

อกิั่นทนาการ



สำนักหอสมุด



การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารเคมีปราบศัตรูพืช  
ด้วยกระบวนการดูดซับของระบบน้ำสะอาด  
REMOVAL EFFICIENCY OF PESTICIDES USING ADSORPTION  
PROCESS IN WATER TREATMENT

นางสาวนภาพร อาดำ

รหัส 54365358

นางสาวสุพิชชา จ้าวทาสม

รหัส 54365556

นายบุญญพงศ์ ผากิม

วิชาเคมี 11 ต.ค. 2560

รหัส 54365389

เลขที่..... 1-7195862

วันที่..... 1/8

น. ๒๙๗ก

๒๕๕๗

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2557



## ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารเคมีปราบศัตรูพืช  
ด้วยกระบวนการดูดซับของระบบน้ำสะอาด

ผู้ดำเนินโครงการ นางสาวนพร อาดำ รหัสนสิต 54365358  
นางสาวสุพิชชา ง้าวทาสม รหัสนสิต 54365556  
นายบุญญพงศ์ ผากิม รหัสนสิต 54365389

ที่ปรึกษาโครงการ ดร. จิรภัทร์ อนันต์ภัทรชัย  
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา  
ปีการศึกษา 2557

.....  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

.....ที่ปรึกษาโครงการ  
(ดร. จิรภัทร์ อนันต์ภัทรชัย)

.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. พวงรัตน์ ขจิตวิษยานุกุล)

.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดลเดช ตั้งตระการพงษ์)

ชื่อหัวข้อโครงการ	การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารเคมีปราบศัตรูพืช ด้วยกระบวนการดูดซับของระบบน้ำสะอาด		
ผู้ดำเนินโครงการ	นางสาวนภาพร	อาดำ	รหัสนิสิต 54365358
	นางสาวสุพิชชา	ง้าวทาสม	รหัสนิสิต 54365556
	นายบุญญพงศ์	ผากิม	รหัสนิสิต 54365389
ที่ปรึกษาโครงการ	ดร.จิรภัทร์ อนันต์ภัทรชัย		
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
ปีการศึกษา	2557		

### บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการดูดซับในระบบประปาโดยการใช้ถ่านกัมมันต์และทรายเขียวเป็นสารดูดซับในการกำจัดสารเคมีปราบศัตรูพืชชนิดพาราควอตในระบบประปา โดยในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับสารเคมีปราบศัตรูพืช คือ พีเอช ปริมาณของสารดูดซับ และความเข้มข้นของสารเคมีปราบศัตรูพืชชนิดพาราควอต จากผลการทดลองพบว่า ถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับสารเคมีปราบศัตรูพืชชนิดพาราควอตได้สูงสุดประมาณร้อยละ 30 ที่พีเอช 9 เมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของถ่านกัมมันต์ 175.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ทรายเขียวสามารถดูดซับสารเคมีปราบศัตรูพืชชนิดพาราควอตได้สูงสุดประมาณร้อยละ 20 ที่พีเอช 4 เมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของทรายเขียว 20.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารดูดซับทั้ง 2 ชนิดสามารถดูดซับสารเคมีปราบศัตรูพืชชนิดพาราควอตได้ไม่มากนัก

**Project title** Removal efficiency of pesticides using adsorption process  
in water treatment

**Name** Mrs. Nawapron Adum ID. 54365358  
Mrs. Supitcha Ngaothasom ID. 54365556  
Mr. Punyapong Phakim ID. 54365389

**Project advisor** Dr.Jirapat Ananpattarachai

**Major** Environmental Engineering

**Department** Civil Engineering

**Academic year** 2014

.....

### Abstract

In this study, the removal efficiency of pesticides (Paraquat) using activated carbon and greensand as adsorbents in water treatment were investigated. The parameters in this study are pH, adsorbent dosage and Paraquat concentration. Activated carbon 175.2 mg/L cans removal Paraquat up to 30% at pH 9 and greensand 20.8 mg/L cans removal Paraquat up to 20% at pH 4. It was found that both activated carbon and greensand can adsorb Paraquat in a limited amount.

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ อาจารย์จิรภัทร์ อนันต์ภัทรชัย อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย และ รองศาสตราจารย์ ดร.พวงรัตน์ ขจิตวิษยานุกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งคอยให้คำปรึกษาในการทำงานวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และยังให้ความรู้ คำปรึกษา แนวคิด ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการค้นคว้าข้อมูลในการวิเคราะห์ ตลอดจนวิธีการในการแก้ปัญหา แก้ไขข้อบกพร่อง ตลอดจนให้ความช่วยเหลือทางด้านต่าง ๆ และให้กำลังใจในการทำงานมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ตลเดช ตั้งตระการพงษ์ ที่กรุณาเสียสละเวลามาเป็นคณะกรรมการสอบงานวิจัย พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขงานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา และสถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านวิจัยและนวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่อำนวยความสะดวกในด้านห้องปฏิบัติการ และเครื่องมือในงานวิจัย คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการทำงานวิจัยครั้งนี้ คณะผู้จัดทำขออุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน

คณะผู้ดำเนินงานวิจัยวิศวกรรม

นางสาวนพร อาดำ

นางสาวสุพิชชา จ้าวทาสม

นายปญญพงศ์ ผากิม

พฤษภาคม 2557

## สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	1
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	1
1.5 ระยะเวลาและแผนการดำเนินงานวิจัย.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 กระบวนการดูดซับ.....	3
2.2 ขั้นตอนการดูดซับ.....	4
2.3 วัสดุดูดซับ.....	5
2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ.....	8
2.4 สารปราบศัตรูพืช.....	9
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ.....	10
3.1 การทดลองหาประสิทธิภาพในการกำจัดสารเคมีปราบศัตรูพืชด้วย กระบวนการดูดซับ.....	10

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	14
4.1 การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารเคมีปราบศัตรูพืชด้วย กระบวนการดูดซับของระบบน้ำสะอาด.....	14
4.2 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ทรายเขียว.....	15
4.3 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ถ่านกัมมันต์.....	24
4.4 การประเมินภาพรวมผลของประสิทธิภาพกระบวนการดูดซับต่อ ความเข้มข้นของสารเคมีปราบศัตรูพืช.....	32
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	33
5.1 บทสรุป.....	33
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	33
เอกสารอ้างอิง.....	34
ภาคผนวก ก วิธีการทดลองและวิธีการคำนวณ.....	35
ภาคผนวก ข ตารางข้อมูลแสดงผลการทดลอง.....	44
ภาคผนวก ค ภาพประกอบการทำวิจัย.....	57
ประวัติผู้วิจัย.....	62

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ข.1 ข้อมูลการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ทรายเขียว.....	44
การทดลองชุดที่ 1 : หาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ทรายเขียว.....	45
ข.2 อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ ).....	45
ข.3 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม).....	45
ข.4 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที.....	45
การทดลองชุดที่ 2 : หาปริมาณทรายเขียวที่เหมาะสมในการดูดซับพาราควอต.....	46
ข.5 อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ ).....	46
ข.6 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม).....	47
ข.7 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที.....	47
การทดลองชุดที่ 3 : หาความสามารถในการดูดซับของพาราควอต.....	48
ข.8 อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ ).....	48
ข.9 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม).....	48
ข.10 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที.....	48
ข.11 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ถ่านกัมมันต์.....	49
การทดลองชุดที่ 1 : หาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ถ่านกัมมันต์.....	50
ข.12 อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ ).....	50
ข.13 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม).....	50
ข.14 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที.....	51
การทดลองชุดที่ 2 : หาปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมในการดูดซับพาราควอต.....	52
ข.15 อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ ).....	52
ข.16 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม).....	53
ข.17 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที.....	54
การทดลองชุดที่ 3 : หาความสามารถในการดูดซับของพาราควอต.....	55
ข.18 อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ ).....	55
ข.19 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม).....	55
ข.20 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที.....	56



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	3
2.2	5
2.3	6
2.4	7
3.1	11
3.2	12
3.3	12
<b>หาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ทรายเขียว</b>	15
4.1	15
4.2	16
4.3	17
<b>หาปริมาณทรายเขียวที่เหมาะสมในการดูดซับพาราควอต</b>	18
4.4	18
4.5	19
4.6	20
<b>หาความสามารถในการดูดซับของพาราควอต</b>	21
4.7	21
4.8	22
4.9	23
<b>หาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ถ่านกัมมันต์</b>	24
4.10	24
4.11	25
4.12	26
<b>หาปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมในการดูดซับพาราควอต</b>	27
4.13	27
4.14	28
4.15	29
<b>หาความสามารถในการดูดซับของพาราควอต</b>	30
4.16	30
4.17	31

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.18 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที.....	32



## สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

LLE	=	Liquid-Liquid Extraction
PAC	=	Powder Activated Carbon
GS	=	Greensand
PQ	=	Paraquat
pH	=	power of hydrogen of ion concentration
DI	=	Deionized water
CaCl <sub>2</sub>	=	Calcium chloride
NaHCO <sub>3</sub>	=	Sodium bicarbonate
ppm	=	parts-per million
W <sub>0</sub>	=	น้ำตัวอย่างชนิดที่ 1
W <sub>1</sub>	=	น้ำตัวอย่างชนิดที่ 2
Kaolin clay	=	ดินเกาลิน
C/C <sub>0</sub>	=	ความเข้มข้นเริ่มต้นของพาราควอตต่อความเข้มข้นเริ่มต้น ของพาราควอตที่เวลาใดๆ
mg/L	=	มิลลิกรัมต่อลิตร
mg	=	มิลลิกรัม
L	=	ลิตร



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ประชากรในจังหวัดน่านส่วนใหญ่จะประกอบอาชีพเกษตรกรรม โดยมักทำการเกษตรบริเวณริมฝั่งแม่น้ำสายต่างๆ ซึ่งอยู่ในลุ่มน้ำน่าน แม่น้ำเหล่านี้จะไหลไปรวมกันเป็นแม่น้ำน่าน พืชที่เกษตรกรส่วนใหญ่ในจังหวัดน่านนิยมเพาะปลูก คือ ข้าวโพด กะหล่ำปลี และลิ้นจี่ เป็นต้น ในการปลูกพืชดังกล่าวส่งผลให้มีการใช้สารปราบศัตรูพืชเพื่อช่วยในการเพิ่มผลผลิตเป็นจำนวนมาก ทำให้สารเคมีต่างๆ อาจไหลลงไปในแหล่งน้ำ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนในพื้นที่ได้ โครงการนี้จึงให้ความสนใจการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการดูดซับโดยใช้สารดูดซับที่นิยมใช้ในพื้นที่ต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสารเคมีปราบศัตรูพืช โดยใช้พาราควอทเป็นตัวแทนของสารปราบศัตรูพืช เนื่องจากได้รับความนิยมในการใช้ในพื้นที่

#### 1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารเคมีปราบศัตรูพืชด้วยกระบวนการดูดซับโดยใช้ถ่านกัมมันต์และทรายเขียว

#### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

เพื่อทราบประสิทธิภาพและเงื่อนไขที่เหมาะสมในการนำถ่านกัมมันต์และ/หรือทรายเขียวไปใช้ในการกำจัดสารเคมีปราบศัตรูพืชด้วยกระบวนการดูดซับ

#### 1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.4.1. ศึกษาระบบประปาหมู่บ้านของอำเภอภูเพียงและอำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน
- 1.4.2. เก็บตัวอย่างน้ำตั้งแต่ก่อนเข้าระบบ ผ่านแต่ละขั้นตอนจนกระทั่งน้ำออกจากระบบ
- 1.4.3. ตรวจสอบประสิทธิภาพกำจัดสารเคมีปราบศัตรูพืชด้วยกระบวนการดูดซับของระบบน้ำสะอาด



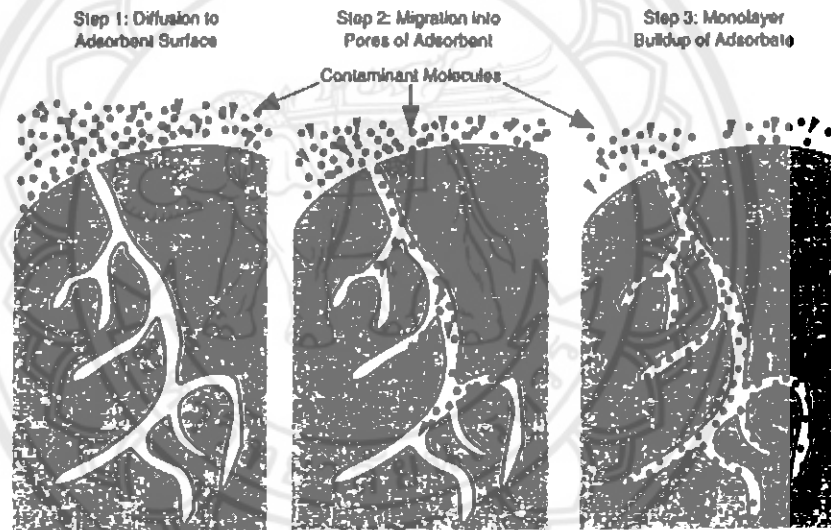
## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 กระบวนการดูดซับ (Adsorption Process)

เป็นกระบวนการกำจัดสารบางชนิดออกจากสารละลายโดยอาศัยความสามารถของสารดูดซับ (Adsorbent) เช่น ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เป็นวัสดุดูดซับที่ใช้อย่างแพร่หลายในการปรับปรุงคุณภาพน้ำหรืองานประปา เพื่อวัตถุประสงค์ในการกำจัดสารประกอบที่ก่อให้เกิดสี กลิ่น และรสออกจากน้ำ รวมทั้งงานด้านการบำบัดขั้นสูง ถ่านกัมมันต์จะถูกใช้เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ที่เป็นพิษจากน้ำเสียอุตสาหกรรม

ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

การดูดซับสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

##### 2.1.1 การดูดซับทางกายภาพ (Physical Adsorption)

การดูดซับทางกายภาพเป็นผลมาจากแรงแวนเดอร์วาลส์ (van der Waals) เป็นหลัก และสามารถย้อนกลับได้ เมื่อแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของตัวถูกละลายและวัสดุดูดซับมีค่ามากกว่าแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของตัวถูกละลายและตัวทำละลาย ส่งผลให้เกิดการดูดซับบนพื้นผิวของวัสดุดูดซับ ถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวรูพรุนและพื้นที่ผิวด้านนอกมากสำหรับการดูดซับ แต่การดูดซับจะเกิดจากพื้นที่ผิวรูพรุนมากกว่าเนื่องจากพื้นที่ผิวรูพรุนมีพื้นที่มากกว่าผิวยานอก สำหรับถ่านกัมมันต์จะมีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมาก

### 2.1.2 การดูดซับทางเคมี (Chemical Adsorption)

การดูดซับทางเคมีเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างของแข็งและตัวถูกละลาย มักเป็นปฏิกิริยาที่ย้อนกลับไม่ได้ มีใช้น้อยในงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมเมื่อเทียบกับการดูดซับทางกายภาพ

## 2.2 ขั้นตอนการดูดซับ (Adsorption Steps)

กระบวนการดูดซับประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

### 2.2.1 การเคลื่อนที่ในสารละลาย (Bulk Solution Transport)

เป็นการเคลื่อนที่ของสารอินทรีย์ที่จะถูกดูดซับผ่านของเหลว เข้าสู่เขตฟิล์มจิ่งตรง (Fix Film) ของของเหลวที่ห่อหุ้มวัสดุดูดซับ ซึ่งเกิดจากการพา (Advection) และการแพร่ (Dispersion) เป็นหลัก

### 2.2.2 การแพร่ผ่านฟิล์ม (Film Diffusion Transport)

เป็นการเคลื่อนที่โดยการแพร่ของสารอินทรีย์ผ่านชั้นฟิล์มของเหลวนิ่ง (Stagnant Liquid Film) เพื่อเข้าสู่รูพรุนของวัสดุดูดซับ

### 2.2.3 การเคลื่อนที่เข้าสู่รูพรุน (Pore Transport)

เป็นการเคลื่อนที่ของสารที่จะถูกดูดซับผ่านรูพรุน จากการแพร่ของโมเลกุลผ่านของเหลวในรู และ/หรือการแพร่บนผิวของวัสดุดูดซับ

### 2.2.4 การดูดซับ (Sorption)

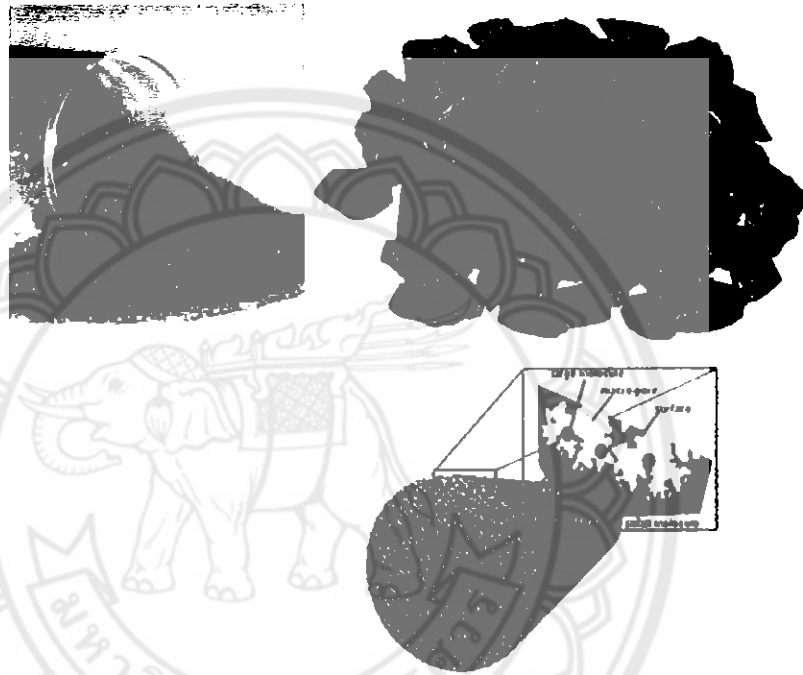
เป็นขั้นตอนที่เกิดการดูดซับของสารที่จะถูกดูดซับบนพื้นผิวของวัสดุดูดซับ

กระบวนการดูดซับจะเกิดขึ้นบนพื้นผิวและรูพรุนภายในโครงสร้างของวัสดุดูดซับ ทั้ง Macropores (>25 nm), Mesopore (1-25 nm) , Micropores (<1 nm) และ Submicropores ขณะที่พื้นที่ผิวของ Macropores และ Mesopores จะมีพื้นที่ผิวน้อยกว่ารูพรุนที่เล็กกว่า Micropores มาก

## 2.3 วัสดุดูดซับ (Adsorbent)

มีหลายชนิด ประกอบด้วย ถ่านกัมมันต์ สารโพลีเมอร์สังเคราะห์และวัสดุดูดซับจากซิลิกา แม้ว่าในงานด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมอาจมีการใช้วัสดุประเภทสารโพลีเมอร์สังเคราะห์และวัสดุดูดซับจากซิลิกาบ้างเพื่อการบำบัดน้ำเสีย แต่มักมีราคาแพง ถ่านกัมมันต์จึงถูกใช้แพร่หลายมากกว่าทั้งการปรับปรุงคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสีย

2.3.1 ถ่านกัมมันต์ สามารถผลิตจากวัสดุธรรมชาติหลายชนิด ได้แก่ ไม้ ชี้อเลื่อย เมล็ดผลไม้ กะลามะพร้าว ถ่านหิน และกากปิโตรเลียม ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ลักษณะของถ่านหินกัมมันต์

2.3.1.1 กระบวนการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

1. Carbonization เพื่อกำจัดสารไฮโดรคาร์บอนออกไปที่อุณหภูมิประมาณ 700 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะที่ขาดแคลนออกซิเจน โดยการเผาด้วยกระบวนการ Pyrolysis Process

2. Activation ด้วยอากาศร้อน ไอน้ำ หรือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 800-900 องศาเซลเซียส เพื่อออกซิไดซ์ถ่านจากขั้นตอนแรกให้เกิดรูพรุนจำนวนมาก โดยวัสดุที่ใช้ในการผลิตและกรรมวิธีการผลิตที่มีผลต่อความพรุน การกระจายของรูพรุนในเนื้อถ่าน และความสามารถในการฟื้นฟูสภาพของถ่านกัมมันต์

ซึ่งหลังจากที่ผ่านขั้นตอนทั้งสองแล้วจะทำการคัดแยกตามขนาดและความสามารถในการดูดซับ (Adsorption Capacity) ซึ่งอาจแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ถ่านกัมมันต์แบบผงและถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด



### 2.3.1.2 ประโยชน์ของถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์ถูกใช้ประโยชน์เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ สามารถกำจัดได้ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์บางชนิด ถ่านกัมมันต์มีความสามารถในการดูดซับสารอินทรีย์ น้ำหนักโมเลกุลต่ำที่มีขั้วได้ไม่ตื้นัก

1. กำจัดสารที่ก่อให้เกิด สี กลิ่นและรสในน้ำจากสารอินทรีย์ เช่น กรดฮิวมิก
2. กำจัดคลอรีนที่ตกค้างในน้ำ กรณีที่ทำการเติมแบบเฉียบพลันเพื่อการฆ่าเชื้อโรค
3. กำจัดโลหะหนัก ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดปรอท เงิน ตะกั่ว และทองแดง
4. กำจัดสารปราบศัตรูพืช เช่น DDT
5. กำจัดสารชักฟอกและสารประกอบฟีนอล
6. กำจัดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยเฉพาะในกลุ่มแบบลูกโซ่อิ่มตัว

สำหรับระบบผลิตน้ำประปามากใช้เพื่อกำจัดสี กลิ่นและรสเป็นหลัก ซึ่งอาจมีที่มาจากหลายแหล่งทั้งตามธรรมชาติและจากการปนเปื้อนของน้ำดิบ จากโรงงานอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม

2.3.2. ททรายเขียว (Greensand) Manganese Greensand เป็นสารที่ทำมาจาก Gluconite Greensand ในสมัยแรกๆจะนำ Greensand (ทรายเขียว) มาทำปฏิกิริยากับแมงกานีสคลอไรด์ เพื่อเปลี่ยนทรายเขียวให้เป็นแมงกานีสกรีนแซนด์ จากนั้นจึงทำปฏิกิริยากับโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต ซึ่งจะทำให้เกิดออกไซด์ของแมงกานีสเคลือบอยู่บนผิวของเม็ดทรายเขียว



รูปที่ 2.3 ลักษณะของทรายเขียว

### 2.3.2.1. Manganese Greensand แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 วัสดุประเภทซีโอไลต์ (Zeolite) เป็นวัสดุที่ทำมาจากธรรมชาติ โดยทำมาจาก Aluminum Silicate Rocks ใช้ความร้อนเข้าไปละลายหินดังกล่าว เมื่อหลอมละลายแล้วนำไปแช่น้ำเย็นจะได้เป็น Zeolite Crystals ซึ่งในอดีตนำมาใช้กำจัดความกระด้างในน้ำปัจจุบันนำมาเคลือบด้วยแมงกานีสออกไซด์โดยวิธีทางเคมีเพื่อใช้ในการกำจัดแมงกานีสเรียกว่า แมงกานีสซีโอไลต์ (Manganese Zeolite)

ประเภทที่ 2 วัสดุประเภททราย (Sand) ทำจากทรายธรรมชาติคัดขนาดแล้วนำมาเคลือบด้วยแมงกานีสออกไซด์โดยวิธีทางเคมี ประวัติศาสตร์เริ่มนำมาใช้ในการกำจัดเหล็กและแมงกานีส ตั้งแต่ ปีค.ศ.1950 ในประเทศสหรัฐอเมริกาในชื่อ “New Jersey Greensand”

ต่อมาได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นชนิดเดียวกับแร่ “Glauconite” โดยการนำแร่ที่เกิดจากธรรมชาติมาผ่านกระบวนการคัดแยกขนาดของสารกรอง ให้ได้ขนาด 18x60 mesh จนได้ขนาด (Effective Size) ประมาณ 0.3 ถึง 0.35 มิลลิเมตร และให้ค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Uniformity Coefficient) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.6 ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ดีที่สุดของสารกรอง แร่กลูโคไนต์(Glauconite) เมื่อนำมาเคลือบด้วยแมงกานีสออกไซด์(Manganese Oxide) และทำให้อยู่ตัว (Stabilization) เรียกว่า “Manganese Greensand” การเคลือบด้วยสารดังกล่าวทำให้กลูโคไนต์เป็นสารกรองที่สามารถเกิดปฏิกิริยา Oxidation-Reduction ซึ่งสามารถกำจัดเหล็ก แมงกานีส และไฮโดรเจนซัลไฟด์(Hydrogen Sulfide) ที่มี ปริมาณน้อยๆได้

### 2.3.2.2 ประโยชน์ของสารกรองแมงกานีส (Greensand) หรือทรายเขียว

1. มีความสามารถในการกรองน้ำที่มีค่าเหล็กและแมงกานีสอย่างมีประสิทธิภาพ
2. คุณสมบัติเด่น ในการกำจัดเหล็กและ แมงกานีสได้ดี
3. ทนต่อการเสียดสี และการสึกกร่อน ทำให้มีอายุการใช้งานนานลักษณะการกรองด้วยทรายเขียว(Green Sand) ชูด้วย Manganese Sulfate และต่างทับทิม การฟื้นฟูประสิทธิภาพ(regeneration)สามารถทำได้ด้วยต่างทับทิม
4. เป็นสารกรองที่ผลิตจากทรายธรรมชาติคัดขนาด ที่ถูกเคลือบด้วยสาร Manganese Oxide ที่มีคุณสมบัติ Oxidation สารเหล็กที่ปะปนอยู่ในน้ำให้เปลี่ยนรูปเป็นสนิมเหล็ก เพื่อถูกกรองออกจากรน้ำอีกครั้งในขั้นตอนต่อไป สารกรองมีสีน้ำตาล ใช้ต่างทับทิมเป็นสารฟื้นฟูสภาพ

## 2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ

### 2.4.1 สภาพการทำงาน

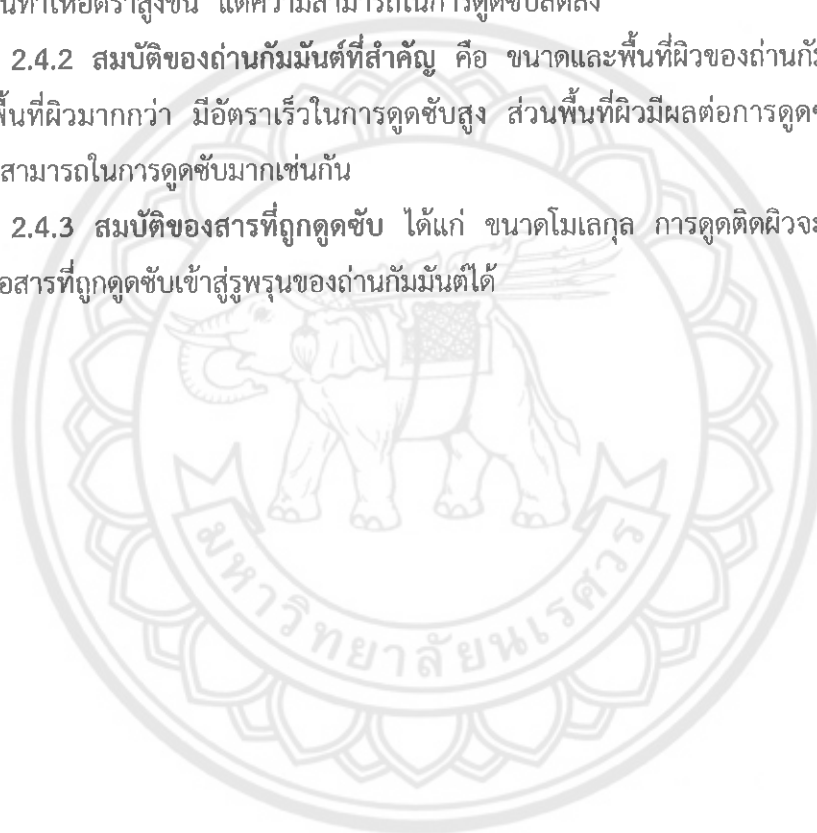
ความปั่นป่วน ที่เกิดจากอัตราเร็วในการดูดซับขึ้นอยู่กับ การแพร่ผ่านฟิล์ม และการเคลื่อนที่เข้าสู่รูพรุน ความปั่นป่วนจะมีผลต่อความหนาของฟิล์ม น้ำที่ห่อหุ้มถ่านกัมมันต์และความหนาของฟิล์ม น้ำผลต่อความยากง่ายในการแพร่ของสารที่ถูกดูดซับ

พีเอชของสารละลาย มีผลต่อความสามารถในการแตกตัวของสารต่างๆในน้ำ และมีผลต่อการดูดซับ

อุณหภูมิ มีผลต่ออัตราเร็วและความสามารถในการดูดซับของวัสดุดูดซับ อุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้อัตราสูงขึ้น แต่ความสามารถในการดูดซับลดลง

2.4.2 สมบัติของถ่านกัมมันต์ที่สำคัญ คือ ขนาดและพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ ถ้าขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวมากกว่า มีอัตราเร็วในการดูดซับสูง ส่วนพื้นที่ผิวมีผลต่อการดูดซับ ถ้าพื้นที่ผิวมาก ความสามารถในการดูดซับมากเช่นกัน

2.4.3 สมบัติของสารที่ถูกดูดซับ ได้แก่ ขนาดโมเลกุล การดูดติดผิวจะดูดติดผิวได้ดีที่สุดก็ต่อเมื่อสารที่ถูกดูดซับเข้าสู่รูพรุนของถ่านกัมมันต์ได้



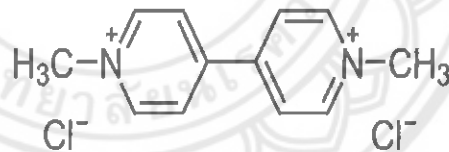
## 2.5 สารปราบศัตรูพืช

สารปราบศัตรูพืช คือ สารเคมีสังเคราะห์ที่มีวัตถุประสงค์ในการกำจัด ขัปลั หรือหยุดยั้งการเจริญเติบโตของศัตรูพืช ไม่ว่าจะเป็นแมลง วัชพืช โรคพืช หรือสิ่งที่จะทำให้พืชผลเกิดความเสียหาย สารปราบศัตรูพืชเป็นสารเคมีอันตรายทั้งต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ต้องมีการใช้อย่างระมัดระวัง เพราะในปริมาณน้อยนิดสารเคมีเหล่านี้ก็สามารถทำให้เกิดอาการพิษต่างๆ หรือแม้แต่การเสียชีวิตได้

### 2.5.1 พาราควอต (Paraquat)

พาราควอต (Paraquat) เป็นวัตถุมีพิษทางการเกษตรที่ใช้ในการกำจัดวัชพืช ใช้สำหรับกำจัดวัชพืชที่ขึ้นในบริเวณสวนผลไม้ พาราควอตเป็นอันตรายในอาหารประเภทอันตรายทางเคมี เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะออกฤทธิ์ทำลายอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายทำให้เกิดอาการไตอักเสบ ตับอักเสบ และปอดอักเสบ เป็นต้น

พาราควอต เป็นพิษอย่างร้ายแรงถ้าถูกกลืนกินเข้าไป ขนาดปริมาณของพาราควอตเข้มข้น 20% จำนวน 1 อึก อาจทำให้เสียชีวิตจากการที่ปอดถูกทำลายโดยเกิดพังผืดขึ้นในเนื้อปอดภายในเวลา 2 สัปดาห์ ถ้ากลืนพาราควอตเข้าไปในปริมาณมากจะเสียชีวิตภายใน 12 ชั่วโมง ผิวหนังที่สัมผัสสารเป็นเวลานานและจำนวนมากจะเกิดอันตรายขึ้นได้โดยเฉพาะเด็ก ๆ การหายใจเอาละอองของพาราควอตเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจเนื่องจากการฉีดพ่นกำจัดวัชพืชจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองในจมูก ในลำคอ และมีเลือดกำเดาไหล



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของพาราควอต (Paraquat)

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการ

#### 3.1 การทดลองหาประสิทธิภาพในการกำจัดสารเคมีปราบศัตรูพืชด้วยกระบวนการดูดซับ

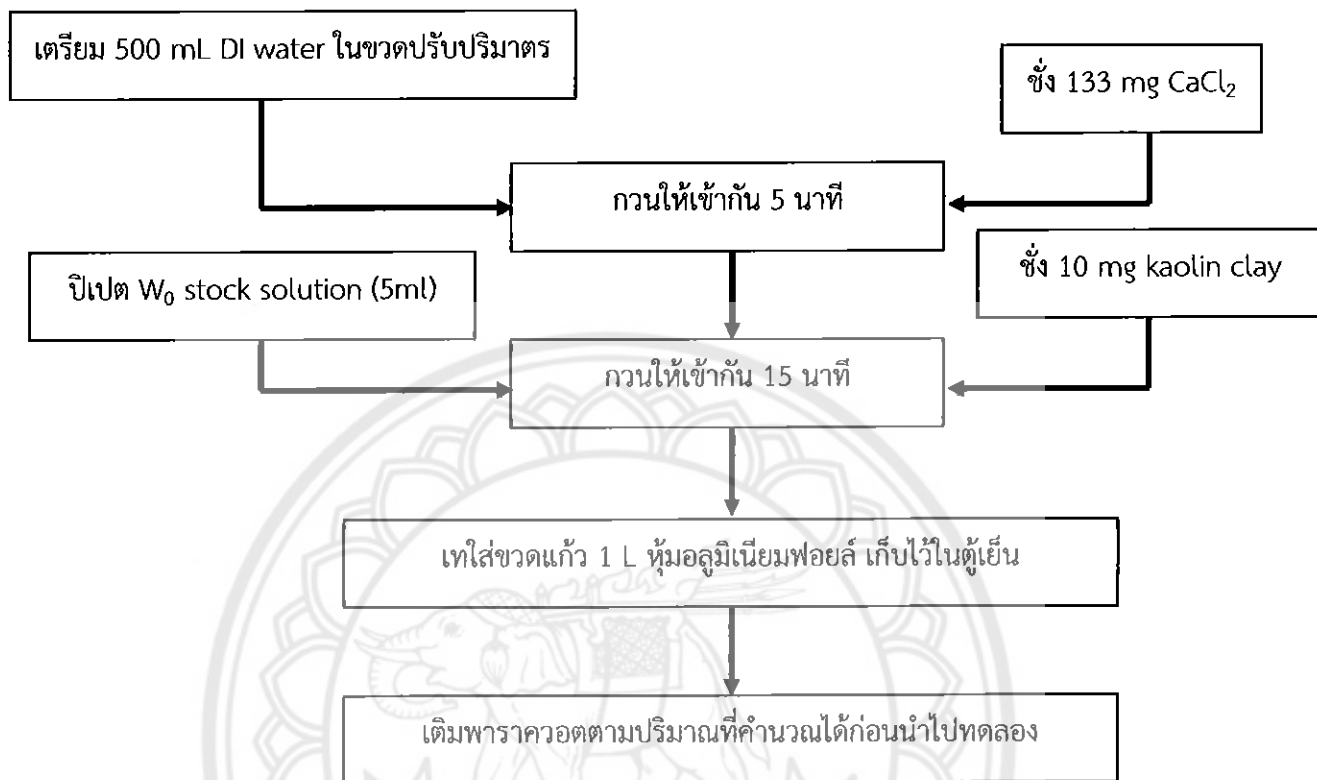
##### 3.1.1 การทดลองหาประสิทธิภาพในการกำจัด พาราควอต (Paraquat)

###### 3.1.1.1 วิธีการทดลองโดยใช้ สารดูดซับ Powder Activated Carbon (PAC) หรือ ถ่านกัมมันต์

1. เตรียมสารเคมีปราบศัตรูพืช (พาราควอต) 5000 ppm / 1 L
2. หากราฟมาตรฐาน (Standard Curve) ของพาราควอต (Paraquat)
3. เตรียม  $W_0$  Stock

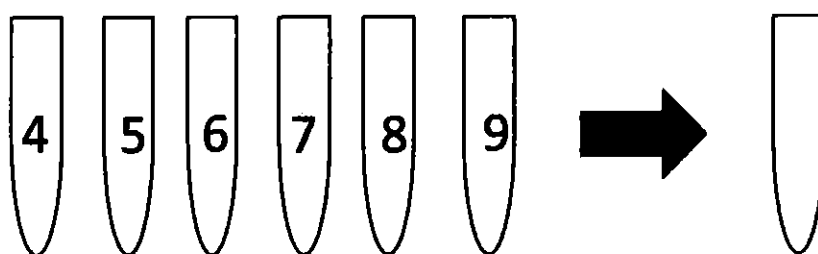


4. เตรียมน้ำตัวอย่าง ( $W_1$ ) จากอัตราส่วนต่อไปนี้ DI 1L + 20 mg Kaolin clay +  $CaCl_2$



5. การหา pH (4,5,6,7,8,9) ที่เหมาะสมในการดูดซับ ดังรูปที่ 3.1

- นำน้ำตัวอย่าง( $w_1$ ) มาปรับ pH โดยใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) และกรดไฮโดรคลอริก (HCl)
- เติม PAC ปริมาณ 150 mg/l
- เก็บตัวอย่างตามเวลาดังนี้ 0,5,10,20,30,45,60 นาที

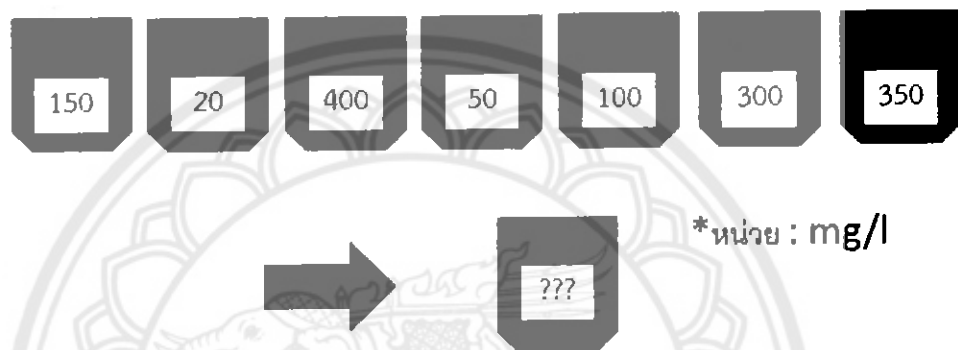


เลือก pH ที่เหมาะสมในการดูดซับ

รูปที่ 3.1 การหา pH ที่เหมาะสมในการดูดซับ

6. การหาปริมาณของ PAC ที่ดูดซับได้ดีที่สุด ดังรูปที่ 3.2

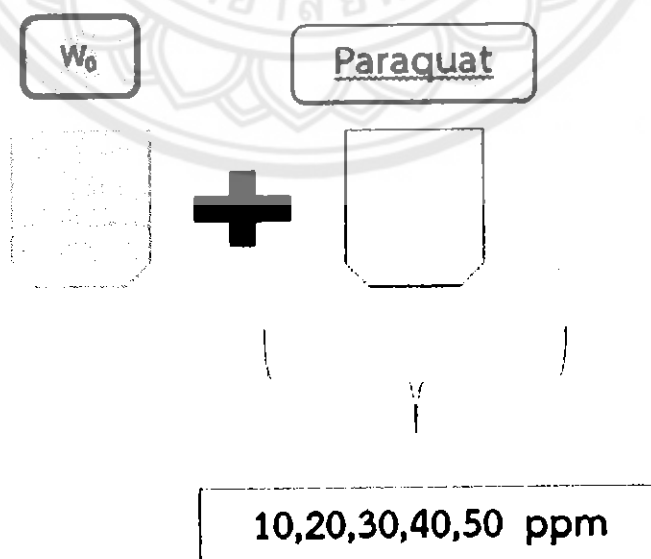
- เตรียมน้ำ จากอัตราส่วนต่อไปนี้ น้ำตัวอย่าง ( $w_1$ ) + Paraquat 50 ppm
- ปรับ pH ให้เป็นข้อ 5 จำนวน 7 บีกเกอร์
- เติม PAC ในปริมาณ 20,50,100,150,300,350,400 mg/l ลงในบีกเกอร์
- เก็บตัวอย่างตามเวลาดังนี้ 0,5,10,20,30,45,60 นาที



รูปที่ 3.2 การหาปริมาณของ ถ่านกัมมันต์ ที่ดูดซับได้ดีที่สุด

7. การหาประสิทธิภาพในการกำจัดพาราควอต (Paraquat)

- เตรียมน้ำ จาก อัตราส่วนต่อไปนี้  $w_1$  + Paraquat (10,20,30,40,50 ppm) ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การเตรียมน้ำตัวอย่าง

- ปรับ pH ให้เหมาะสมดังที่ได้จากข้อ 5
- เติม PAC ในปริมาณที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 6
- เก็บตัวอย่างน้ำ ที่ 0,5,10,20,30,45,60 min

### 3.1.1.2 วิธีการทดลองโดยใช้ สารดูดซับแมงกานีสไดออกไซด์ ( $MnO_2$ ) หรือ ทรายเขียว

#### 1. วิธีการทดลองเหมือนกับการทดลอง 3.1.1.1 โดยใช้ ทรายเขียว แทน ถ่านกัมมันต์

- หมายเหตุ :
- หาที่ปริมาณ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อน
  - หาที่ปริมาณ 20 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร (ดูความห่างของช่อง ถ้าห่างน้อยเกินไปให้ เพิ่มช่วง)





## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารเคมีปราบศัตรูพืชด้วยกระบวนการดูดซับของระบบน้ำสะอาด

เนื่องจากระบบประปาเป็นระบบที่ออกแบบมาเพื่อบำบัดน้ำที่มาจากแหล่งน้ำในธรรมชาติได้แก่น้ำใต้ดิน และน้ำผิวดิน ซึ่งประกอบไปด้วย ตะกอนดิน แร่ธาตุต่างๆ แต่สำหรับสารเคมีปราบศัตรูพืช นั้นเป็นสารเคมีที่มีการสังเคราะห์ขึ้นเพื่อประโยชน์ทางการเกษตร เมื่อบนเปื้อนสู่แหล่งน้ำและเข้าสู่ระบบประปาแล้วไม่สามารถกำจัดออกได้ เนื่องด้วยระบบประปาไม่ได้ออกแบบมาเพื่อรองรับสารเคมีปราบศัตรูพืช ทำให้น้ำหลังจากกระบวนการบำบัดอาจมีการปนเปื้อนของสารเคมีปราบศัตรูพืช

ระบบประปาหมู่บ้านของจังหวัดน่านนั้นเป็นระบบประปาที่ใช้กันโดยทั่วไป จึงมีประสิทธิภาพในการบำบัด ตะกอนดิน และแร่ธาตุในธรรมชาติเท่านั้น สำหรับแหล่งน้ำภายในจังหวัดน่านนั้น มีการปนเปื้อนของสารเคมีปราบศัตรูพืช ระบบประปาที่มีอยู่ไม่สามารถบำบัดสารเคมีปราบศัตรูพืชได้ จึงอาจจะทำให้ชาวบ้านที่ใช้น้ำจากระบบประปาได้บริโภคน้ำที่มีการปนเปื้อนของสารเคมีปราบศัตรูพืชตามไปด้วย

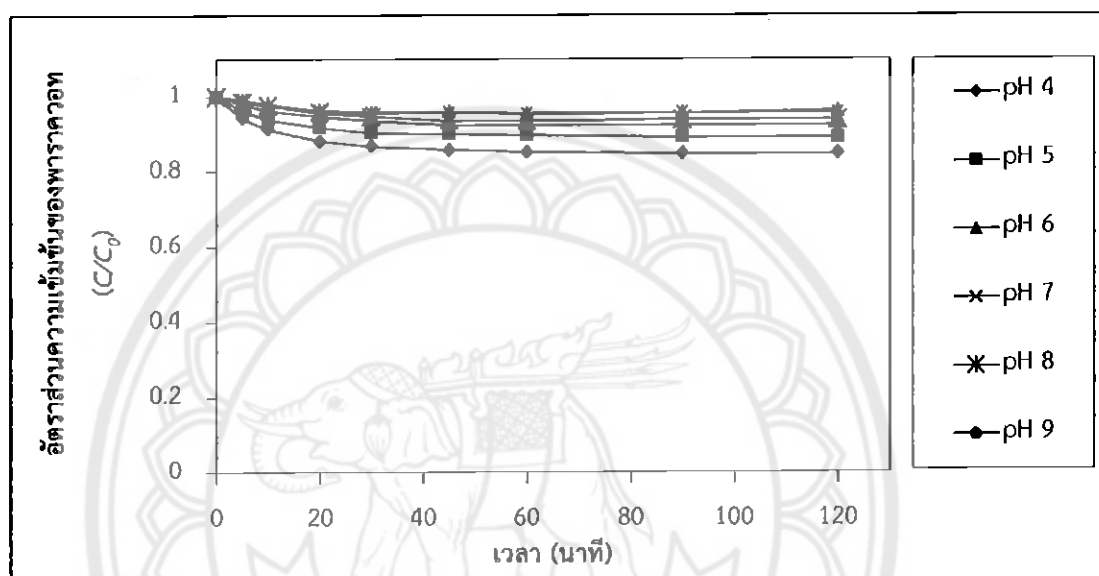
ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษากระบวนการดูดซับในระบบประปาโดยใช้ถ่านกัมมันต์และทรายเขียวเป็นสารดูดซับ

## 4.2 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ทรายเขียว

### 4.2.1 หาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ทรายเขียว

พีเอชมีผลต่อความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับ ซึ่งจะมีผลต่อ ไอโซเทอมด้วยและมีผลต่อประจุของตัวถูกดูดซับจึงต้องหาค่าพีเอชที่เหมาะสมเพื่อให้ทั้งตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับมันเกิดปฏิกิริยาในการดูดซับ

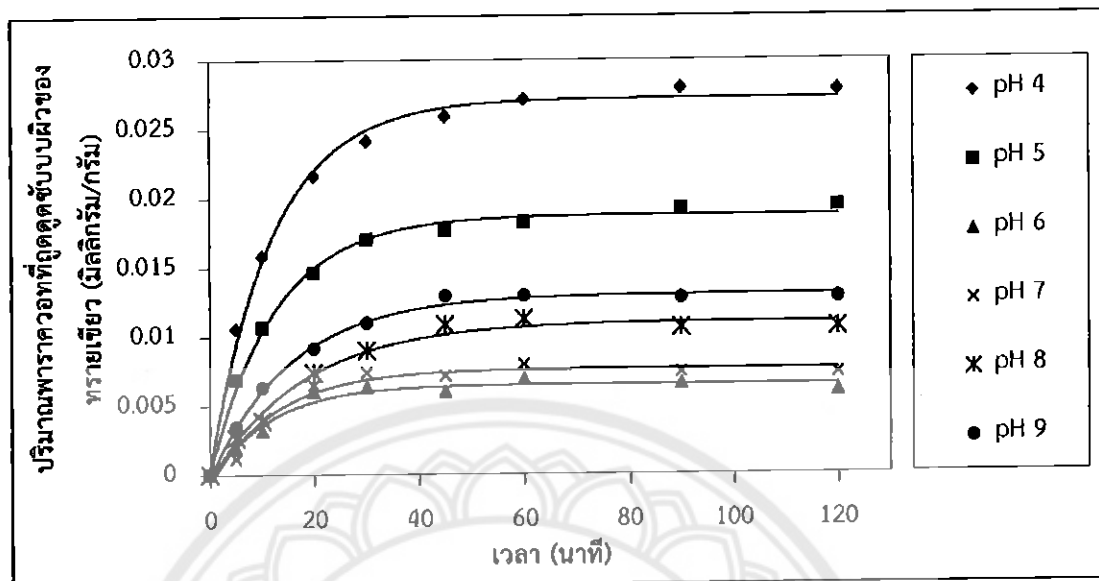
- อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ )



รูปที่ 4.1 อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ )

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า พีเอช 4 มีอัตราส่วนความเข้มข้นพาราควอตในน้ำลดลงมากที่สุดประมาณร้อยละ 20 และพีเอช 8 มีอัตราส่วนความเข้มข้นพาราควอตในน้ำลดลงน้อยที่สุดประมาณร้อยละ 5 เมื่อเทียบกับพีเอช 5 6 7 และ 9

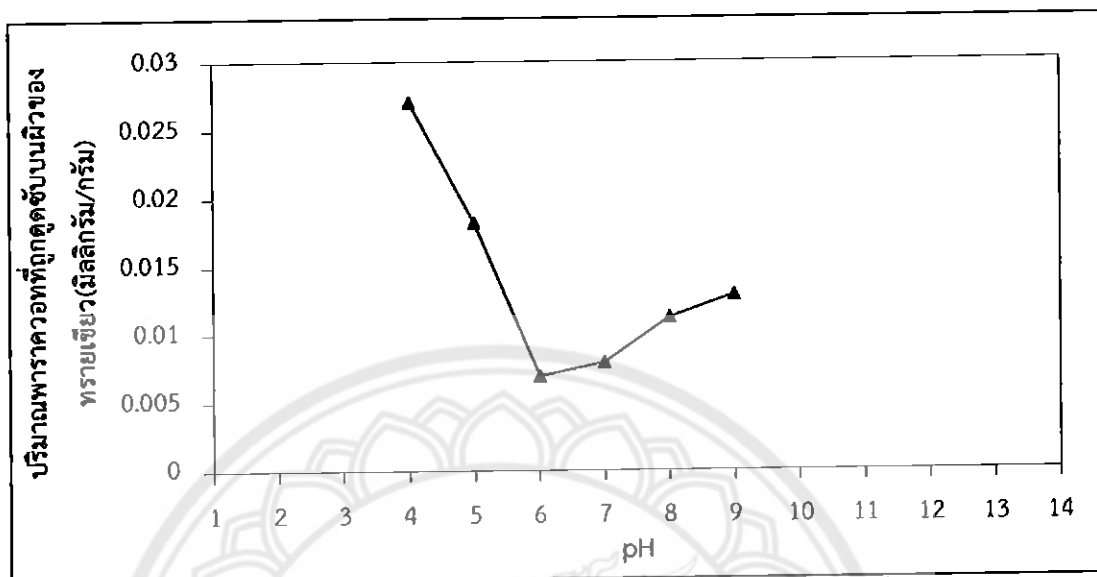
- ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม)



รูปที่ 4.2 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม)

จากรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า พีเอช 4 มีปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียวมากที่สุด ซึ่งดูดซับพาราควอตประมาณ 0.027 มิลลิกรัมต่อกรัม ในช่วงเวลา 0-45 นาทีแรก และหลังจาก 45 นาที การดูดซับเข้าสู่สภาวะสมดุล เมื่อเทียบกับพีเอช 5 6 7 8 และ 9 พีเอช 4 ดูดซับได้ดีที่สุดเพราะโครงสร้างของทรายเขียวเป็นสารออกซิไดซ์ที่มีประจุเป็นบวก จึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับพาราควอตที่มีประจุเป็นลบ ส่งผลให้พีเอช 4 เป็นพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ทรายเขียว

- ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที



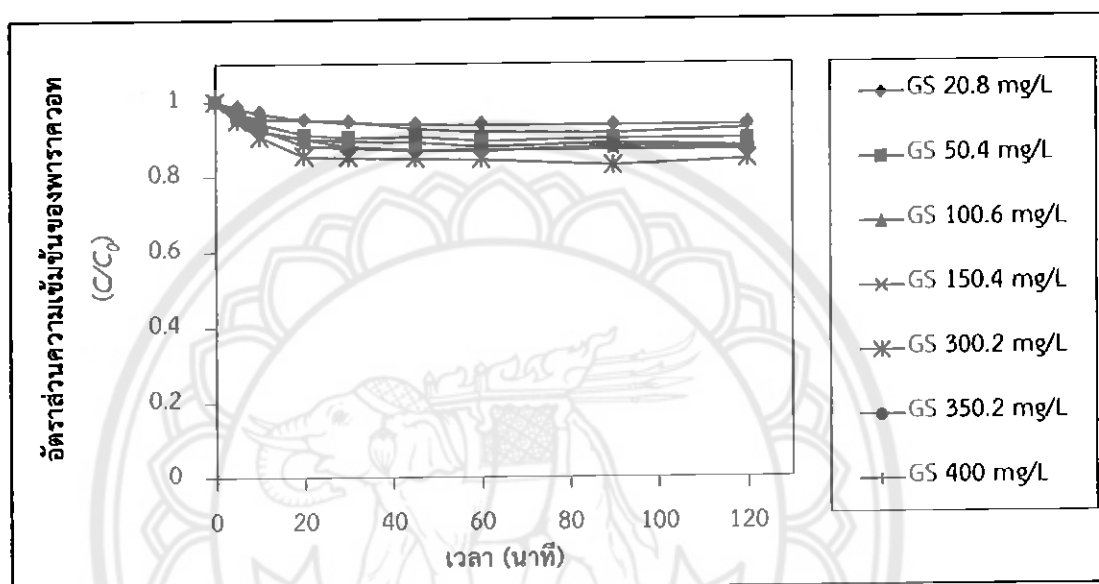
รูปที่ 4.3 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที

จากรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าที่ พีเอช 4 มีปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียวมากที่สุด และ พีเอช 6 มีปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียวน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับ พีเอช 5 7 8 และ 9

#### 4.2.2 หาปริมาณทรายเขียวที่เหมาะสมในการดูดซับฟาราควอด

การปรับปริมาณของทรายเขียวเพื่อที่จะหาปริมาณของสารที่จะใช้ให้เหมาะสมนั้นต้องหาปริมาณที่สามารถบำบัดฟาราควอดได้ดีที่สุดไม่ใช่ว่าใช้มากจะดีที่สุด เพราะอาจมีการแย่งกันทำปฏิกิริยาหรือขัดขวางการทำงานกันเองได้

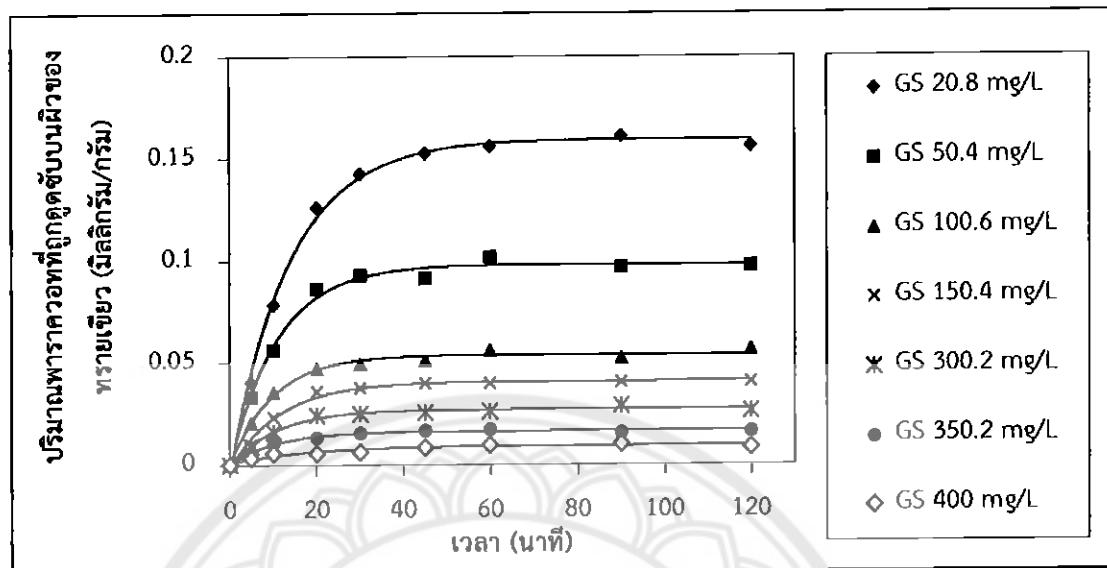
- อัตราส่วนความเข้มข้นของฟาราควอด ( $C/C_0$ )



รูปที่ 4.4 อัตราส่วนความเข้มข้นของฟาราควอด ( $C/C_0$ )

จากรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณทรายเขียว 300.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้อัตราส่วนความเข้มข้นฟาราควอดในน้ำลดลงมากที่สุด ประมาณร้อยละ 20 และ ปริมาณทรายเขียว 20.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้อัตราส่วนความเข้มข้นฟาราควอดในน้ำลดลงน้อยที่สุด ประมาณร้อยละ 5 เมื่อเทียบกับปริมาณทรายเขียวอื่นๆดังนี้ 50.4, 100.6, 150.4, 350.2, 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

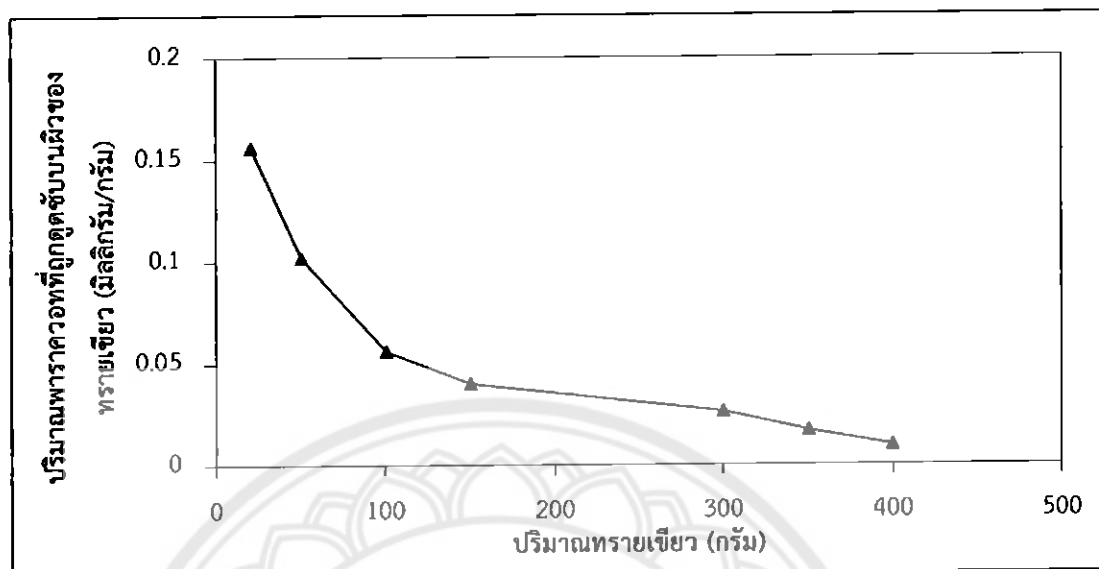
- ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม)



รูปที่ 4.5 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม)

จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณทรายเขียว 20.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียวมากที่สุด ซึ่งดูดซับพาราควอตประมาณ 0.157 มิลลิกรัมต่อกรัม ในช่วงเวลา 0-45 นาทีแรก และหลังจาก 45 นาที การดูดซับเข้าสู่สภาวะสมดุล เมื่อเทียบกับปริมาณทรายเขียวดังนี้ 50.4, 100.6, 150.4, 300.2, 350.2, 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทรายเขียว 20.8 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงเป็นปริมาณที่เหมาะสมในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ทรายเขียว

- ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที



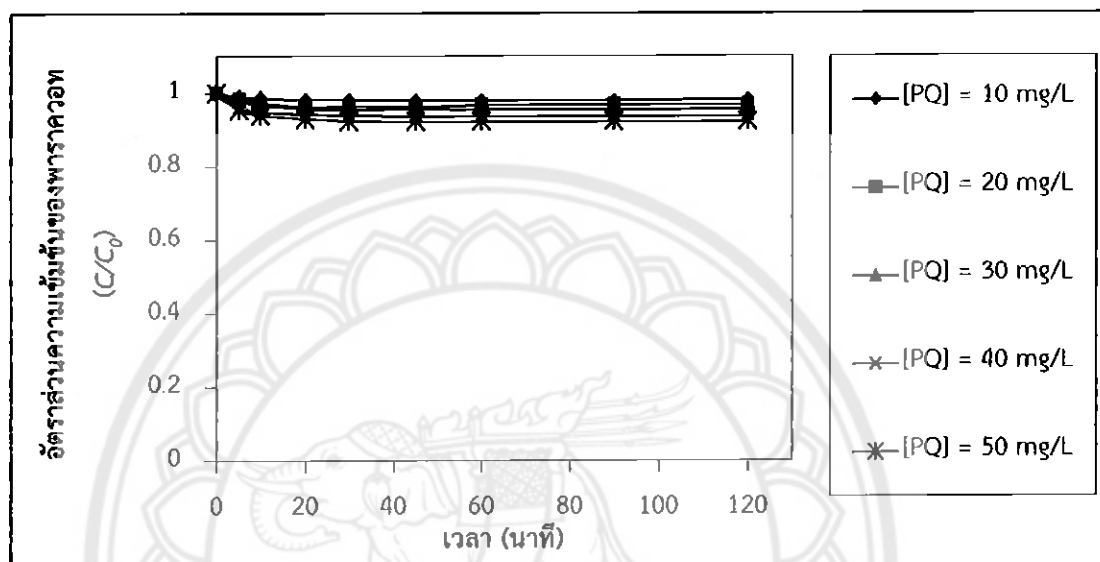
รูปที่ 4.6 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที

จากรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าที่ ปริมาณทรายเขียว 20.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียวมีปริมาณมากที่สุด และ ปริมาณทรายเขียว 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียวน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับ ปริมาณทรายเขียวดังนี้ 50.4, 100.6, 150.4, 300.2, 350.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

#### 4.2.3 หาความสามารถในการดูดซับของพาราควอต

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นต่าง ๆ นั้น เพื่อดูการดูดซับของสารดูดซับต่อสารเคมี  
 ปรายคัตรูพีชว่า ในความเข้มข้นต่าง ๆ นั้น จะถูกดูดซับได้ในปริมาณสูงสุดเท่าใด

- อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ )

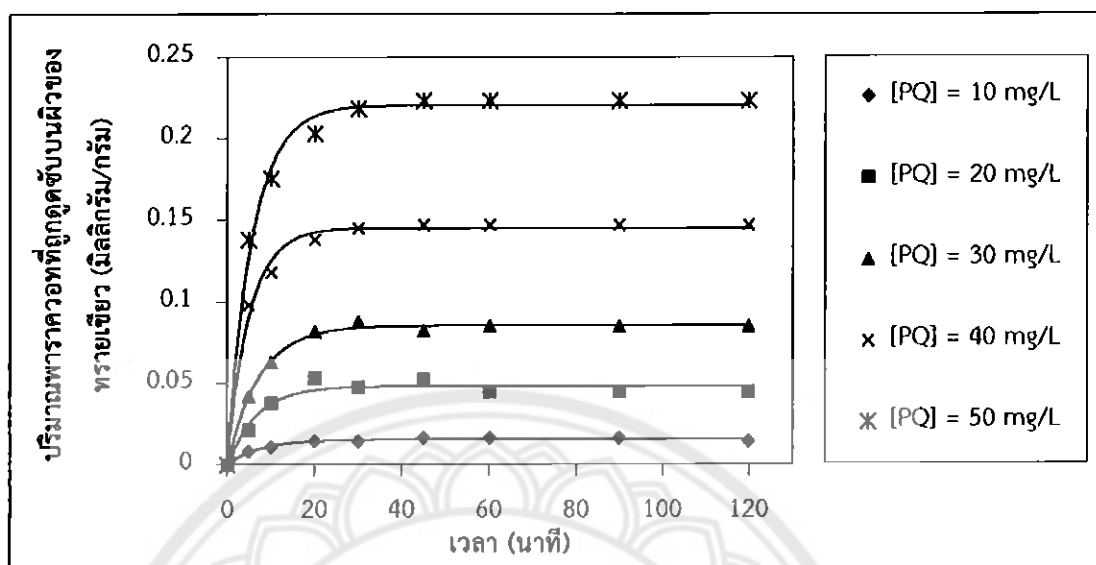


รูปที่ 4.7 อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ )

จากรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่า อัตราความเข้มข้นของพาราควอตลดลง ประมาณ  
 ร้อยละ 5-10 ตั้งแต่ 0 - 10 นาที หลังจาก 10 นาที ความเข้มข้นของพาราควอตเข้าสู่สภาวะสมดุล



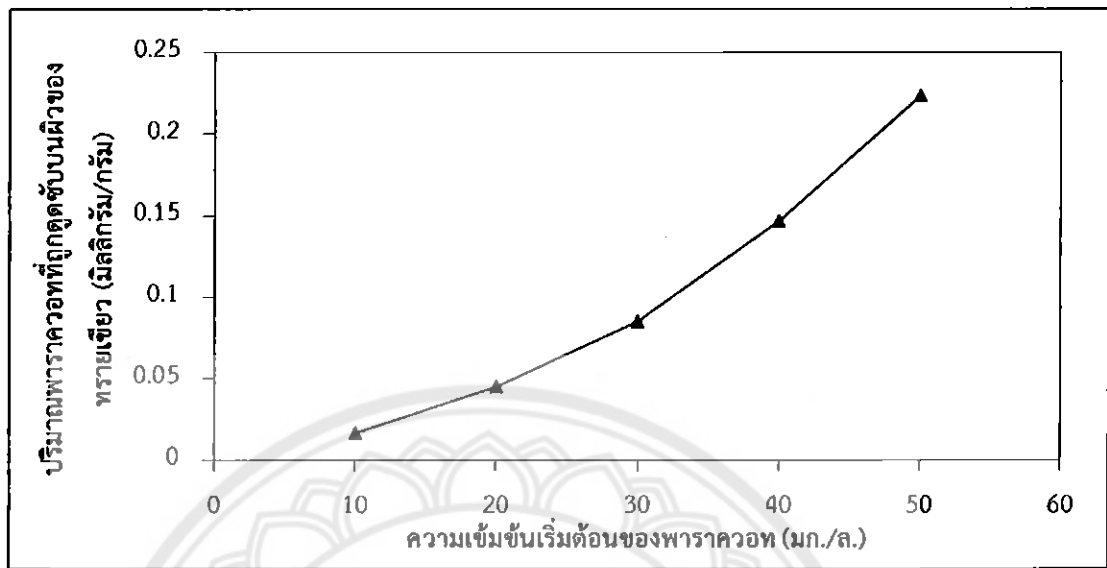
- ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม)



รูปที่ 4.8 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม)

จากรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว ลดลงตั้งแต่ 0 - 20 นาที หลังจากนั้นปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวเข้าสู่สภาวะสมดุล

- ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที



รูปที่ 4.9 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที

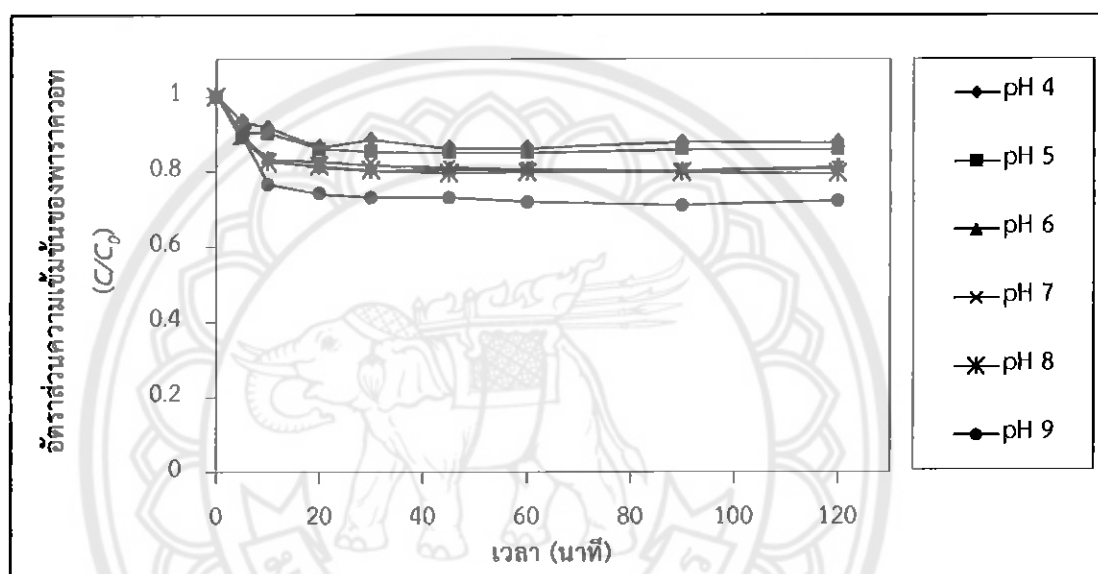
จากรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณของพาราควอตที่ 10 20 30 40 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราส่วนปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับเข้าสู่สภาวะสมดุล

### 4.3 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ถ่านกัมมันต์

#### 4.3.1 หาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ถ่านกัมมันต์

พีเอชมีผลต่อความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับ ซึ่งจะมีผลต่อ ไอโซเทอมด้วยและมีผลต่อประจุของตัวถูกดูดซับจึงต้องหาค่าพีเอชที่เหมาะสมเพื่อให้ทั้งตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับมันเกิดปฏิกิริยาในการดูดซับ

- อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ )

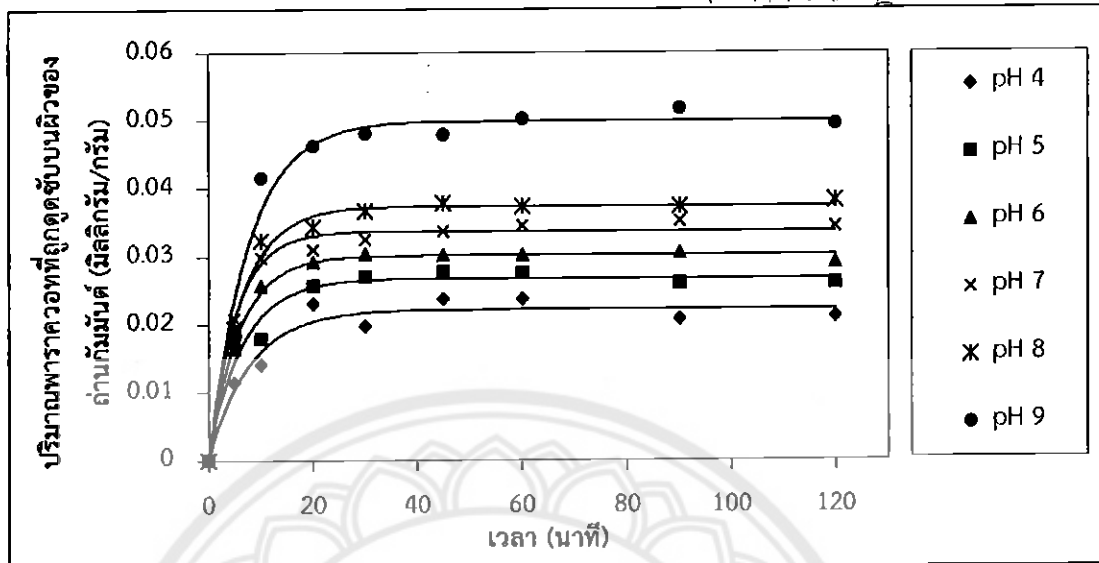


รูปที่ 4.10 อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ )

จากรูปที่ 4.10 แสดงให้เห็นว่า พีเอช 9 มีอัตราส่วนความเข้มข้นพาราควอตในน้ำลดลงมากที่สุด ประมาณร้อยละ 30 และพีเอช 6 มีอัตราส่วนความเข้มข้นพาราควอตในน้ำลดลงน้อยที่สุดประมาณร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับพีเอช 4 5 7 8 และ 8

- ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม)

1. 9195862

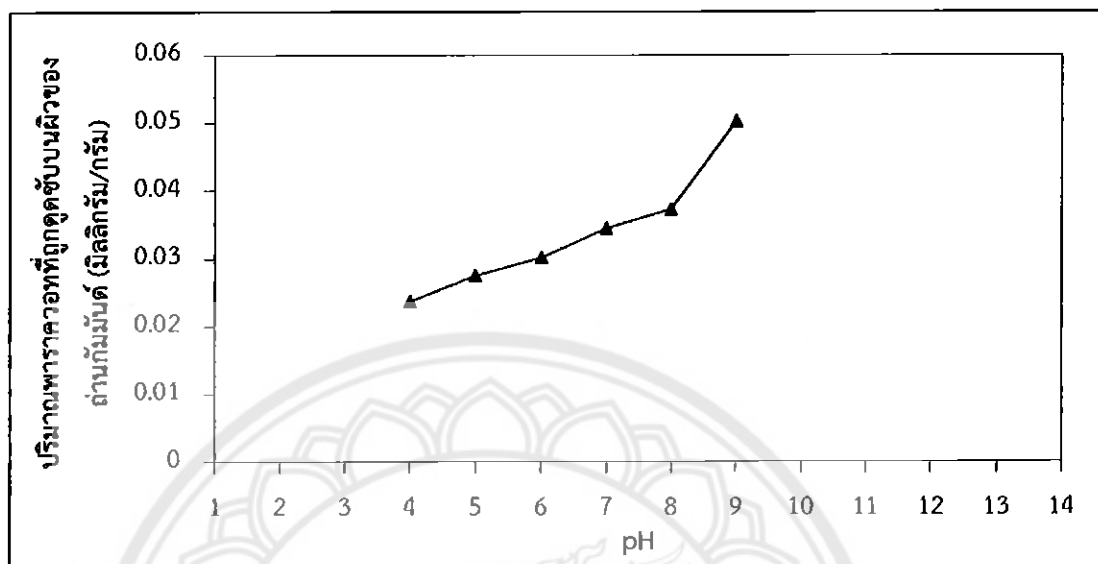


รูปที่ 4.11 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม)

จากรูปที่ 4.11 แสดงให้เห็นว่า พีเอช 9 มีปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์มากที่สุด ซึ่งดูดซับพาราควอตประมาณ 0.05 มิลลิกรัม/กรัม ในช่วงเวลา 0-30 นาทีแรก และหลังจาก 30 นาทีกราฟเข้าสู่สภาวะสมดุล เมื่อเทียบกับพีเอช 4 5 6 7 และ 8 พีเอช 9 จึงเป็นพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ถ่านกัมมันต์

- ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60

นาที



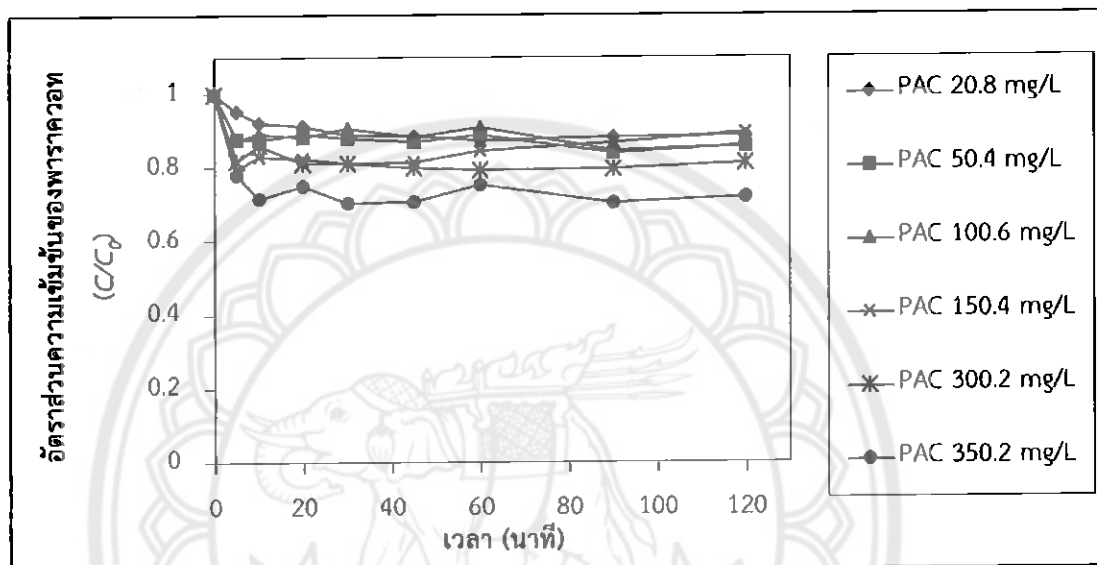
รูปที่ 4.12 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที

จากรูปที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่าที่ พีเอช 9 มีปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์มากที่สุด และ พีเอช 4 มีปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์มากที่สุดเมื่อเทียบกับ พีเอช 5 6 7 และ 8

#### 4.3.2 หาปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมในการดูดซับพาราควอต

การปรับปริมาณของถ่านกัมมันต์ เพื่อที่จะหาปริมาณของสารที่จะใช้ให้เหมาะสมนั้น ต้องหาปริมาณที่สามารถบำบัดพาราควอตได้ดีที่สุดไม่ใช่ว่าใช้มากจะดีที่สุด เพราะอาจมีการแย่งกันทำปฏิกิริยาหรือขัดขวางการทำงานกันเองได้

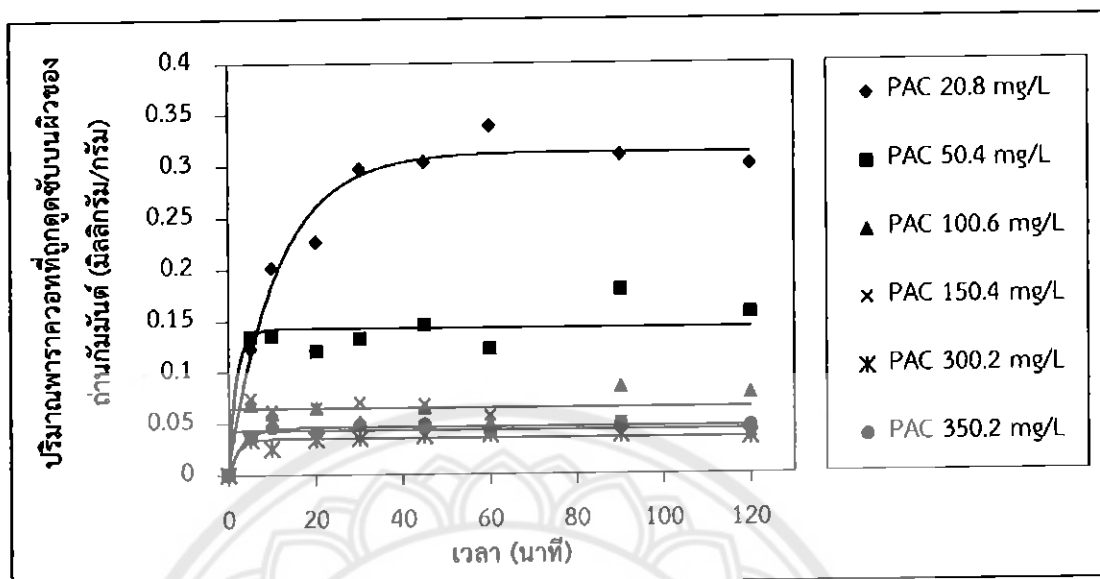
- อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ )



รูปที่ 4.13 อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ )

จากกราฟที่ 4.13 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณถ่านกัมมันต์ 350.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้อัตราส่วนความเข้มข้นพาราควอตในน้ำลดลงมากที่สุด เมื่อเทียบกับปริมาณถ่านกัมมันต์ อื่นๆ ดังนี้ 20.8, 50.4, 100.6, 150.4, 300.2, 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

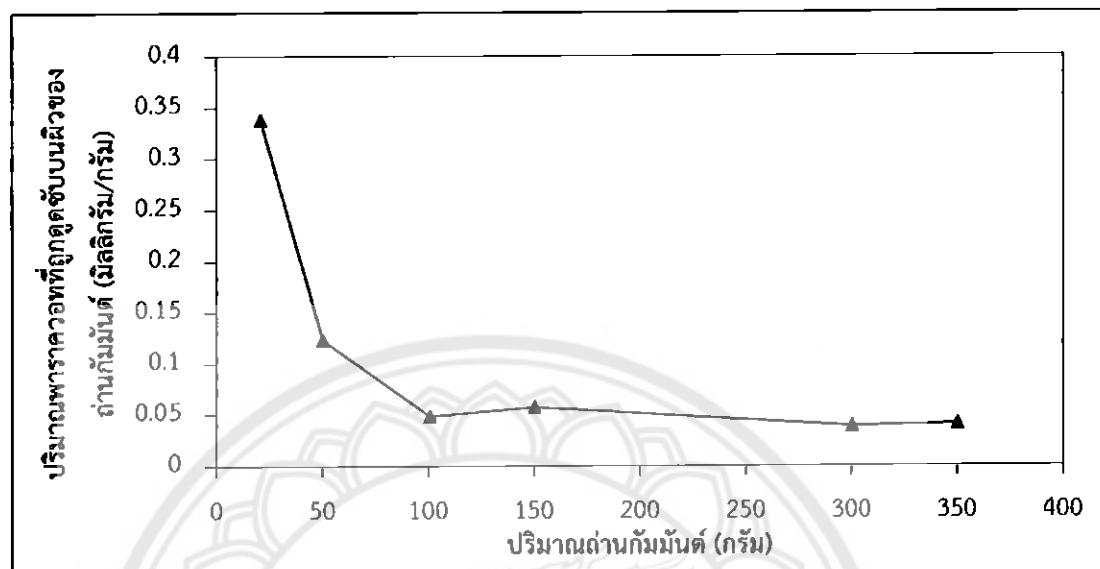
- ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม)



รูปที่ 4.14 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม)

จากรูปที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่า กราฟมีค่าผิดพลาดเนื่องจากปริมาณถ่านกัมมันต์เป็นการดูดซับทางกายภาพ ฉะนั้นปริมาณถ่านกัมมันต์ที่มีค่าสูง ประสิทธิภาพการดูดซับก็สูงตามไปด้วย จึงเลือกค่าถ่านกัมมันต์ที่ 350.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

- ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที



รูปที่ 4.15 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที

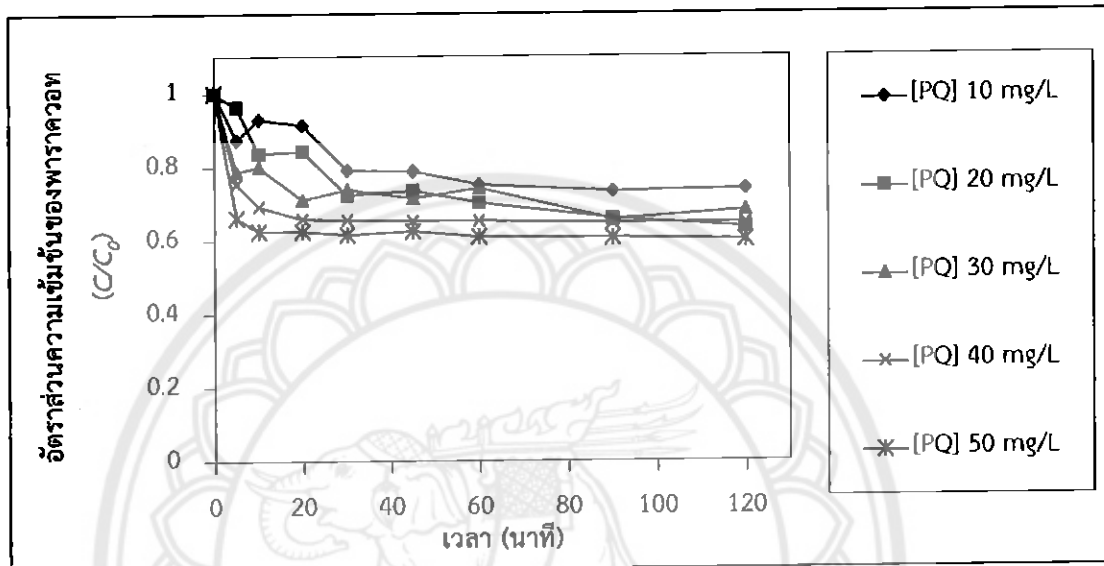
จากรูปที่ 4.15 แสดงให้เห็นว่าที่ ปริมาณถ่านกัมมันต์ 20.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์มีปริมาณมากที่สุด และ ปริมาณถ่านกัมมันต์ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์น้อยที่สุด เมื่อเทียบกับถ่านกัมมันต์ดังนี้ 50.4, 100.6, 150.4, 300.2, 350.2 มิลลิกรัมต่อลิตร



### 4.3.3 หาความสามารถในการดูดซับของพาราควอต

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นต่างๆ นั้น เพื่อดูการดูดซับของสารดูดซับต่อสารเคมี  
 ปรอบศัตรูพืชว่า ในความเข้มข้นต่างๆนั้น จะถูกดูดซับได้ในปริมาณสูงสุดเท่าใด

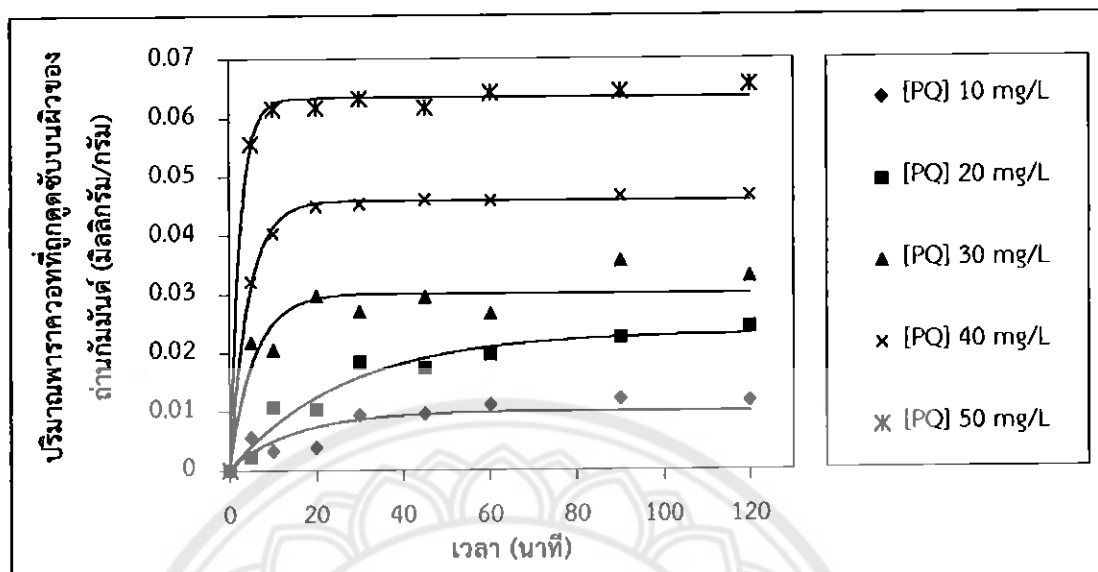
- อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ )



รูปที่ 4.16 อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ )

จากรูปที่ 4.16 แสดงให้เห็นว่า อัตราความเข้มข้นของพาราควอตลดลงตั้งแต่ 0 -  
 10 นาที หลังจากนั้นความเข้มข้นของพาราควอตเข้าสู่สภาวะสมดุล

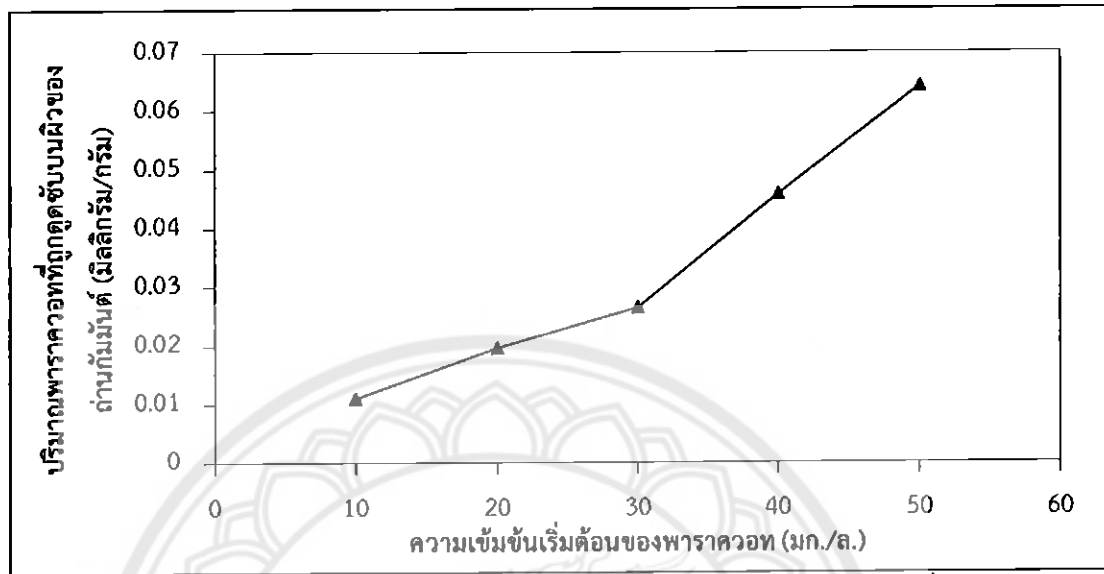
- ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม)



รูปที่ 4.17 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม)

จากรูปที่ 4.17 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ ลดลงตั้งแต่ 0 - 20 นาที หลังจากนั้นปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวเข้าสู่ภาวะสมดุล

- ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที



รูปที่ 4.18 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที

จากรูปที่ 4.18 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณของพาราควอตที่ 10 20 30 40 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราส่วนปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับเข้าสู่สภาวะสมดุล

#### 4.4 การประเมินภาพรวมผลของประสิทธิภาพกระบวนการดูดซับต่อความเข้มข้นของสารเคมีปราบศัตรูพืช

ทรายเขียวดูดซับได้ดีในน้ำที่มีสภาวะเป็นกรด ส่วนถ่านกัมมันต์ดูดซับได้ดีในน้ำที่มีสภาวะเป็นด่าง ถ่านกัมมันต์ต้องใช้ปริมาณมากกว่าทรายเขียวเนื่องจากถ่านกัมมันต์ต้องใช้กระบวนการทางกายภาพในการดูดซับ ปริมาณถ่านที่มากขึ้นจะทำให้พื้นที่ผิวในการดูดซับมากขึ้นและสามารถดูดซับได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ในการดูดซับสารเคมีปราบศัตรูพืช

## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 บทสรุป

ปัจจุบันน้ำที่เข้ามาในระบบประปาหมู่บ้านในจังหวัดน่าน เพื่อให้ชาวบ้านอุปโภคและบริโภคนั้น มีการปนเปื้อนสารเคมีปราบศัตรูพืช ซึ่งสารเคมีเหล่านี้ไม่สามารถถูกกำจัดออกจากระบบประปาได้ เนื่องจากระบบประปาโดยทั่วไปไม่มีกระบวนการกำจัดหรือลดปริมาณสารเคมีปราบศัตรูในระบบประปา

ในงานวิจัยจึงทำการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการดูดซับในระบบประปาหมู่บ้านในการกำจัดสารเคมีปราบศัตรูพืชโดยใช้ถ่านกัมมันต์และทรายเขียว ซึ่งเป็นสารดูดซับที่ใช้จริงในระบบประปาหมู่บ้านมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพการลดสารเคมีปราบศัตรูพืชในระบบประปา

ผลการศึกษาพบว่าสารดูดซับทั้งสองชนิดสามารถดูดซับสารเคมีปราบศัตรูพืชได้ในปริมาณหนึ่ง ซึ่งทรายเขียวมีประสิทธิภาพในการดูดซับมากกว่าถ่านกัมมันต์ แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการดูดซับยังไม่สามารถกำจัดสารเคมีปราบศัตรูพืชได้เนื่องจากสารดูดซับไม่สามารถดูดซับสารเคมีปราบศัตรูพืชชนิดพาราควอต ได้หมด

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์กระบวนการดูดซับในระบบประปาหมู่บ้านในจังหวัดน่าน พบว่ากระบวนการดูดซับไม่สามารถกำจัดสารปราบศัตรูพืชชนิดพาราควอต ออกจากระบบได้จึงส่งผลให้ชาวบ้านที่มีความขัดสนด้านรายได้จำเป็นต้องอุปโภคและบริโภคน้ำจากระบบประปา แต่ชาวบ้านที่มีความสามารถด้านการเงินสามารถซื้อน้ำดื่มมาบริโภค แต่อย่างไรก็ตามการแก้ไขโดยการซื้อน้ำดื่มมาใช้ไม่ใช่การแก้ปัญหาที่ถูกต้อง เนื่องจากแหล่งน้ำในจังหวัดน่านค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ จึงจำเป็นต้องมีหน่วยงานเข้าไปทำการแก้ไขอย่างเร่งด่วน ด้วยการพัฒนาระบบประปาให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารปราบศัตรูพืชออกจากระบบ เพื่อให้น้ำที่ออกจากระบบนั้นสะอาดปราศจากสารเคมีและสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

## เอกสารอ้างอิง

พวงรัตน์ ขจิตวิษยานุกูล. (2557). นาโนเทคโนโลยีเพื่อสิ่งแวดล้อม. (พิมพ์ครั้งที่1). พิษณุโลก:

รัตนสุวรรณการพิมพ์ 3.

ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง. วิศวกรรมประปาและสุขาภิบาล.



**ภาคผนวก ก**  
**วิธีการทดลองและวิธีการคำนวณ**

**1. การทดลองการสกัดด้วยตัวทำละลาย(Liquid-Liquid Extraction, LLE)**  
**(ตามมาตรฐาน EPA Method)**

**1.1 สารเคมีและอุปกรณ์**

- เมทิลีนคลอไรด์
- โซเดียมซัลเฟต แอนไฮไดรรัส
- เฮกเซน
- K-D concentrator
- กรวยแยก 2000 mL
- บีกเกอร์ 2000 mL

**1.2 วิธีการทดลอง**












- ตวงตัวอย่างปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ใส่ใน Separatory Funnel ขนาด 2000 มิลลิลิตร(ถ้าตัวอย่างมีตะกอนหรือขุ่นมากๆ ให้กรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ใส่ methylene chloride 100 มิลลิลิตร ใน Separatory Funnel (ทำใน hood)
- เขย่าขวด funnel เป็นเวลา 2 นาที โดยระหว่างเขย่าให้เปิดฝาเพื่อระบายแรงดันภายใน
- เทสารละลายลงใน Beaker ขนาด 2000 มิลลิลิตร และปั่นละลายเป็นเวลา 2 นาที
- เทสารละลายจากข้อ 4 กลับลงในขวด funnel และตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดการแยกชั้น ประมาณ 10 นาที
- เปิดสารส่วนล่างใส่ขวดแก้ว
- ทำซ้ำ อีก 2 รอบ
- นำตัวอย่างที่ได้ไปทำ K-D concentrator

**2. วิธีการทำ K-D concentrator**


- 2.1 นำตัวอย่างที่สกัดได้ลงในชุด KD Flast
- 2.2 กลั้วขวดตัวอย่างด้วย Methylene chloride 20 มิลลิลิตร
- 2.3 นำชุด KD Flast ลงในน้ำร้อน
- 2.4 ตั้งทิ้งไว้ในน้ำร้อน จนกระทั่ง Methylene chloride เหลือประมาณ 2 มิลลิลิตร
- 2.5 นำชุด KD ออกมาตั้งทิ้งไว้จนกระทั่งตัวอย่างเย็นลง
- 2.6 เติม hexane 20 มิลลิลิตร และเขย่าชุด KD Flast เพื่อให้สารกับ hexane ผสมกัน

- 2.7 นำชุด KD ลงในน้ำร้อน
- 2.8 ตั้งทิ้งไว้ในน้ำร้อนจนกระทั่ง hexane เหลือ 2 มิลลิลิตร
- 2.9 ยกออกมาและตั้งทิ้งไว้ จนกระทั่งเย็นลง ให้เปิดตัวอย่าง 1.5-2 มิลลิลิตร ลงในขวด vial
- 2.10 นำตัวอย่างไปวาดกราฟด้วย GC-NPD detector

### 3. วิธีการหาค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสมกับสาร และวิธีการใช้เครื่อง Spectro Photometer

- 3.1 เปิดเครื่องที่ปุ่มด้านหลัง ควรเปิดเครื่องก่อนการใช้งานประมาณ 30 นาที
- 3.2 หน้าจอจะขึ้น 0.000A ให้กดปุ่ม Test ที่ตัวเครื่อง
- 3.3 เลือก Scanning บนหน้าจอ แล้วกด Enter
- 3.4 ตั้งชื่อไฟล์ กดปุ่ม Enter เมื่อแถบสีตัวอยู่ตรงหัวข้อ Test Name
  - 3.4.1 ใช้ปุ่ม  และ  เพื่อเลื่อนไปยังตัวอักษรที่ต้องการ
  - 3.4.2 หากมีชื่อเดิมหรือชื่อที่ไม่ต้องการค้างอยู่ ให้กดปุ่ม  เลือก Delete Name
  - 3.4.3 ใช้ปุ่มข้อ 4.1 เลือกตัวอักษรแล้วกด  เลือก Add Character เพื่อเลือกตัวอักษรที่ต้องการ
  - 3.4.4 หากใส่ตัวอักษรผิด ให้กด  เลือก Delete Character เพื่อลบตัวอักษรที่ไม่ต้องการ
  - 3.4.5 เมื่อได้ชื่อที่ต้องการให้กด  เลือก Accept Name เพื่อยืนยันชื่อที่ต้องการ
- 3.5 หัวข้อ Measurement Mode กดปุ่ม Enter แล้วตรวจสอบให้แน่ชัดว่าได้เลือกหัวข้อ Absorbance หากไม่ใช่ให้กด Enter แล้วกด  หรือ  เพื่อเลือกหัวข้อ Absorbance แล้วกดปุ่ม Enter อีกครั้ง เพื่อกลับสู่หน้าจอหลัก
- 3.6 หัวข้อ Start Wavelength กดปุ่ม Enter เพื่อเลือกค่าเริ่มต้นของ Wave Length กดเลขที่ต้องการแล้วกด Enter
- 3.7 หัวข้อ Stop Wavelength กดปุ่ม Enter เพื่อเลือกค่าสุดท้ายของ Wave Length กดเลขที่ต้องการแล้วกด Enter
- 3.8 หัวข้อ Sample Position กดปุ่ม Enter Enter เพื่อเลือกหัวข้อ 1-Cell Platform เพราะเครื่องสามารถวัดได้เพียงครั้งละ 1 ตัวอย่างเท่านั้น ใช้ปุ่ม  หรือ  เพื่อเลือก 1-Cell Platform แล้วกดปุ่ม Enter
- 3.9 เมื่อเลือกข้อ 4-8 เรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่ม  เลือก Run Test
- 3.10 เท Blank หรือ น้ำ DI ลงในคิวเวท จากนั้นใส่ลงในเครื่องโดยหันด้านที่ใสกว่าเข้าหาตัวเรา จากนั้นกด เลือก Measure Blank
- 3.11 เมื่อ Set Blank เสร็จแล้ว เครื่องจะขึ้นค่า Measure Sample และขึ้นที่หน้าจอว่าเก็บค่า Blank เรียบร้อยแล้ว

3.12 นำคิวเวทออกมาล้างด้วยน้ำ DI ชับน้ำ และซับให้แห้ง

3.13 เหน้าตัวอย่างลงไปใส่คิวเวท แล้วกดปุ่ม  เลือก Measure Sample เพื่อให้เครื่องสแกนหาค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสมที่สุด สำหรับสารตัวอย่าง รอจนเครื่องดาวโหลดครบ 100 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเครื่องจะแสดงผลดังภาพ (ภาพที่ 10 ของพี)

#### 4. วิธีวัดค่าน้ำตัวอย่าง โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer

4.1 เปิดเครื่องที่ปุ่มด้านหลัง ควรเปิดเครื่องรออน้อย 30 นาที

4.2 เมื่อน้ำจอขึ้น 0.000A ให้กดปุ่ม Test ที่ตัวเครื่อง

4.3 เลือกหัวข้อ Advanced A-% T-C โดยใช้ปุ่ม  และ  จากนั้นกดปุ่ม Enter

4.4 ตั้งชื่อโดยเลือกหัวข้อ Test Name กดปุ่ม Enter เพื่อตั้งชื่อ


4.5 หัวข้อ Measurement Mode ตรวจสอบให้แน่ใจว่าอยู่ในหน่วย Absorbance


4.6 หัวข้อ Wavelength กดปุ่ม Enter แล้วกดตัวเลขใส่ค่า Wavelength ที่ใส่คือค่าที่ได้จากการ Scan Wavelength ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละสาร

4.7 หัวข้อ Sample Positioner ต้องเลือกเป็น 1-Cell Platform เท่านั้น

4.8 เมื่อดังค่าทุกอย่างเรียบร้อยแล้วให้กดปุ่ม  เลือก Run test

4.9 เท Blank หรือ น้ำ DI ลงในคิวเวท แล้วใส่ลงในเครื่องโดยหันด้านที่ใสกว่าเข้าหาตัวเรา จากนั้นกดเลือก Measure Blank เพื่อ Set ค่า Blank ของตัวอย่าง เมื่อ Set ค่า Blank แล้ว จะมีคำว่า Measure Sample ขึ้นมาบนหน้าจอ จากนั้นนำคิวเวทออกจากเครื่อง ล้างให้สะอาดและซับให้แห้ง

4.10 เหน้าตัวอย่างที่ต้องการวัดค่าลงในคิวเวท แล้วใส่ลงในเครื่องโดยหันด้านใสกว่าเข้าหาตัวเรา เหมือนทำ Blank จากนั้นกดปุ่ม  เลือก Measure Sample ค่า Absorbance จะขึ้นมาก 1 ค่า/1 ตัวอย่าง จากนั้นวัดค่า นำคิวเวท ออกมาล้างแล้วซับให้แห้ง ใส่ตัวอย่างถัดไป วัดค่า กด Measure Sample โดยไม่ต้อง Set ค่า Blank ซ้ำอีกครั้ง

4.11 เมื่อวัดครบทุกตัวอย่างแล้วให้กดปุ่ม Esc ที่ตัวเครื่องเพื่อให้หน้าจอกลับสู่หน้าจอหลัก จากนั้นกด  เลือก Don't Save หน้าจอจะกลับสู่หน้า Menu จากนั้นปิดเครื่องที่ปุ่มด้านหลัง ได้ทันที



## 5. การใช้งานเครื่องวัด pH ADWA AD12

5.1 การเปิด-ปิดเครื่อง กดปุ่ม ON/OFF/MODE เครื่องจะทำการเปิด เมื่อกดอีกครั้งเครื่องจะทำการปิด

5.2 การค้างค่า(HOLD) กดปุ่ม HOLD เมื่อต้องการค้างค่า และกดอีกครั้งเครื่องจะเข้าสู่โหมดการวัดค่าปกติ

### 5.3 การวัดค่า

5.3.1 ล้างโพรบด้วยน้ำกลั่นให้สะอาดและซับให้แห้ง

5.3.2 จุ่มโพรบลงในสารที่ต้องการวัดค่า รอจนกระทั่งเครื่องหมายนาฬิกาทรายหายจึงทำการอ่านค่า

5.4 การคาลิเบรตมี 2 แบบ คือ 1 ตำแหน่ง และ 2 ตำแหน่ง

#### 5.4.1 1 ตำแหน่ง

5.4.1.1 เมื่ออยู่ในโหมดการวัดค่าและต้องการคาลิเบรต กดปุ่ม ON/OFF/MODE ค้างจนกระทั่งหน้าจอขึ้นคำว่า CAL ทำการปล่อยมือ หน้าจอจะขึ้น 7.01

5.4.1.2 จุ่มโพรบลงใน Buffer 7.01 รอจนกระทั่งเครื่องทำการคาลิเบรตเสร็จ จากนั้นเครื่องจะโชว์ 4.01

5.4.1.3 กดปุ่ม ON/OFF/MODE เพื่อยืนยันการคาลิเบรต 7.01 เพียงตำแหน่งเดียว เครื่องจะเข้าสู่โหมดการวัดปกติ

#### 5.4.2 2 ตำแหน่ง

5.4.2.1 ทำการคาลิเบรต 7.01 เหมือนการคาลิเบรต 1 ตำแหน่ง

5.4.2.2 เมื่อคาลิเบรต 7.01 แล้วเครื่องจะขึ้น 4.01 จึงจุ่มโพรบลงใน Buffer 4.01 หรือ Buffer 10.01 รอจนกระทั่งการคาลิเบรตเสร็จ เครื่องจะเข้าสู่โหมดการวัดโดยอัตโนมัติ

### 5.5 การตั้งค่าต่างๆของเครื่อง

การตั้งค่าหน่วยอุณหภูมิ เมื่ออยู่ในโหมดการวัดค่า กดปุ่ม ON/OFF/MODE ค้างจนกระทั่งหน้าจอขึ้น TEMP ทำการปล่อยมือ กดปุ่ม SET/HOLD เพื่อเลือก C หรือ F จากนั้นกดปุ่ม ON/OFF/MODE เพื่อยืนยันการเลือก การเลือกชนิดของ Buffer เครื่องสามารถเลือกค่า Buffer ได้ 2 แบบคือ 4.01/7.01/10.01 หรือ 4.01/6.86/9.18

5.5.1 เมื่อทำการเซตหน่วยอุณหภูมิแล้วเครื่องจะเข้าสู่โหมดการเลือกค่า Buffer หน้าจอจะแสดง BUFF

5.5.2 ทำการกดปุ่ม SET/HOLD เพื่อเลือก 7.01 (4.01/7.01) หรือ 6.86 (4.01/6.86/9.18)

5.5.3 กดปุ่ม ON/OFF/MODE เพื่อยืนยันและเครื่องจะเข้าสู่โหมดการวัดค่า

## 5.6 การดูแลรักษาอิเล็กโทรด

5.5.1 รักษาอิเล็กโทรดให้ชื้นเสมอ โดยเติม Electrode storage ลงในฝาเก็บอิเล็กโทรด

5.5.2 หากอิเล็กโทรดแห้งให้แช่ใน electrode storage อย่างน้อย 1 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้งาน

5.5.3 เพื่อการใช้งานที่ยาวนานขึ้นควรล้างอิเล็กโทรดทุกเดือน ด้วย electrode cleaning solution

## 6. การเตรียมพาราควอต ( Paraquat ) ในการทำการภาพมาตรฐาน

6.1 เตรียมพาราควอตที่ความเข้มข้น 5000 ppm ในน้ำ 1000 ml จากสูตร  $C_1V_1=C_2V_2$  ( พาราควอตเริ่มต้นมีความเข้มข้น 476000 ppm )

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned} C_1V_1 &= C_2V_2 \\ (476000)(V_1) &= (5000)(1000) \\ V_1 &= 10.5042 \text{ ml} \end{aligned}$$

จากการคำนวณทราบว่า ต้องดูดพาราควอตจากขวดเริ่มต้นปริมาณ 10.5042 ml ใส่ลงในขวดปรับปริมาตร 1000 ml และปรับปริมาตรให้เป็น 1000 ml

6.2 เตรียมพาราควอตที่ความเข้มข้น 100 ppm ในน้ำ 100 ml จากสูตร  $C_1V_1=C_2V_2$  ( พาราควอตเริ่มต้นมีความเข้มข้น 5000 ppm )

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned} C_1V_1 &= C_2V_2 \\ (5000)(V_1) &= (100)(1000) \\ V_1 &= 2 \text{ ml} \end{aligned}$$

จากการคำนวณทราบว่า ต้องดูดพาราควอตจากขวดเริ่มต้นปริมาณ 2 ml ใส่ลงในขวดปรับปริมาตร 100 ml และปรับปริมาตรให้เป็น 100 ml

หมายเหตุ ความเข้มข้นที่จะใช้ในการทำการภาพมาตรฐาน คือ 0.75,1.0,5.0,10.0,30.0,50.0 และ 70.0 ppm

6.3 เตรียมพาราควอตที่ความเข้มข้น 0.1 ppm ในน้ำ 10 ml จากสูตร  $C_1V_1=C_2V_2$   
( พาราควอตเริ่มต้นมีความเข้มข้น 100 ppm )

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned}C_1V_1 &= C_2V_2 \\(100)(V_1) &= (0.1)(10) \\V_1 &= 0.01 \text{ ml}\end{aligned}$$

จากการคำนวณทราบว่า ต้องดูดพาราควอตจากขวดเริ่มต้นปริมาณ 0.01 ml ใส่ลงในขวด  
ปรับปริมาตร 10 ml และปรับปริมาตรให้เป็น 10 ml

6.4 เตรียมพาราควอตที่ความเข้มข้น 0.1 ppm ในน้ำ 10 ml จากสูตร  $C_1V_1=C_2V_2$   
( พาราควอตเริ่มต้นมีความเข้มข้น 100 ppm )

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned}C_1V_1 &= C_2V_2 \\(100)(V_1) &= (0.1)(10) \\V_1 &= 0.01 \text{ ml}\end{aligned}$$

จากการคำนวณทราบว่า ต้องดูดพาราควอตจากขวดเริ่มต้นปริมาณ 0.01 ml ใส่ลงในขวด  
ปรับปริมาตร 10 ml และปรับปริมาตรให้เป็น 10 ml

6.5 เตรียมพาราควอตที่ความเข้มข้น 0.25 ppm ในน้ำ 10 ml จากสูตร  $C_1V_1=C_2V_2$   
( พาราควอตเริ่มต้นมีความเข้มข้น 100 ppm )

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned}C_1V_1 &= C_2V_2 \\(100)(V_1) &= (0.25)(10) \\V_1 &= 0.025 \text{ ml}\end{aligned}$$

จากการคำนวณทราบว่า ต้องดูดพาราควอตจากขวดเริ่มต้นปริมาณ 0.025 ml ใส่ลงในขวด  
ปรับปริมาตร 10 ml และปรับปริมาตรให้เป็น 10 ml

6.6 เตรียมพาราควอตที่ความเข้มข้น 0.50 ppm ในน้ำ 10 ml จากสูตร  $C_1V_1=C_2V_2$   
( พาราควอตเริ่มต้นมีความเข้มข้น 100 ppm )

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned}C_1V_1 &= C_2V_2 \\(100)(V_1) &= (0.50)(10) \\V_1 &= 0.05 \text{ ml}\end{aligned}$$

จากการคำนวณทราบว่า ต้องดูดพาราควอตจากขวดเริ่มต้นปริมาณ 0.05 ml ใส่ลงในขวด  
ปรับปริมาตร 10 ml และปรับปริมาตรให้เป็น 10 ml

6.7 เตรียมพาราควอตที่ความเข้มข้น 0.75 ppm ในน้ำ 10 ml จากสูตร  $C_1V_1=C_2V_2$   
( พาราควอตเริ่มต้นมีความเข้มข้น 100 ppm )

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned}C_1V_1 &= C_2V_2 \\(100)(V_1) &= (0.75)(10) \\V_1 &= 0.075 \text{ ml}\end{aligned}$$

จากการคำนวณทราบว่า ต้องดูดพาราควอตจากขวดเริ่มต้นปริมาณ 0.075 ml ใส่ลงในขวด  
ปรับปริมาตร 10 ml และปรับปริมาตรให้เป็น 10 ml

6.8 เตรียมพาราควอตที่ความเข้มข้น 1.0 ppm ในน้ำ 10 ml จากสูตร  $C_1V_1=C_2V_2$   
( พาราควอตเริ่มต้นมีความเข้มข้น 100 ppm )

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned}C_1V_1 &= C_2V_2 \\(100)(V_1) &= (1)(10) \\V_1 &= 0.1 \text{ ml}\end{aligned}$$

จากการคำนวณทราบว่า ต้องดูดพาราควอตจากขวดเริ่มต้นปริมาณ 0.1 ml ใส่ลงในขวด  
ปรับปริมาตร 10 ml และปรับปริมาตรให้เป็น 10 ml

6.9 เตรียมพาราควอตที่ความเข้มข้น 5.0 ppm ในน้ำ 10 ml จากสูตร  $C_1V_1=C_2V_2$   
( พาราควอตเริ่มต้นมีความเข้มข้น 100 ppm )

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned}C_1V_1 &= C_2V_2 \\(100)(V_1) &= (5)(10) \\V_1 &= 0.5 \text{ ml}\end{aligned}$$

จากการคำนวณทราบว่า ต้องดูดพาราควอตจากขวดเริ่มต้นปริมาณ 0.5 ml ใส่ลงในขวด  
ปรับปริมาตร 10 ml และปรับปริมาตรให้เป็น 10 ml

6.10 เตรียมพาราควอตที่ความเข้มข้น 10.0 ppm ในน้ำ 10 ml จากสูตร  $C_1V_1=C_2V_2$   
( พาราควอตเริ่มต้นมีความเข้มข้น 100 ppm )

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned}C_1V_1 &= C_2V_2 \\(100)(V_1) &= (10)(10) \\V_1 &= 1.0 \text{ ml}\end{aligned}$$

จากการคำนวณทราบว่า ต้องดูดพาราควอตจากขวดเริ่มต้นปริมาณ 1.0 ml ใส่ลงในขวด  
ปรับปริมาตร 10 ml และปรับปริมาตรให้เป็น 10 ml

6.11 เตรียมพาราควอตที่ความเข้มข้น 30.0 ppm ในน้ำ 10 ml จากสูตร  $C_1V_1=C_2V_2$   
( พาราควอตเริ่มต้นมีความเข้มข้น 100 ppm )

วิธีคำนวณ

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$(100)(V_1) = (30)(10)$$

$$V_1 = 3.0 \text{ ml}$$

จากการคำนวณทราบว่า ต้องดูพาราควอตจากขวดเริ่มต้นปริมาณ 3.0 ml ใส่ลงในขวด  
ปรับปริมาตร 10 ml และปรับปริมาตรให้เป็น 10 ml

6.12 เตรียมพาราควอตที่ความเข้มข้น 50.0 ppm ในน้ำ 10 ml จากสูตร  $C_1V_1=C_2V_2$   
( พาราควอตเริ่มต้นมีความเข้มข้น 100 ppm )

วิธีคำนวณ

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$(100)(V_1) = (50)(10)$$

$$V_1 = 5.0 \text{ ml}$$

จากการคำนวณทราบว่า ต้องดูพาราควอตจากขวดเริ่มต้นปริมาณ 5.0 ml ใส่ลงในขวด  
ปรับปริมาตร 10 ml และปรับปริมาตรให้เป็น 10 ml

6.13 เตรียมพาราควอตที่ความเข้มข้น 70.0 ppm ในน้ำ 10 ml จากสูตร  $C_1V_1=C_2V_2$   
( พาราควอตเริ่มต้นมีความเข้มข้น 100 ppm )

วิธีคำนวณ

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

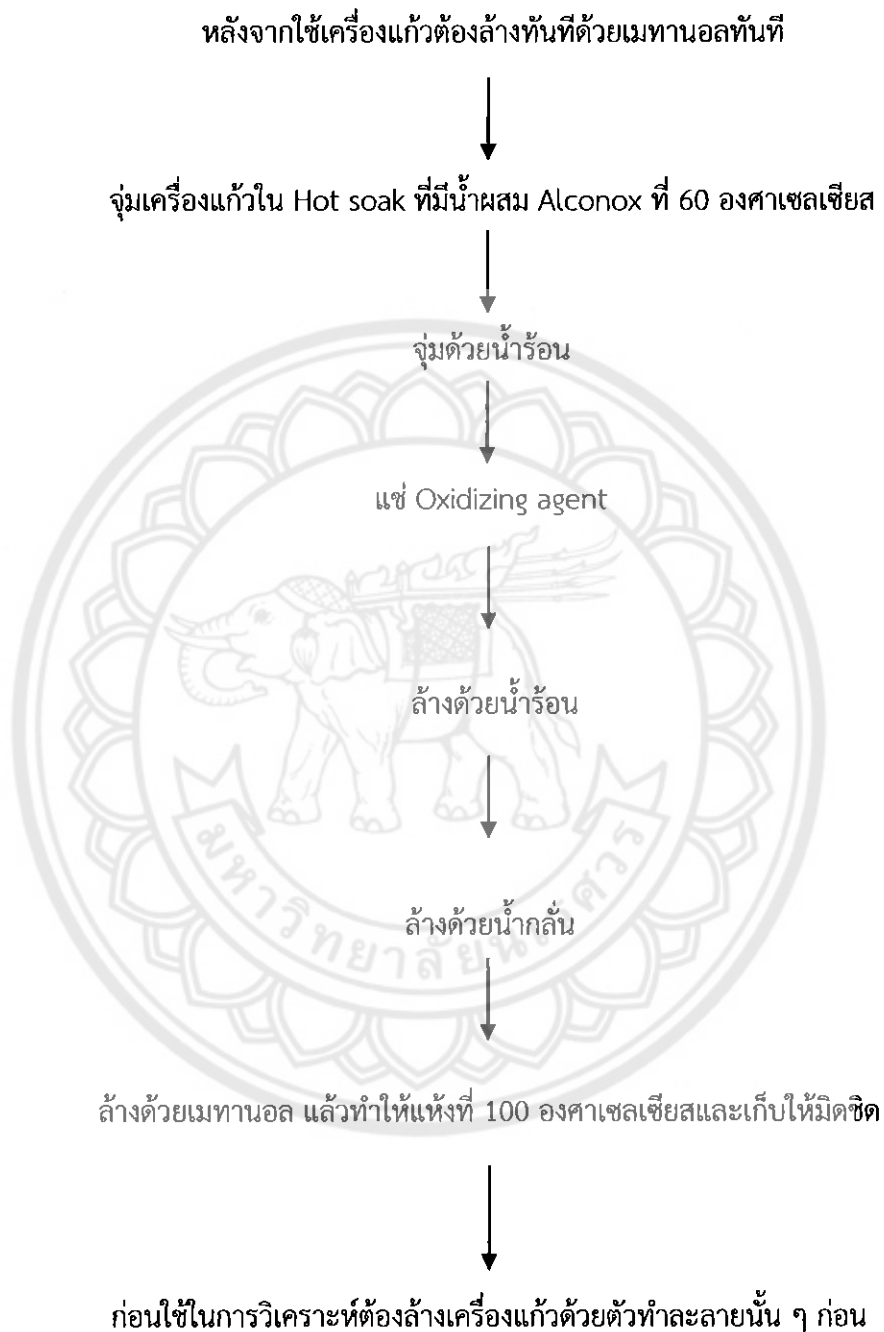
$$(100)(V_1) = (70)(10)$$

$$V_1 = 7.0 \text{ ml}$$

จากการคำนวณทราบว่า ต้องดูพาราควอตจากขวดเริ่มต้นปริมาณ 7.0 ml ใส่ลงในขวด  
ปรับปริมาตร 10 ml และปรับปริมาตรให้เป็น 10 ml

## 7. การล้างเครื่องแก้ว (Cleaning of glassware)

(ตามวิธีมาตรฐานของ EPA Method 3510C) ตาม flowchart ดังนี้



## ภาคผนวก ข

### ตารางข้อมูลแสดงผลการทดลอง

ตารางที่ ข.1 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ทรายเขียว

ความเข้มข้นของพาราควอต (มก./ล.)	Absorbance
0.1	0.033
0.25	0.072
0.5	0.081
0.75	0.092
1	0.072
5	0.226
10	0.377
30	1.134
50	1.669
70	2.373

การทดลองชุดที่ 1 : หาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ทรายเขียว

ตารางที่ ข.2 อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ )

เวลา (นาที)	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9
0	1	1	1	1	1	1
5	0.9423	0.9614	0.9877	0.9928	0.9843	0.9792
10	0.9133	0.9401	0.9792	0.9771	0.977	0.963
20	0.8821	0.9183	0.9614	0.9627	0.9566	0.9468
30	0.8684	0.9046	0.9591	0.9572	0.9473	0.9351
45	0.8583	0.9007	0.9608	0.9592	0.9371	0.9245
60	0.8517	0.8982	0.9552	0.9543	0.9348	0.9242
90	0.8476	0.8928	0.9572	0.9572	0.938	0.9251
120	0.8485	0.8914	0.9614	0.9577	0.9383	0.9251

ตารางที่ ข.3 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม)

เวลา (นาที)	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9
0	0	0	0	0	0	0
5	0.0106	0.0069	0.0019	0.0012	0.0027	0.0035
10	0.0158	0.0107	0.0032	0.004	0.0039	0.0063
20	0.0216	0.0146	0.006	0.0065	0.0074	0.0091
30	0.0241	0.017	0.0063	0.0074	0.009	0.011
45	0.0259	0.0177	0.006	0.0071	0.0108	0.0129
60	0.0271	0.0182	0.0069	0.0079	0.0112	0.0129
90	0.0279	0.0192	0.0066	0.0074	0.0106	0.0128
120	0.0277	0.0194	0.006	0.0073	0.0106	0.0128

ตารางที่ ข.4 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที

เวลา	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9
60 นาที	0.0271	0.0182	0.0069	0.0079	0.0112	0.0129



การทดลองชุดที่ 2 : หาปริมาณทรายเขียวที่เหมาะสมในการดูดซับพาราควอต

ตารางที่ ข.5 อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต (C/C<sub>0</sub>)

เวลา (นาที)	GS 20.8 mg/L	GS 50.4 mg/L	GS 100.6 mg/L	GS 150.4 mg/L	GS 300.2 mg/L	GS 350.2 mg/L	GS 400 mg/L
0	1	1	1	1	1	1	1
5	0.9836	0.9656	0.9566	0.9685	0.9486	0.9516	0.9688
10	0.9684	0.9422	0.9246	0.9257	0.905	0.9198	0.9538
20	0.9491	0.9112	0.9002	0.8833	0.8546	0.8989	0.9503
30	0.9425	0.9044	0.8959	0.8778	0.8516	0.8799	0.9474
45	0.9386	0.9064	0.8917	0.8715	0.8486	0.8722	0.9277
60	0.9371	0.8951	0.8811	0.871	0.8457	0.8672	0.9178
90	0.9351	0.9007	0.8896	0.8705	0.829	0.8791	0.9144
120	0.9371	0.8997	0.88	0.8699	0.8457	0.8757	0.9277

ตารางที่ ข.6 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม)

เวลา (นาที)	GS 20.8 mg/L	GS 50.4 mg/L	GS 100.6 mg/L	GS 150.4 mg/L	GS 300.2 mg/L	GS 350.2 mg/L	GS 400 mg/L
0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.0406	0.0334	0.0205	0.0097	0.0087	0.0062	0.0036
10	0.0783	0.0562	0.0355	0.023	0.016	0.0104	0.0054
20	0.1262	0.0864	0.047	0.0361	0.0245	0.0131	0.0058
30	0.1426	0.0929	0.049	0.0378	0.025	0.0155	0.0062
45	0.1525	0.091	0.051	0.0397	0.0255	0.0165	0.0084
60	0.1562	0.102	0.056	0.0399	0.026	0.0171	0.0096
90	0.1612	0.0966	0.052	0.0401	0.0288	0.0156	0.01
120	0.1562	0.0975	0.0565	0.0403	0.026	0.0161	0.0084

ตารางที่ ข.7 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที

เวลา	GS 20.8 mg/L	GS 50.4 mg/L	GS 100.6 mg/L	GS 150.4 mg/L	GS 300.2 mg/L	GS 350.2 mg/L	GS 400 mg/L
60 นาที	0.1562	0.102	0.056	0.0399	0.026	0.0171	0.0096

### การทดลองชุดที่ 3 : หาความสามารถในการดูดซับของพาราควอต

ตารางที่ ข.8 อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ )

เวลา (นาที)	10 mg/L	20 mg/L	30 mg/L	40 mg/L	50 mg/L
0	1	1	1	1	1
5	0.9894	0.9845	0.9778	0.9582	0.9519
10	0.9861	0.9724	0.9668	0.9497	0.9389
20	0.9817	0.9614	0.957	0.9412	0.9292
30	0.9817	0.9654	0.9537	0.9381	0.924
45	0.9792	0.9621	0.9566	0.9373	0.9223
60	0.979	0.9673	0.9552	0.9373	0.9223
90	0.979	0.9673	0.9552	0.9373	0.9223
120	0.9821	0.9673	0.9552	0.9373	0.9223

ตารางที่ ข.9 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม)

เวลา (นาที)	10 mg/L	20 mg/L	30 mg/L	40 mg/L	50 mg/L
0	0	0	0	0	0
5	0.0083	0.0212	0.0419	0.098	0.1381
10	0.0108	0.0379	0.0628	0.1179	0.1754
20	0.0143	0.0531	0.0813	0.1378	0.2032
30	0.0143	0.0475	0.0876	0.145	0.2183
45	0.0163	0.0521	0.0821	0.1469	0.2232
60	0.0164	0.0449	0.0849	0.1469	0.2232
90	0.0164	0.0449	0.0849	0.1469	0.2232
120	0.014	0.0449	0.0849	0.1469	0.2232

ตารางที่ ข.10 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของทรายเขียว (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที

เวลา	10 mg/L	20 mg/L	30 mg/L	40 mg/L	50 mg/L
60 นาที	0.0164	0.0449	0.0849	0.1469	0.2232

ตารางที่ ข.11 ข้อมูลการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ถ่านกัมมันต์

ความเข้มข้นของพาราควอต (มก./ล.)	Absorbance
0.1	0.033
0.25	0.072
0.5	0.081
0.75	0.092
1	0.072
5	0.226
10	0.377
30	1.134
50	1.669
70	2.373

การทดลองชุดที่ 1 : หาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับพาราควอตโดยใช้ถ่านกัมมันต์

ตารางที่ ข.12 อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ )

เวลา (นาที)	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9
0	1	1	1	1	1	1
5	0.9336	0.906	0.8937	0.8829	0.8957	0.8933
10	0.9178	0.9033	0.8338	0.833	0.8263	0.7671
20	0.8661	0.8615	0.8112	0.8265	0.8148	0.7411
30	0.8852	0.8537	0.8044	0.8178	0.8033	0.7313
45	0.8621	0.8506	0.805	0.8113	0.796	0.7319
60	0.8621	0.8516	0.805	0.8069	0.7992	0.7189
90	0.879	0.86	0.8031	0.8037	0.7992	0.7102
120	0.8779	0.86	0.8125	0.808	0.795	0.7232

ตารางที่ ข.13 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม)

เวลา (นาที)	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9
0	0	0	0	0	0	0
5	0.0114	0.0174	0.0165	0.0209	0.0194	0.0191
10	0.0141	0.0179	0.0257	0.0298	0.0323	0.0417
20	0.0231	0.0257	0.0292	0.031	0.0344	0.0463
30	0.0198	0.0271	0.0303	0.0325	0.0366	0.0481
45	0.0237	0.0277	0.0302	0.0337	0.0379	0.048
60	0.0237	0.0275	0.0302	0.0345	0.0373	0.0503
90	0.0208	0.026	0.0305	0.0351	0.0373	0.0518
120	0.021	0.026	0.029	0.0343	0.0381	0.0495

ตารางที่ ข.14 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที

เวลา	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9
60 นาที	0.0237	0.0275	0.0302	0.0345	0.0373	0.0503



การทดลองชุดที่ 2 : หาปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมในการดูดซับพาราควอต

ตารางที่ ข.15 อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต (C/C<sub>0</sub>)

เวลา (นาที)	PAC 20.8 mg/L	PAC 50.4 mg/L	PAC 100.6 mg/L	PAC 150.4 mg/L	PAC 300.2 mg/L	PAC 350.2 mg/L	PAC 400 mg/L
0	1	1	1	1	1	1	1
5	0.9537	0.879	0.8774	0.7982	0.8184	0.7819	0.8049
10	0.9243	0.8779	0.8931	0.832	0.8626	0.7171	0.7859
20	0.9148	0.8914	0.8816	0.8248	0.8132	0.7503	0.8233
30	0.888	0.8805	0.9072	0.8107	0.8117	0.706	0.7753
45	0.8859	0.8691	0.8821	0.8164	0.7997	0.7075	0.7743
60	0.8728	0.8893	0.9114	0.8466	0.795	0.7528	0.7896
90	0.8833	0.8384	0.8464	0.8679	0.7976	0.706	0.7131
120	0.887	0.8587	0.8585	0.8944	0.8117	0.7196	0.7737

ตารางที่ ข.16 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม)

เวลา (นาที)	PAC 20.8 mg/L	PAC 50.4 mg/L	PAC 100.6 mg/L	PAC 150.4 mg/L	PAC 300.2 mg/L	PAC 350.2 mg/L	PAC 400 mg/L
0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.1231	0.1345	0.0677	0.0751	0.0338	0.0361	0.0269
10	0.2014	0.1357	0.059	0.0625	0.0256	0.0468	0.0295
20	0.2266	0.1206	0.0654	0.0652	0.0348	0.0413	0.0244
30	0.2979	0.1328	0.0512	0.0704	0.0351	0.0486	0.031
45	0.3035	0.1455	0.0651	0.0683	0.0373	0.0484	0.0311
60	0.3385	0.123	0.0489	0.0571	0.0382	0.0409	0.029
90	0.3105	0.1795	0.0847	0.0491	0.0377	0.0486	0.0396
120	0.3007	0.157	0.0781	0.0393	0.0351	0.0464	0.0312



ตารางที่ ข.17 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มีลิกกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที

เวลา	PAC 20.8 mg/L	PAC 50.4 mg/L	PAC 100.6 mg/L	PAC 150.4 mg/L	PAC 300.2 mg/L	PAC 350.2 mg/L	PAC 400 mg/L
60 นาที	0.3385	0.123	0.0489	0.0571	0.0382	0.0409	0.029



### การทดลองชุดที่ 3 : หาความสามารถในการดูดซับของพาราควอต

ตารางที่ ข.18 อัตราส่วนความเข้มข้นของพาราควอต ( $C/C_0$ )

เวลา (นาที)	10 mg/L	20 mg/L	30 mg/L	40 mg/L	50 mg/L
0	1	1	1	1	1
5	0.8745	0.9638	0.7889	0.7565	0.6629
10	0.9299	0.8377	0.8024	0.6945	0.6264
20	0.9151	0.8439	0.7124	0.6605	0.6258
30	0.7915	0.7253	0.7395	0.6567	0.6168
45	0.7897	0.7378	0.7153	0.6522	0.6258
60	0.7528	0.7041	0.7424	0.653	0.6107
90	0.7343	0.6604	0.6553	0.6477	0.6089
120	0.7399	0.6367	0.6814	0.6477	0.6022

ตารางที่ ข.19 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม)

เวลา (นาที)	10 mg/L	20 mg/L	30 mg/L	40 mg/L	50 mg/L
0	0	0	0	0	0
5	0.0056	0.0024	0.0218	0.0322	0.0556
10	0.0032	0.0108	0.0204	0.0404	0.0616
20	0.0038	0.0104	0.0297	0.0449	0.0617
30	0.0094	0.0183	0.0269	0.0454	0.0632
45	0.0095	0.0174	0.0294	0.046	0.0617
60	0.0111	0.0197	0.0266	0.0459	0.0642
90	0.012	0.0226	0.0356	0.0466	0.0645
120	0.0117	0.0242	0.0329	0.0466	0.0656

ตารางที่ ข.20 ปริมาณพาราควอตที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ (มิลลิกรัม/กรัม) ที่เวลา 60 นาที

เวลา	10 mg/L	20 mg/L	30 mg/L	40 mg/L	50 mg/L
60 นาที	0.0111	0.0197	0.0266	0.0459	0.0642

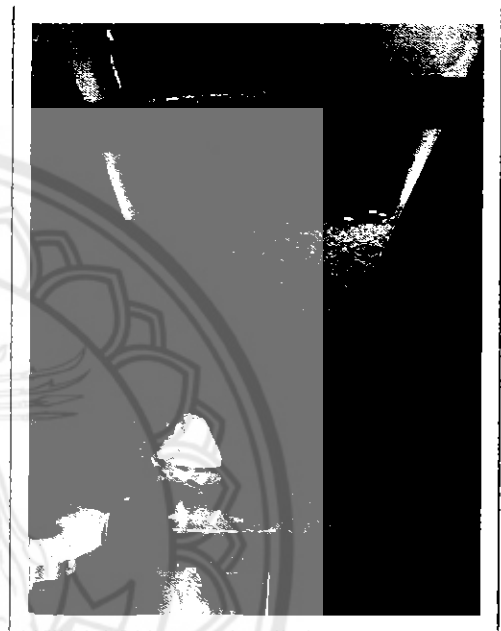


ภาคผนวก ค  
ภาพประกอบการทำวิจัย

1. ภาพการสกัด



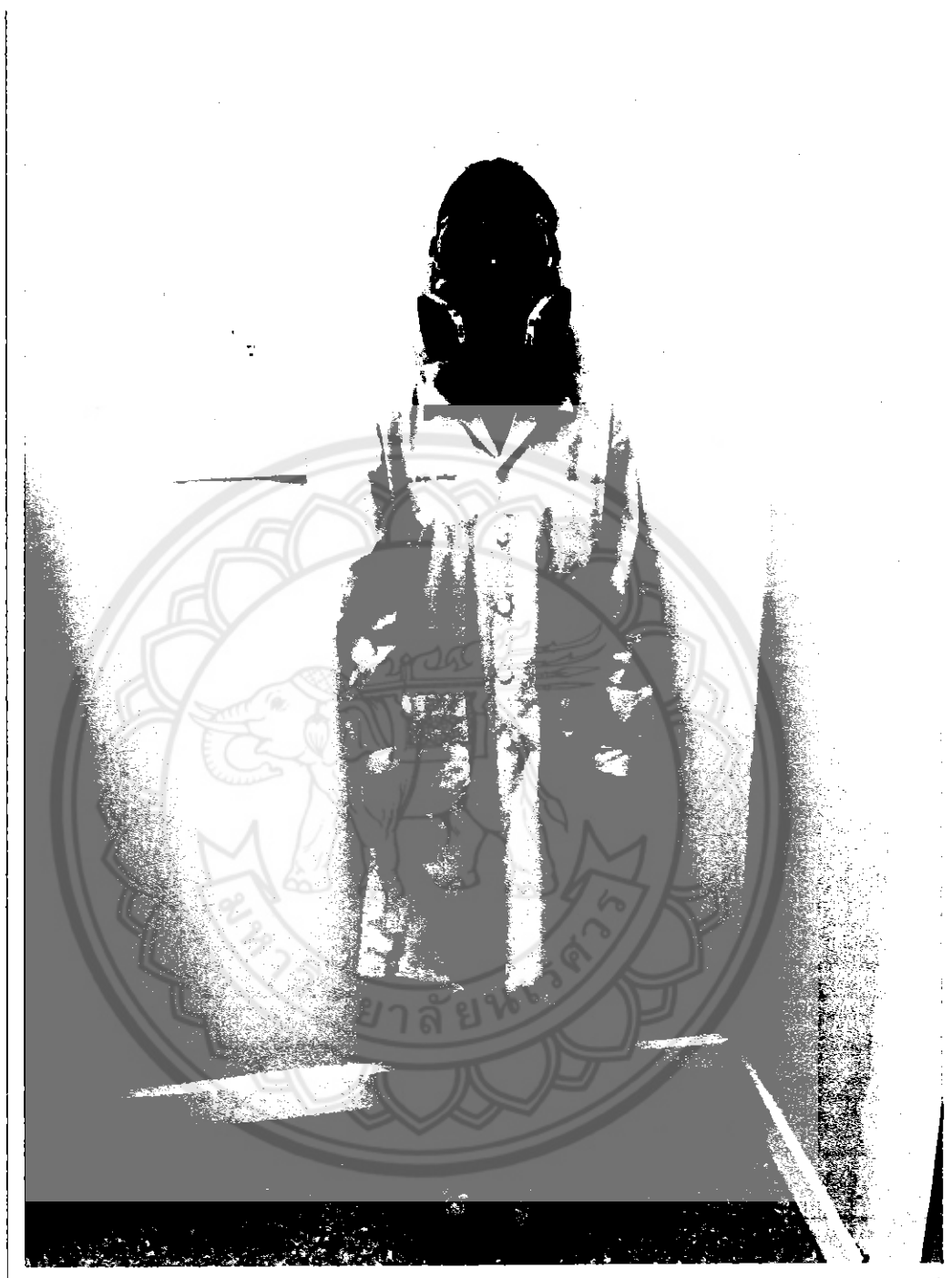
1.1 ขณะทำการแยกชั้น



1.2 การเกิดฟองขณะแยกชั้น



1.3 วิธีการเทน้ำตัวอย่างจากบีกเกอร์ลงขวดฟีนแนล



1.4 การแต่งกายอย่างถูกวิธีขณะทำการสกัดหรือทำการทดลองที่มีสารเคมีกลิ่นฉุน

## 2. ภาพการทำ K-D Concentrator



2.1 ชุด KD Flast ขณะเดือด



### 3. ภาพการทดลองการดูดซับ

#### 3.1 สารดูดซับ



3.1.1 แมงกานีสไดออกไซด์



3.1.2 ถ่านกัมมันต์

#### 3.2 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง



3.2.1 Paraquat



3.2.2 HA Stock



3.2.3 Paraquat Stock



3.2.4 ดินเกลาลิน



3.2.5 แคลเซียมคลอไรด์