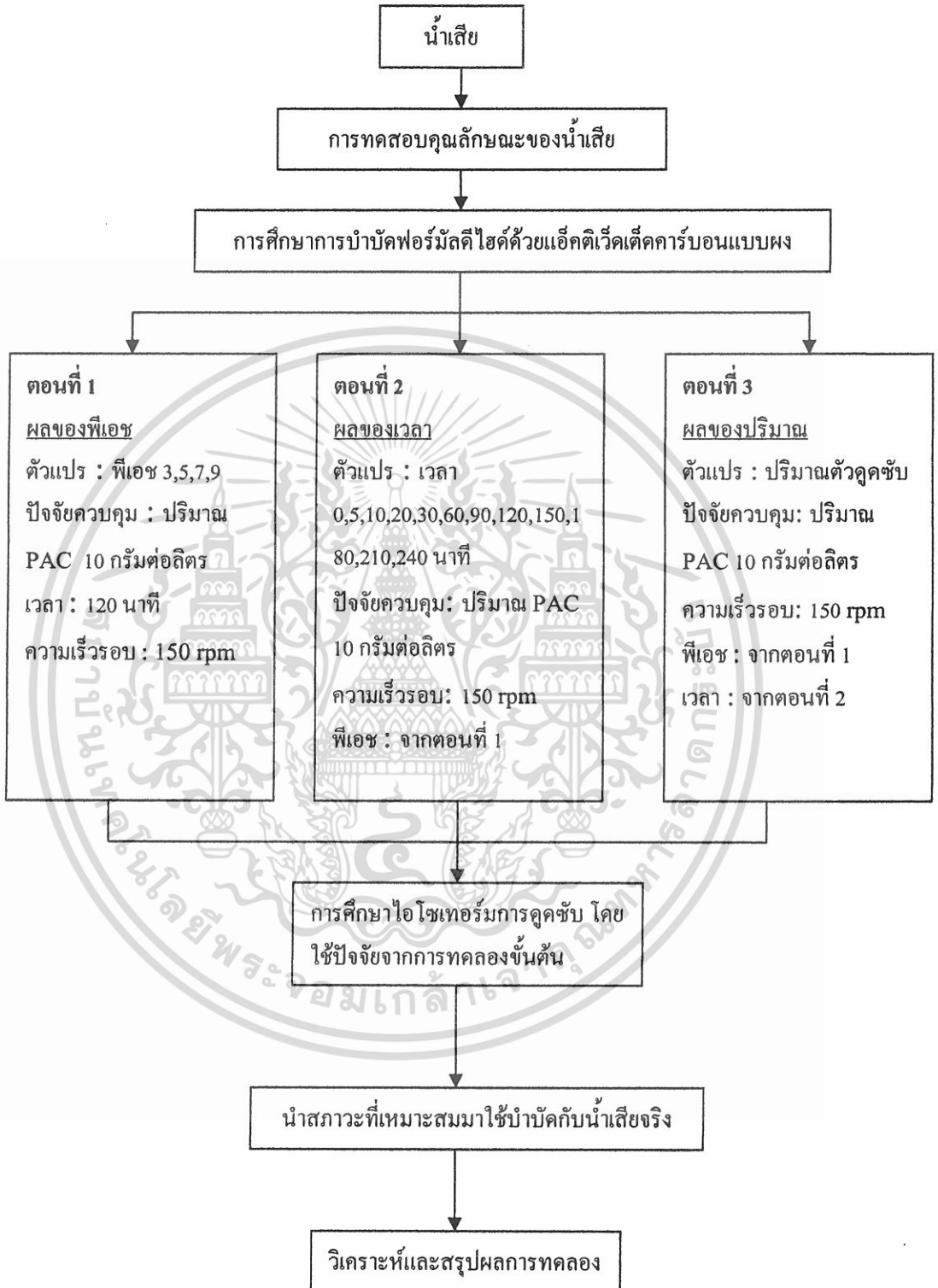
3.2.1 การเตรียมน้ำเสีย

1. น้ำเสียสังเคราะห์ ปิเปตฟอร์มาลดีไฮด์ 40% มา 0.25 มิลลิลิตรใส่ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร โดยน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมได้จะมีความเข้มข้นประมาณ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการวิเคราะห์ คุณลักษณะด้วยพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ค่าความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ ค่าสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) และค่าพีเอช

2. น้ำเสียจริง เป็นน้ำเสียที่มีฟอร์มาลดีไฮด์ปนเปื้อนได้จากจุดเก็บน้ำทิ้งของโรงงานผลิตกาวเรซิน ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและนำมาวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำเสียด้วยพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ ค่าสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) และค่าพีเอช

3.2.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ทำการศึกษาถึงผลของพีเอช เวลาและปริมาณตัวดูดซับต่อการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสีย โดยขั้นตอนการดำเนินงานแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.1 การศึกษาผลของพีเอชต่อการบำบัดฟอรั่มัลดีไฮด์ในน้ำเสียสังเคราะห์

1. ปรับพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของฟอรั่มัลดีไฮด์ประมาณ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ได้พีเอช 3 ด้วยกรดซัลฟูริก
2. นำตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์มา 100 มิลลิลิตร และเติมแเอคทีเว็ดเต็ดคาร์บอนลงไป 10 กรัมต่อลิตร (ดำเนินการทดลอง 2 ชั่วโมง)
3. ทำชุดควบคุมโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ 100 มิลลิลิตร แต่ไม่มีการเติมแเอคทีเว็ดเต็ดคาร์บอน
4. นำตัวอย่างไปทำการเขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 120 นาที
5. นำตัวอย่างที่ผ่านการดูดซับทั้งหมดมากรองเอาแเอคทีเว็ดเต็ดคาร์บอนออกโดยผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ
6. นำสารละลายที่กรองได้จากขวดต่าง ๆ ไปวิเคราะห์หาปริมาณฟอรั่มัลดีไฮด์ที่เหลือ (ดูรายละเอียดจากภาคผนวก ก.)
7. ทำการทดลองซ้ำ โดยการปรับค่าพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์ เป็น 5 7 และ 9 เพื่อศึกษาผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการบำบัดด้วยแเอคทีเว็ดเต็ดคาร์บอนแบบผง

3.2.2.2 การศึกษาผลของเวลาต่อการบำบัดฟอรั่มัลดีไฮด์ในน้ำเสียสังเคราะห์

1. ปรับพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของฟอรั่มัลดีไฮด์ประมาณ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ได้พีเอชที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 3.2.2.1 ด้วยกรดซัลฟูริก
2. นำตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์มา 100 มิลลิลิตร และเติมแเอคทีเว็ดเต็ดคาร์บอนลงไป 10 กรัมต่อลิตร (ดำเนินการทดลอง 2 ชั่วโมง)
3. ทำชุดควบคุมโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ 100 มิลลิลิตร แต่ไม่มีการเติมแเอคทีเว็ดเต็ดคาร์บอน
4. นำตัวอย่างไปทำการเขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาเป็น 0,5,10,20,30,60,90,120,150,180,210 และ 240 นาที
5. นำตัวอย่างที่ผ่านการดูดซับทั้งหมดมากรองเอาแเอคทีเว็ดเต็ดคาร์บอนออกโดยผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ
6. นำสารละลายที่กรองได้จากขวดต่าง ๆ ไป วิเคราะห์หาปริมาณฟอรั่มัลดีไฮด์ที่เหลือ (ดูรายละเอียดจากภาคผนวก ก.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 การศึกษาผลของปริมาณแอคติเวตต์คาร์บอนต่อการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียสังเคราะห์

1. ปรับพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ประมาณ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้เหมาะสมจากการทดลองที่ จากการทดลองที่ 3.2.2.1 ด้วยกรดซัลฟูริก
2. นำตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์มา 100 มิลลิลิตร และเติมแอคติเวตต์คาร์บอนลงไป 10 กรัมต่อลิตร (ดำเนินการทดลอง 2 ชั่วโมง)
3. ทำชุดควบคุมโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ 100 มิลลิลิตร แต่ไม่มีการเติมแอคติเวตต์คาร์บอน
4. นำตัวอย่างไปทำการเขย่าที่อุณหภูมิห้องตามเวลาที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 3.2.2.2
5. นำตัวอย่างที่ผ่านการดูดซับทั้งหมด มากรองเอาแอคติเวตต์คาร์บอนออกโดยผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ
6. นำสารละลายที่กรองได้จากขวดต่าง ๆ ไป วิเคราะห์หาปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ที่เหลือ (ดูรายละเอียดจากภาคผนวก ก.)
7. ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง โดยการเปลี่ยนปริมาณของแอคติเวตต์คาร์บอนเป็นร้อยละ 2, 3, และ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

3.2.2.4 การศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับ

นำสภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 3.2.2.1, 3.2.2.2 และ 3.2.2.3 มาทำการศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับแบบ Freundlich และ Langmuir

3.2.2.5 การศึกษาการดูดซับกับน้ำเสียจริง

1. ปรับพีเอชของน้ำเสียจริง ให้เหมาะสมจากการทดลองที่ จากการทดลองที่ 3.2.2.1 ด้วยกรดซัลฟูริก
2. นำตัวอย่างน้ำเสียจริงมา 100 มิลลิลิตร และเติมแอคติเวตต์คาร์บอนลงไป ในปริมาณที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 3.2.2.3
3. ทำชุดควบคุมโดยใช้น้ำเสียจริง 100 มิลลิลิตร แต่ไม่มีการเติมแอคติเวตต์คาร์บอน
4. นำตัวอย่างไปทำการเขย่าที่อุณหภูมิห้องตามเวลาที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 3.2.2.2
5. นำตัวอย่างที่ผ่านการดูดซับทั้งหมด มากรองเอาแอคติเวตต์คาร์บอนออกโดยผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. นำสารละลายที่กรองได้จากขวดต่าง ๆ ไป วิเคราะห์หาปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ที่เหลือ (ดูรายละเอียดจากภาคผนวก ก.)

3.2.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง ทำการทดสอบพารามิเตอร์ต่างๆ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ ดังสรุปในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์	สเปกโตรโฟโตมิเตอร์* (มันซิน, 2540)
พีเอช	เครื่องวัดพีเอช
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในน้ำ	TOC Analyzer

หมายเหตุ * รายละเอียดวิธีการทดลองในภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

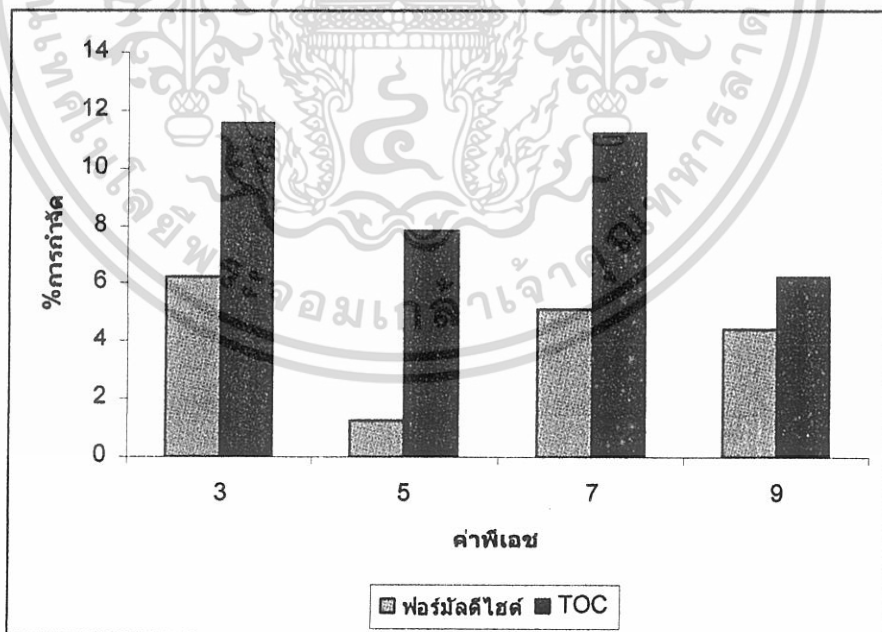
ผลการทดลองและอภิปรายผล

การทดลองนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ที่ปนเปื้อนฟอร์มาลดีไฮด์ด้วยการดูดซับโดยใช้แอคทิเวเต็ดคาร์บอนแบบผง โดยศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการบำบัด ได้แก่ ค่าพีเอช เวลาในการดูดซับ และปริมาณตัวดูดซับ

4.1 การดูดซับฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียสังเคราะห์

4.1.1 ผลของค่าพีเอช

ในการศึกษาผลของพีเอช ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ความเข้มข้น 87 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้ปริมาณคาร์บอน 10 กรัมต่อลิตร ทำการเขย่าเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ซึ่งผลการทดลองคังกราฟระหว่างค่าพีเอชกับประสิทธิภาพการดูดซับฟอร์มาลดีไฮด์ และ ค่า TOC ที่ลดลง ได้ดังรูปที่ 4.1



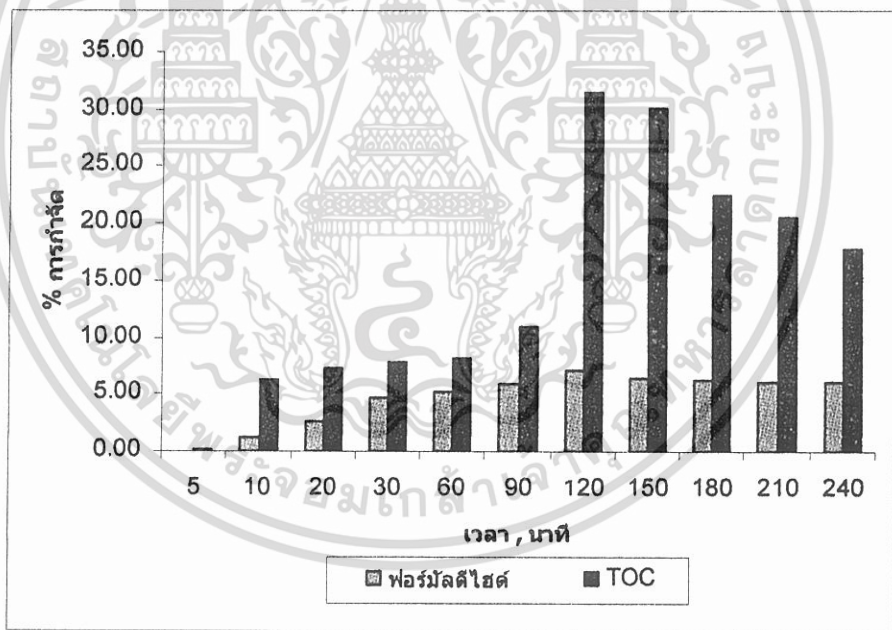
รูปที่ 4.1 ผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการกำจัดฟอร์มาลดีไฮด์โดยการดูดซับด้วยแอคทิเวเต็ดคาร์บอนแบบผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าการทดลองทุกค่าพีเอชจะมีประสิทธิภาพการดูดซับที่น้อยมาก โดยร้อยละของการกำจัดฟอร์มาลดีไฮด์สูงสุดเพียง 6 % ทั้งนี้ เนื่องจากฟอร์มาลดีไฮด์มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี โดยมีความสามารถในการละลายน้ำได้ร้อยละ 90 (Imbus ,2002) เมื่อสารที่ถูกดูดซับมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีจึงทำให้ถูกดูดซับด้วยตัวดูดซับได้น้อย

4.1.2 ผลของเวลา

จากผลการทดลองในข้อที่ 4.1.1ค่าพีเอชที่นำมาศึกษาผลของเวลาต่อการดูดซับฟอร์มาลดีไฮด์คือค่าพีเอชเท่ากับ 3 และใช้น้ำเสียดังเคราะห์ที่มีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ความเข้มข้น 137 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้ปริมาณคาร์บอน 10 กรัมต่อลิตร ทำการเขย่าที่ ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลาต่างๆ กันตั้งแต่ 0-240 นาที ซึ่งผลการทดลองแสดงด้วยกราฟระหว่างเวลาในการเขย่ากับประสิทธิภาพการดูดซับฟอร์มาลดีไฮด์ และค่า TOC ที่ลดลง ได้ดังรูปที่ 4.2



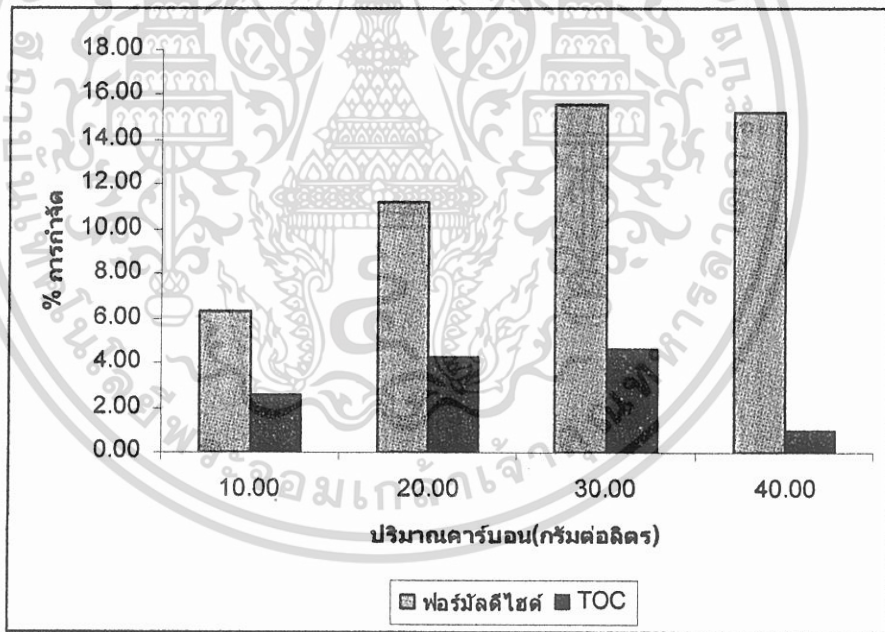
รูปที่4.2 ผลของเวลาต่อประสิทธิภาพการกำจัดฟอร์มาลดีไฮด์โดยการดูดซับด้วยแอคติเวเต็ดคาร์บอนแบบผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2 พบว่าเมื่อใช้เวลาในการเขย่าเพิ่มขึ้น โมเลกุลของฟอร์มัลดีไฮด์ในสารละลายจะเกิดการแพร่กระจายไปยังรูพรุนของตัวดูดซับ อัตราการดูดซับจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งเวลาในการเขย่า 120 นาที ประสิทธิภาพจะมีค่ามากที่สุดประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเขย่ามากกว่า 120 นาทีประสิทธิภาพการดูดซับจะลดลงจนคงที่เนื่องจากการดูดซับเกิดความสมดุลในสารละลาย ซึ่งอัตราการดูดซับมีค่าเท่ากับการคายซับ

4.1.3 ผลของปริมาณตัวดูดซับ

ในการศึกษาผลของปริมาณตัวดูดซับใช้ค่าพีเอช เท่ากับ 3 และเวลาในการเขย่าเท่ากับ 120 นาที นำเสียดังเคราะห์ที่มีปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ความเข้มข้น 105.73 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ซึ่งผลการทดลองแสดงด้วยกราฟระหว่างปริมาณตัวดูดซับกับประสิทธิภาพการดูดซับฟอร์มัลดีไฮด์ และ ค่า TOC ที่ลดลง ได้ดังรูปที่ 4.3



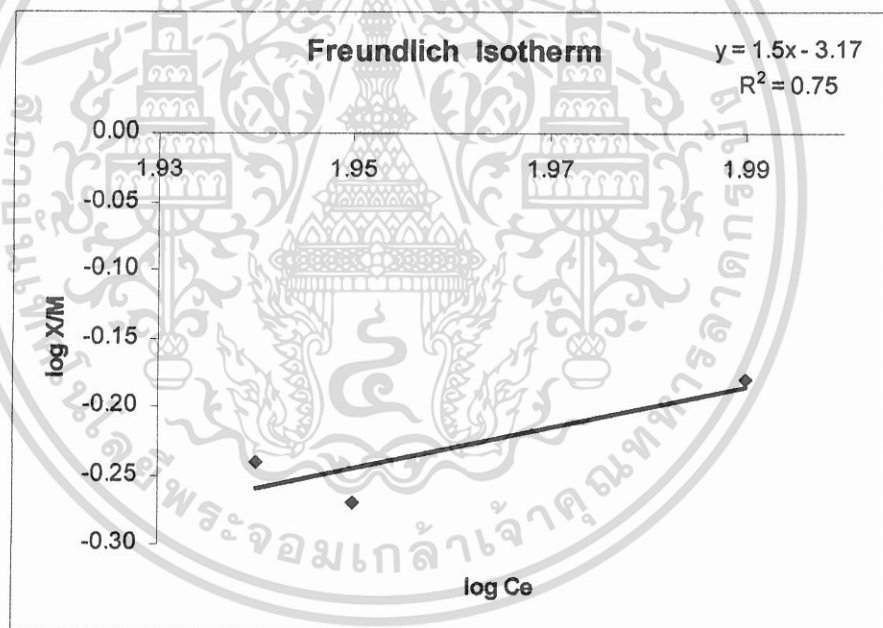
รูปที่ 4.3 ผลของปริมาณ PAC ต่อประสิทธิภาพการกำจัดฟอร์มัลดีไฮด์

จากผลการทดลอง เมื่อปริมาณของตัวดูดซับเพิ่มขึ้นจะทำให้มีพื้นที่ผิวในการดูดซับมาก ดังนั้นการดูดซับก็จะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเมื่อใช้ปริมาณตัวดูดซับเป็น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าสูงมากขึ้น เมื่อเติมปริมาณตัวดูดซับให้มากขึ้นกว่านั้น ความสามารถในการดูดซับก็มีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในสื่อใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าคงที่ โดยความสามารถในการดูดซับสูงสุดมีค่า 0.54 มิลลิกรัมฟอรั่มัลดีไฮด์ต่อกรัมคาร์บอนซึ่งมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับผลการทดลองที่ผ่านมาโดยพบว่าการดูดซับฟอรั่มัลดีไฮด์ด้วยแอคติเว็ดเต็ดคาร์บอนซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.018 กรัมฟอรั่มัลดีไฮด์ต่อกรัมคาร์บอน (มันลิน ตันทุลเวสม์, 2538 ข) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดของตัวดูดซับ ปริมาณความเข้มข้นของฟอรั่มัลดีไฮด์ สภาวะการเดินระบบ เป็นต้น

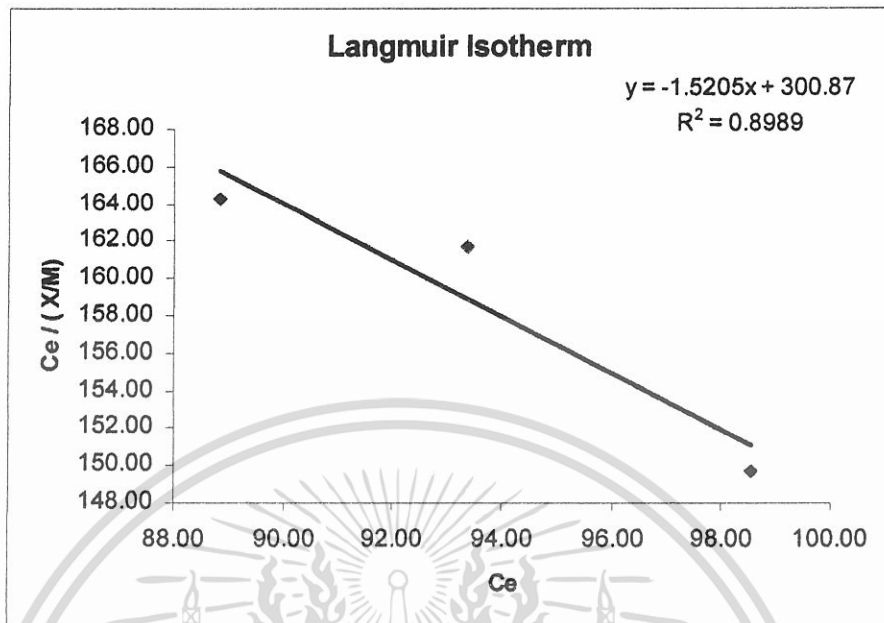
4.1.4 การศึกษาไอโซเทอร์มของการดูดซับ

นำสภาวะที่เหมาะสมคือ ค่าพีเอช 3 ปริมาณตัวดูดซับ 30 กรัมต่อลิตร และเวลาที่ใช้ 120 นาที มาทำการหาไอโซเทอร์มการดูดซับ แบบ Freundlich Isotherm และ Langmuir Isotherm เป็นดังรูปที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 ผลการศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับแบบ Freundlich Isotherm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



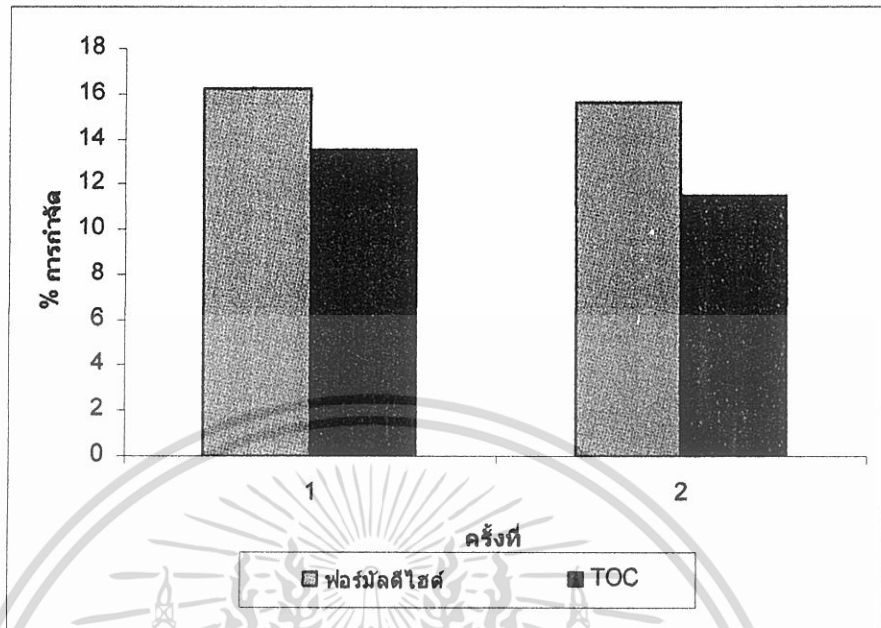
รูปที่ 4.5 ผลการศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับแบบ Langmuir Isotherm

จากรูปที่ 4.4 และ 4.5 ไอโซเทอร์มการดูดซับฟอรัมัลติไฮด์ด้วยแอคติเว็ดเต็ดคาร์บอนแบบผง จะสอดคล้องกับไอโซเทอร์มทั้งแบบ Freundlich และ Langmuir โดยแบบ Freundlich จะมีค่า $1/n = 1.5$ และ $K = 0.0006 \text{ mg/g}$ และแบบ Langmuir จะมีค่า $a = 0.657 \text{ mg/g}$ และค่า $b = 0.005$ ซึ่งค่า K ความสามารถในการดูดซับ และ ค่า a นั้นจะบอกถึงความสามารถในการดูดซับสูงสุดของตัวดูดซับ โดยความสามารถสูงสุดในการดูดซับฟอรัมัลติไฮด์ของแอคติเว็ดเต็ดคาร์บอนที่ใช้คือ 0.657 มิลลิกรัมต่อกรัมคาร์บอน และการดูดซับน่าจะเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว (Mono layer)

4.2 การดูดซับฟอรัมัลติไฮด์ในน้ำเสียจริงจากโรงงานอุตสาหกรรม

จากการศึกษาผลของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการดูดซับฟอรัมัลติไฮด์นำสภาวะที่เหมาะสมคือ ค่าพีเอช 3 ปริมาณตัวดูดซับ 30 กรัมต่อลิตร และเวลาที่ใช้ 120 นาที มาใช้กับน้ำเสียจริงที่ได้จากโรงงานผลิตกาเวชินบริเวณจุดปล่อยน้ำทิ้ง ดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอรัลดีไฮด์ในน้ำเสียจริงเปรียบเทียบกับค่า TOC ที่ลดลง

จากรูปที่ 4.6 พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดอยู่ในช่วง 11-16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งยังมีค่าที่เกินมาตรฐานอยู่ (มาตรฐานน้ำทิ้งควรมีค่าฟอรัลดีไฮด์ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร) ดังนั้นควรมีการหาวิธีการบำบัดอื่นๆ ที่เหมาะสมในการลดปริมาณฟอรัลดีไฮด์

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการลดปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจริงโดยใช้ตัวดูดซับเป็นแอคติเวเต็ดคาร์บอนแบบผง และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ ได้แก่ พีเอช เวลา ปริมาณตัวดูดซับและหาไอโซเทอร์มการดูดซับและค่าคงที่การดูดซับสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ปัจจัยที่มีผลการดูดซับ

- ผลของค่าพีเอช จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าพีเอชมีผลต่อการดูดซับไม่มากนัก ซึ่งค่าพีเอชที่ให้ประสิทธิภาพในการดูดซับได้มากที่สุดจากการทดลองเท่ากับ 3

- ผลของเวลา จากการทดลองเมื่อเวลาที่ใช้เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดการดูดซับมากขึ้น โดยเวลาที่เกิดการดูดซับสูงสุดจากการทดลองเท่ากับ 120 นาที หลังจากนั้นประสิทธิภาพการดูดซับมีค่าคงที่

- ผลของปริมาณตัวดูดซับ การเพิ่มปริมาณตัวดูดซับจะทำให้มีพื้นที่ผิวในการดูดซับมากขึ้น ซึ่งเมื่อปริมาณตัวดูดซับเท่ากับ 30 กรัมต่อลิตรจะทำให้มีค่าการดูดซับมากที่สุดในการทดลองแต่เมื่อเพิ่มปริมาณให้มากกว่านี้จะไม่ส่งผลให้เกิดการดูดซับเพิ่มขึ้น

2. ไอโซเทอร์มการดูดซับของฟอร์มาลดีไฮด์จากกราฟจะเห็นได้ว่าจะสอดคล้องกับไอโซเทอร์มแบบ Freundlich และ Langmuir โดยแบบ Freundlich จะมีค่า $1/n = 1.5$ และ $K = 0.0006 \text{ mg/g}$ และแบบ Langmuir จะมีค่า $a = 0.657 \text{ mg/g}$ และค่า $b = 0.005$ ซึ่งการดูดซับที่เกิดขึ้นน่าจะเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว (Mono layer) และความแข็งแรงของพันธะในการในการดูดซับต่ำ

3. ผลจากการทดลอง พบว่า การใช้แอคติเวเต็ดคาร์บอนแบบผงไม่เหมาะสมในการกำจัดฟอร์มาลดีไฮด์จากน้ำเสีย โดยจากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการดูดซับฟอร์มาลดีไฮด์จากน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากโรงงานผลิตกาเวชิน มีค่าสูงสุดประมาณ 16 %

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. กระบวนการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์โดยการดูดซับนั้นไม่เหมาะกับการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงมาก ๆ ดังจะเห็นได้จากประสิทธิภาพการกำจัดที่ไม่สูงนัก ดังนั้นในการนำไปประยุกต์ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอุตสาหกรรมจริงควรจะใช้ควบคู่กับกระบวนการอื่น ๆ เช่น การบำบัดทางชีวภาพ การบำบัดทางเคมีด้วยวิธีอื่น เป็นต้น

2. ในการเลือกแอ็คติเวเต็ดคาร์บอนที่จะนำมาดูดซับควรมีการศึกษาความสามารถในดูดซับของตัวดูดซับด้วย เนื่องจากผลการทดลองที่ได้เมื่อผ่านการบำบัดด้วยแอ็คติเวเต็ดคาร์บอนแล้วก็ยังไม่ให้ประสิทธิภาพการบำบัดที่ยังต่ำอยู่ และทำการศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของสารละลายเพื่อที่จะได้หากระบวนการบำบัดควบคู่กับกระบวนการดูดซับที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการลดมลพิษของสารปนเปื้อนให้มากขึ้นกว่าเดิม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กนกวลี คงสง .2548. การเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ปนเปื้อนฟอร์มาลดีไฮด์ ด้วยแบคทีเรียสายพันธุ์ *Pseudomonas putida* . วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- กรรณิการ์ ฉัตรสันติประภา.2546. พืชวิทยาของสารเคมีทางอุตสาหกรรม. ภาควิชาพืชวิทยา คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2546. หน้า 63-66
- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2541 ก ฟอร์มาลดีไฮด์ . พิมพ์ครั้งที่ 2 ตุลาคม
- กรมควบคุมมลพิษ. 2541 ข. เอกสารชุดสารเคมีเฉพาะเรื่อง (Monograph) Formaldehyde. พิมพ์ครั้งที่ 2 กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2539 กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม . ฉบับที่ 3
- ธงชัย พรรณสวัสดิ์, วิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธิศักดิ์. 2540. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. หน้า 183-186
- ธีระโชติ ศรีธีระวีโรจน์ . 2546. การสังเคราะห์คาร์บอนกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยการกระตุ้นทางเคมี สำหรับการดูดซับฟีนอล. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมปิโตรเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ภาสกร สว่างวุฒิธรรม และคณะ .2543. การดูดซับตะกั่วและโครเมียมโดยใช้ถ่านกัมมันต์และซีเมนต์ลอย . วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ภูวคณ สิริสินเลิศ . สมรรถนะของกระบวนการโคแอกกูเลชันและการดูดติดด้วยถ่านกัมมันต์ในการกำจัดสารอินทรีย์ธรรมชาติ:
ที่มา: www.eng.cmu.ac.th/homepat/newweb/thesis/files/10060.
- มุกดา พัฒนวานิชชัย และคณะ. การบำบัดฟีนอลด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.
ภาควิชาเคมี สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มันสิน ตัณฑุลเวศม์. 2538 ก. **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.
- มันสิน ตัณฑุลเวศม์. 2538 ข. **วิศวกรรมการประปา เล่ม 2**. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร หน้า 131-154.
- ยุพา ตันทวี. **การควบคุมมลพิษทางน้ำ**. โครงการตำรา ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- Chemical and Physical Information. ที่มา: [/www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp111-c3.pdf](http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp111-c3.pdf)
- Imbus ,H. R . 2002. A Guide to formaldehyde. **Ref. N.C. Department of labour.** 22
- Kolah A., Shama M., Removal of formaldehyde from aqueous solution. **J.Sep.Tech.** 5:13-22.
- Lu, Z. and Hegemann ,W. 1997. Anaerobic toxicity and biodegradation of formaldehyde in batch cultures. **Wat. Res.** 32, (1): 209-215.
- Kajitvichyanukul P., Lu M., Liao C., Wirojanagud W.,Kootatet T.,2006. Degradation and detoxification of formaline wastewater by advanced oxidation processes. **J. Haz. Mat.** 135: 337-343
- Tanada,S., Kawazaki ,N., Nakamura T., Arski, M., and Isomura, M., 1999. Removal of formaldehyde by Activated carbons containing Amino groups. **J. Coll. Int.** 214:106-108.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การเตรียมกราฟมาตรฐานและการวิเคราะห์

(มันสิน ดัชนีเทศม. 2538 ก.)

1. เตรียมสารละลาย

การเตรียม สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 N

1. ปิเปตสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น(96%)มา 28 มิลลิลิตร
2. ผสมสารละลายกรดจากข้อ 1 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร

การเตรียม สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 N

1. ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ มา 40 กรัม
2. ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร

การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปิเปตฟอร์มาลดีไฮด์ 40% มา 2.5 มิลลิลิตรใส่ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

2. เตรียมกราฟมาตรฐาน

ก. การทำกราฟมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์

การวิเคราะห์หาค่าฟอร์มาลดีไฮด์ใช้หลักการให้ฟอร์มาลดีไฮด์ทำปฏิกิริยากับเอเซทิลอะซีโตน ในสถานะที่มีเกลือแอมโมเนียมอยู่มากเกินพอ จะเกิดสารประกอบสีเหลืองของไดอะเซทิลไดไฮโดรลูทีน ซึ่งวิเคราะห์หาปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์โดยวิธีเทียบสี เทียบกับกราฟมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์

ข. การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของฟอร์มาลดีไฮด์

1. ปิเปตฟอร์มาลดีไฮด์ 40 % 5 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
- 2.เติม H_2SO_4 10 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที
- 3.เติม NaOH 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จนถึงขีดบอกปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปิเปตสารละลายดังกล่าวมา 25 ml ลงขวดรูปชมพู่ เติม ไทโมลฟทาไลน์อินดิเคเตอร์ 2-3 หยด ปรับให้ได้ pH 7 ด้วย NaOH หรือ H₂SO₄

5. ปิเปต Na₂SO₃ 25 มิลลิลิตรใส่ขวดรูปชมพู่ ปรับให้ได้ pH=7 ด้วย NaOH หรือ H₂SO₄ เติสารละลายนี้ ลงในขวดรูปชมพู่ที่มีฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปรับ pH แล้ว นำไปไทเทรตกับ H₂SO₄ 1 N ที่จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นไม่มีสี บันทึกปริมาตรที่ใช้ไป ทำซ้ำอีก 2 ซ้ำ คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของฟอร์มาลดีไฮด์ดังนี้

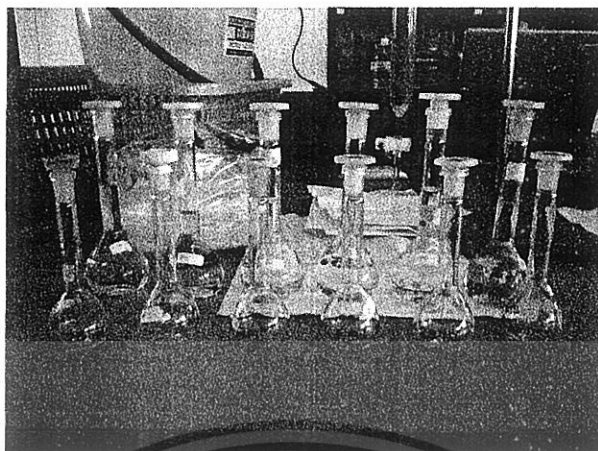
$$\text{ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ (มก./ล.)} = \frac{A \times 30.03 \times 1000}{25}$$

25

ข. การสร้างกราฟมาตรฐาน

1. เจือจางฟอร์มาลดีไฮด์ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนแล้ว เป็น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร
2. ปิเปตฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตรมา 2 , 4 , 6 , 8 , 10 , 12 , 14 และ 16 ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ตามลำดับ
3. เติม H₂SO₄ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วเติม NaOH 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายมาตรฐานที่มีเนื้อสาร 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 และ 160 ไมโครกรัมตามลำดับ
4. เติสารละลายดังกล่าวลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร รินขวดเดิมด้วยอะเซททิลอะซีโตน ปรับปริมาตรด้วยอะเซททิลอะซีโตนจนถึงขีดบอกปริมาตร
5. นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ทิ้งให้เย็น นำไปวัดค่าดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 425 นาโนเมตร
6. ใช้น้ำกลั่น เป็น Blank ทำเช่นเดียวกันกับวิธีข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์

3. การวิเคราะห์ฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสีย

น้ำเสียสังเคราะห์ถ้าเป็นน้ำใสไม่มีสี จะสามารถวิเคราะห์ได้ทันที นอกจากนั้นควรกลั่นตัวอย่างก่อนทำการวิเคราะห์เพื่อกำจัดสารรบกวนการวิเคราะห์ตัวอื่นออกไป

ดวงสารละลายที่กลั่นได้และได้เจือจางแล้วจำนวน 15 มล. ใส่ในขวดดวงขนาด 50 มล. ทำการเติมกรดซัลฟูริก เข้มข้น 1 N จำนวน 5 ml และ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 1 N 5 ml และทำการปรับปริมาตรเป็น 50 มล. ด้วยอะเซททิลอะซีโตน เทสารละลายดังกล่าวลงในขวดรูปกรวย นำไปต้มที่อุณหภูมิ 60 °C เวลา 10 นาที ปลดปล่อยให้เย็นวัดค่าดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 425 นาโนเมตร อ่านค่าจากกราฟมาตรฐาน เป็นปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ในหน่วยไมโครกรัม

$$\text{ฟอร์มาลดีไฮด์ (มก./ล.)} = \frac{\text{ไมโครกรัมฟอร์มาลดีไฮด์ที่อ่านได้จากกราฟ}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ(มล.)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การคำนวณ

1. การคำนวณประสิทธิภาพการดูดซับ

$$\text{ประสิทธิภาพการดูดซับ(\%)} = \frac{(C_0 - C)}{C_0} * 100$$

เมื่อ C_0 คือ ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ก่อนการดูดซับ หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

C คือ ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์หลังการดูดซับ หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

2. การคำนวณหาค่าปริมาณการดูดซับ

$$\text{ปริมาณการดูดซับ(mg/g)} = \frac{[(C_0 - C) * V]}{1000 * M}$$

เมื่อ C_0 คือ ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ก่อนการดูดซับ หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

C คือ ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ก่อนการดูดซับ หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

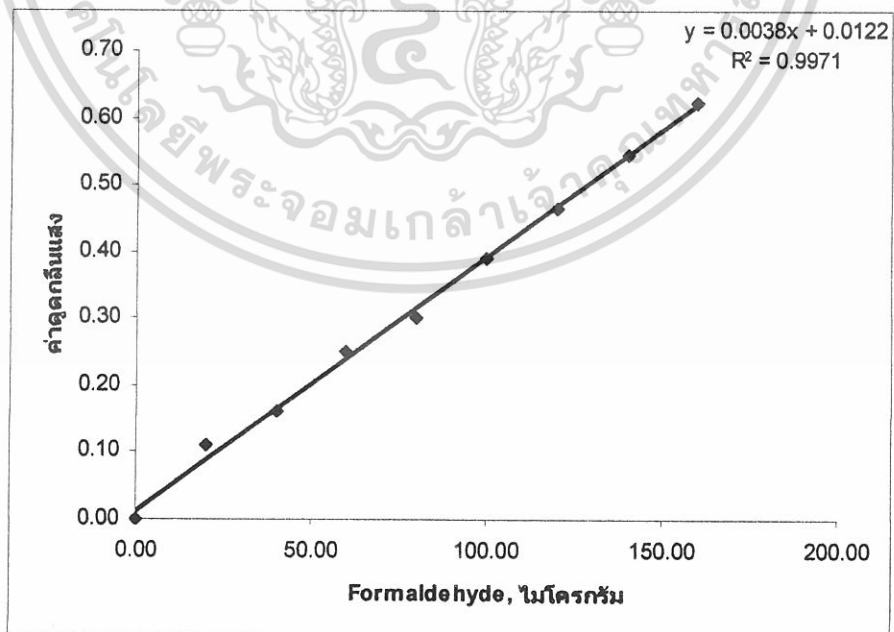
V คือ ปริมาตรของสารละลาย หน่วยเป็นมิลลิลิตร

M คือ น้ำหนักของแอ็คติเว็ดเต็ดคาร์บอน หน่วยเป็นกรัม

ภาคผนวก ค.
ข้อมูลผลการทดลอง

1. กราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์

ความเข้มข้นของสาร (มก./ล.)	ค่าดูดกลืนแสง
0.00	0.00
20.00	0.11
40.00	0.16
60.00	0.25
80.00	0.30
100.00	0.39
120.00	0.47



รูปที่ ค-1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์และค่าดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลของค่าพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซับฟอรั่มลิตไฮด์ของแอกติเวเต็ดคาร์บอน

- ความเข้มข้นเริ่มต้นฟอรั่มลิตไฮด์ 87 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ปริมาณแอกติเวเต็ดคาร์บอน 10 กรัมต่อลิตร
- ความเร็วรอบในการเขย่า 150 รอบต่อนาที
- เวลาที่ใช้ 120 นาที

ตารางที่ ค-1 ผลของพีเอชต่อการบำบัดฟอรั่มลิตไฮด์ด้วยแอกติเวเต็ดคาร์บอน

พีเอช	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2				เฉลี่ย	
	ความเข้มข้นฟอรั่มลิตไฮด์ (mg/l)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	% การกำจัด	ค่า TOC (mg/l)	% กำจัด TOC	ความเข้มข้นฟอรั่มลิตไฮด์ (mg/l)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	% การกำจัด	ความเข้มข้นฟอรั่มลิตไฮด์ (mg/l)	% การกำจัด
เริ่มต้น	87.43	0.42	0	50.43	0	87.43	0.42	0.00	87.43	0.00
ควบคุม	86.15	0.36	1.28	49.06	2.72	86.15	0.36	1.46	86.15	1.37
3	80.43	0.39	6.64	43.38	11.58	81.11	0.15	5.85	80.77	6.25
5	84.96	0.15	1.38	45.21	7.85	85.21	0.39	1.09	85.09	1.24
7	81.97	0.39	4.86	43.54	11.25	81.45	0.30	5.45	81.71	5.15
9	82.48	0.15	4.26	45.99	6.26	82.22	0.15	4.56	82.35	4.41

3. ผลของเวลาในการเขย่าที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซับฟอรั่มัลดีไฮด์ของแอ็คติเวเต็ดคาร์บอน

สภาวะที่ใช้ในการทดลอง :

- ความเข้มข้นเริ่มต้นฟอรั่มัลดีไฮด์ 137 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ปริมาณแอ็คติเวเต็ดคาร์บอน 10 กรัมต่อลิตร
- ความเร็วรอบในการเขย่า 150 รอบต่อนาที
- ปรับพีเอชเท่ากับ 3

ตารางที่ ค-2 ผลของเวลาต่อการบำบัดฟอรั่มัลดีไฮด์ด้วยแอ็คติเวเต็ดคาร์บอน

เวลา (นาที)	ความเข้มข้น ฟอรั่มัลดีไฮด์ (mg/l)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	% การกำจัด	ค่า TOC	% การกำจัด TOC
เริ่มต้น	136.67	0.00	0.00	56.48	0.00
5	135.94	0.18	-0.13	55.66	0.13
10	134.06	0.06	1.26	52.20	6.33
20	132.18	0.06	2.64	51.61	7.39
30	129.32	0.48	4.75	51.38	7.81
60	128.63	0.24	5.26	51.16	8.20
90	127.78	0.24	5.88	49.60	11.00
120	126.15	0.60	7.09	38.13	31.58
150	126.97	0.42	6.48	38.91	30.18
180	127.26	0.12	6.27	43.20	22.48
210	127.39	1.03	6.17	44.29	20.53
240	127.61	0.36	6.01	45.87	17.69
ควบคุม (240นาที)	135.77	0.65	0.66	55.73	1.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลของปริมาณของเหล็กที่วัดได้ต่อการรับอนที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัส

สถานะในการทดลอง :

- ความเข้มข้นเริ่มต้นฟอสฟอรัส 106 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ปริมาณที่เติมฟอสฟอรัส 3
- เวลาที่ใส่ 2 ชั่วโมง

ตารางที่ ค-3 ผลของปริมาณการรับอนต่อการบำบัดฟอสฟอรัสด้วยเหล็กที่วัดได้ต่อการรับอน

ปริมาณการรับอน (กรัมต่อลิตร)	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			เฉลี่ย		ค่า TOC	% การกำจัด TOC
	ความเข้มข้นฟอสฟอรัสไฮดรอกไซด์ (mg/l)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	% การกำจัด	ความเข้มข้นฟอสฟอรัสไฮดรอกไซด์ (mg/l)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	% การกำจัด	ความเข้มข้นฟอสฟอรัสไฮดรอกไซด์ (mg/l)	% การกำจัด		
เริ่มต้น	105.73	0.00	0.00	105.73	0.00	0.00	105.73	0.00	48.52	0.00
0	105.21	0.15	0.49	105.21	0.15	0.49	105.21	0.49	46.09	5.01
10	98.38	0.39	6.50	98.72	0.26	6.17	98.55	6.33	44.91	2.56
20	94.44	0.78	10.23	92.31	0.26	12.26	93.38	11.24	44.10	4.32
30	89.32	0.39	15.11	88.38	0.65	16.00	88.85	15.55	43.97	4.60
40	89.32	0.15	15.11	88.97	0.51	15.43	89.15	15.26	45.64	0.98

5. ไอโซเทอร์มการดูดซับ

สถานะในการทดลอง :

- ความเข้มข้นเริ่มต้นฟอรั่มลิตไฮต์ 106 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ปริมาณที่ดูดซับที่ 3
- ความเร็วรอบในการเขย่า 150 รอบต่อนาที
- เวลาที่ใช้ 2 ชั่วโมง

ตารางที่ ค-4 ไอโซเทอร์มการดูดซับด้วยแอคทีฟคาร์บอน

ปริมาณคาร์บอน (กรัมต่อลิตร)	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 1		ความเข้มข้นฟอรั่มลิตไฮต์ (mg/l)	ความเข้มข้นฟอรั่มลิตไฮต์ (mg/l)	ค่า X	X/M (mg/g)	Freundlich		Langmuir	
	ความเข้มข้นฟอรั่มลิตไฮต์ (mg/l)	ส่วนเบี่ยงเบน	ความเข้มข้นฟอรั่มลิตไฮต์ (mg/l)	ส่วนเบี่ยงเบน					log X/M	log Ce	Ce/(X/M) (g/l)	Ce (mg/l)
0	105.21	0.15	105.21	0.15	105.21	105.21	-	-	-	-	-	-
10	98.38	0.39	98.72	0.26	98.55	6.66	0.66	-0.18	1.99	149.70	98.55	
20	94.44	0.78	92.31	0.26	93.38	11.83	0.58	-0.24	1.97	161.75	93.38	
30	89.32	0.39	88.38	0.65	88.85	16.36	0.54	-0.27	1.95	164.26	88.85	
40	89.32	0.15	88.97	0.51	89.15	16.06	0.40	-0.40	1.95	222.90	89.15	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การทดลองกับน้ำเสียจริงจากโรงงานอุตสาหกรรม

สถานะในการทดลอง :

- ความเข้มข้นเริ่มต้นฟอรัลลิตไฮด์ 61.17 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ปริมาณที่เอชเท่ากับ 3
- ความเร็วรอบในการเขย่า 150 รอบต่อนาที
- ปริมาณตัวดูดซับ 30 กรัมต่อลิตร

ตารางที่ ๑-๕ การดูดซับฟอรัลลิตไฮด์ด้วยแอคทีเวดคาร์บอนในน้ำเสียจริงจากโรงงานอุตสาหกรรม

	ครั้งที่ 1			TOC (mg/l)	% การกำจัด TOC	ครั้งที่ 2			TOC (mg/l)	% การกำจัด TOC	เฉลี่ย		
	ความเข้มข้นฟอรัลลิตไฮด์ (mg/l)	ค่าการดูดซับ (mg/g)	% การดูดซับ			ความเข้มข้นฟอรัลลิตไฮด์ (mg/l)	ค่าการดูดซับ (mg/g)	% การดูดซับ			ความเข้มข้นฟอรัลลิตไฮด์ (mg/l)	ค่าการดูดซับ (mg/g)	% การดูดซับ
ก่อนการบำบัด	61.17	0.00	0.00	1511.00	0.00	61.17	0.00	0.00	1511.00	0.00	61.17	0.00	0.00
หลังการบำบัด	50.63	0.33	16.26	1236.00	13.51	51.03	0.31	15.60	1265.00	11.48	50.83	0.32	15.93
ชุดควบคุม	60.46	0.02	1.16	1429.00	5.43	60.46	0.02	1.16	1429.00	5.43	60.46	0.02	1.16