สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# การเตรียมแผ่นทดสอบ
# เพื่อตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตในน้ำทิ้งตามชุมชน

T107841

นางสาวกฤตยา พิสิฐพิทยเสรี
นางสาวทิพย์วัลย์ สิงห์แก้ว

วิท.
ก276ก
2549
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 107841
วัน,เดือน,ปี 14 พ.ค. 2553
b 12211564
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม - เครื่องมือวิเคราะห์
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# The preparation of phosphate test strip

# for determination of phosphate in domestic wastewater

Miss. Kittaya Pisitpithayasaree

Miss. Tipwan Singkaew

A Special Project submitted in Partail Fulfillment of the Requirement of the Degree of

Instrument of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**โครงงานพิเศษเรื่อง** การเตรียมแผ่นทดสอบเพื่อวัดปริมาณฟอสเฟตในน้ำทิ้งตามชุมชน

**นักศึกษา** นางสาวกฤตยา พิสิฐพิทยเสรี นักศึกษาชั้นปีที่ 4 รหัส 46050776
นางสาวทิพย์วัลย์ สิงห์แก้ว นักศึกษาชั้นปีที่ 4 รหัส 46050784

**ภาควิชา** เคมี
**สาขาวิชา** เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์
**อาจารย์ที่ปรึกษา** ผศ.คณิตา ตังคณานุรักษ์

**ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต**

| คณะกรรมการตรวจสอบ | | ลายมือชื่อ |
|---|---|---|
| ประธานกรรมการ | อ.ปัทมา ลีพหาวงศ์ | ..... |
| กรรมการ | ผศ.พรรษวรรณ ศรีนาค | ..... |
| กรรมการ | ผศ.คณิตา ตังคณานุรักษ์ | ..... |

.....
(ผศ.ดร.ประยงค์ ดวงดี)
หัวหน้าภาควิชา

**ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์**
**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงการใคร่ขอแสดงความขอบคุณบุคคลดังต่อไปนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์คณิตา ตังคณานุรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ สาขาเคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางการทำโครงการที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง รวมถึงการแนะแนวในการทดลอง ตลอดจนช่วยเหลือในด้านการจัดทำเอกสารของโครงการ จนทำให้โครงการนี้ลุล่วงไปด้วยดี

เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเคมี ตึกจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 1 ชั้น 5 คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆและให้ความอนุเคราะห์สารเคมี

เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเคมี ตึกวิทยาศาสตร์เก่าชั้น 5 คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ และให้ความอนุเคราะห์สารเคมี

ภาควิชาเคมีคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านทุนทรัพย์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ และสถานที่ดำเนินโครงการ

คณะเพื่อนสาขาเคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาและแนะนำวิธีทำการทดลองและความรู้อื่นๆ

ท้ายที่สุดขอขอบพระคุณพ่อ แม่ และพี่ๆ ที่คอยให้กำลังใจ คอยให้คำปรึกษาและสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ในการทำโครงการวิจัยครั้งนี้ให้ผ่านลุล่วงไปด้วยดี

นางสาวกฤตยา พิสิฐพิทยเสรี

นางสาวทิพย์วัลย์ สิงห์แก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อโครงงานพิเศษ** | การเตรียมแผ่นทดสอบเพื่อตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตของน้ำทิ้งในชุมชน |
| **นักศึกษา** | นางสาวกฤตยา พิสิฐพิทยเสรี รหัสนักศึกษา 46050776 |
| | นางสาวทิพย์วัลย์ สิงห์แก้ว รหัสนักศึกษา 46050784 |
| **ภาควิชา** | เคมี คณะวิทยาศาสตร์ |
| **สาขาวิชา** | เคมีอุตสาหกรรม - เครื่องมือวิเคราะห์ |
| **ปีการศึกษา** | 2549 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | ผศ. คณิตา ตังคณานุรักษ์ |


## บทคัดย่อ


จุดประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ คือ เตรียมแผ่นทดสอบที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตในน้ำทิ้งชุมชน การเกิดสีของแผ่นทดสอบเกิดจากสารประกอบเชิงซ้อนฟอสเฟต-โมลิบเดตที่เกิดขึ้น และความเข้มของสีขึ้นกับความเข้มข้นของฟอสเฟต แผ่นทดสอบที่เตรียมได้สามารถตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตได้ในช่วงความเข้มข้น 0- 600 ppm โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือและการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ การทดสอบความใช้ได้ของแผ่นทดสอบทำได้โดยการตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตในสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตและสารละลายน้ำตัวอย่างด้วยวิธียูวี -วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรีเพื่อเปรียบเทียบ พบว่าผลที่ได้จากการใช้แผ่นทดสอบและวิธียูวี - วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรีให้ผลสอดคล้องกันอย่างเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งแผ่นทดสอบนี้สะดวกในการใช้ทดสอบในภาคสนาม และยังให้ผลที่ถูกต้องและแม่นยำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| **Special Project Title** | Preparation of test strip for determination of phosphate in domestic wastewater | |
| **Name** | Kittaya Pisitpithayasaree | ID 46050776 |
| | Tipwan Singkaew | ID 46050784 |

| | |
|---|---|
| Department | Chemistry |
| Program | Industrial Chemistry - Analytical Instrumentation |
| Academic Year | 2005 |
| Special Project Advisor | Assist.Prof. Kanitta Tangkananuruk |



**Abstrace**

The aim of this project is to prepare test strip for determination of phosphate in domestic wastewater. The developed color on the test strip is base on the phosphate-molybdate complex and directly proportional to the concentration of phosphate. The prepared phosphate test strips can detect in range 0to 600 ppm phosphate in wastewater without the use of instrument and laboratory analysis. For validation of this test strip, the phosphate standard solution and the spiked sample were determined by UV-Visible Spectrophotometry. The results from this test strip and UV-Visible Spectrophotometry showed satis factory agreement. Therefore, this phosphate test strip was convenient to use in filed test and gave precise and accurate results.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


เรื่อง หน้า

บทคัดย่อ.....ก

Abstract.....ข

**บทที่ 1 บทนำ**

1.1 ที่มาและความสำคัญ.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....2

1.3 ขอบเขตการวิจัย.....2

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน.....2

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....3

**บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ**

2.1 ฟอสฟอรัส (P) และฟอสเฟต ($PO_4^{3-}$).....4

2.2 ความสำคัญต่อระบบบำบัดน้ำเสีย.....5

2.3 ความสามารถในการละลายของฟอสฟอรัส.....5

2.4 วิธีการเก็บตัวอย่าง.....6

2.5 การเก็บรักษาตัวอย่างขณะขนส่งไปยังห้องปฏิบัติการ.....7

2.6 การส่งตัวอย่าง.....7

2.7 วิธีการตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตในน้ำ.....7

2.8 อัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี.....8

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....11

**บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินงาน**

3.1 สารเคมี เครื่องมือและอุปกรณ์.....13

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง.....14

**บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง**

4.1 การเตรียมแผ่นเทียบสีมาตรฐาน.....19

4.2 กราฟมาตรฐานค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต.....20

4.3 ผลการตรวจวัดปริมาณของฟอสเฟตในสารละลายน้ำตัวอย่าง.....21

4.4 ผลการตรวจวัดปริมาณของฟอสเฟตใน spiked sample.....22

**บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง**

5.1 สรุปผลการทดลอง.....23

5.2 ข้อเสนอแนะ.....24



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| บรรณานุกรม | 25 |
| ภาคผนวก ก | 26 |
| ภาคผนวก ข | 29 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูปภาพ

เรื่อง หน้า

รูปที่ 2.8.1 แสดงการเกิดอันตรกิริยาของสารเคมีกับการแผ่รังสีหรือแสง....8
รูปที่ 2.8.2 แสดงการทำงานของแหล่งกำเนิดแสง....9
รูปที่ 2.8.3 แสดง Czerny – Turner Monochromator....10
รูปที่ 2.8.4 แสดงความไวในการตรวจวัดของ detector....11
รูปที่ 4.1 แผ่นเทียบสีมาตรฐานที่ได้จากการเตรียมแผ่นเทียบสี....19
รูปที่ 4.2 กราฟมาตรฐานฟอสเฟตช่วงความเข้มข้น 0 - 600 ppm....20
รูปที่ 4.3 กราฟมาตรฐานฟอสเฟตช่วงความเข้มข้น 0 - 30 ppm....20
รูปที่ ก.1 กราฟมาตรฐานฟอสเฟตช่วงความเข้มข้น 0 - 30 ppm....26

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


เรื่อง หน้า

ตารางที่ 1.1 แสดงปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชน....2

ตารางที่ 4.1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตที่ความเข้มข้นต่างๆ....19

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารละลายน้ำตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ
โดยตรวจวัดซ้ำ 7 ครั้ง....21

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความเข้มข้นของฟอสเฟตเฉลี่ยในสารละลายน้ำตัวอย่าง....21

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของฟอสเฟตใน spiked sample
โดยตรวจวัดซ้ำ 7 ครั้ง....22

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความเข้มข้นของฟอสเฟตเฉลี่ยใน spiked sample....22

ตารางที่ ข.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต ที่ 400-490 นาโนเมตร....29

ตารางที่ ข.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่ 400-490 นาโนเมตร....29

ตารางที่ ข.3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของฟอสเฟตใน spiked sample....30

ตารางที่ ข.4 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าความเที่ยง (%RSD)
ของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต....30

ตารางที่ ข.5 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าความเที่ยง (%RSD)
ของสารละลายน้ำตัวอย่าง....31

ตารางที่ ข.6 แสดงค่าความถูกต้องเฉลี่ยของวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี (% recovery)....31

ตารางที่ ข.7 ตารางแสดงเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของความถูกต้องเฉลี่ย....31



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งมนุษย์ สัตว์ และพืช โดยเฉพาะมนุษย์มีการนำน้ำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น นำมาใช้ในการอุปโภคบริโภคการเกษตร และอุตสาหกรรม นอกจากนี้น้ำยังเป็นแหล่งรองรับของเสีย จากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เมื่อประชาชนเพิ่มมากขึ้นมีการใช้ทรัพยากรน้ำเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้มีปริมาณน้ำเสียเพิ่มขึ้นด้วย จนแหล่งน้ำมีศักยภาพในการรองรับน้ำเสียไม่เพียงพอ ของเสียที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะก่อให้เกิดปัญหามลพิษเพิ่มขึ้นและยังสามารถปนเปื้อนเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ ยังผลให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและการดำเนินชีวิต ของเสียที่มีการปนเปื้อนของสารพิษจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์จะมีผลต่อสุขภาพและการดำเนินชีวิตของมนุษย์อย่างมาก นอกจากนี้ระบบนิเวศทางน้ำอาจถูกทำลายโดยเฉพาะฟอสเฟตถ้ามีมากเกินไปทำให้สัตว์ที่อาศัยในแหล่งน้ำนั้น ๆ ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่าปริมาณฟอสเฟตที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำส่วนใหญ่เกิดจากการใช้ผงซักฟอกในครัวเรือน ความเข้มข้นของฟอสเฟตที่พบในน้ำทิ้งของชุมชนไทยมีค่าอยู่ในช่วง 2 – 10 มิลลิกรัม / ลิตร ระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพ ไม่สามารถกำจัดฟอสเฟตได้หมด น้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียจึงเติมปริมาณฟอสเฟตให้กับแหล่งน้ำธรรมชาติตลอดเวลา คาดว่าอัตราการเพิ่มฟอสเฟตให้กับสิ่งแวดล้อมอาจสูงถึง 1 กรัม / ลูกบาศก์เมตร / วัน นั่นคือ ทุก ๆ 1 ล้านลูกบาศก์เมตรของน้ำทิ้งชุมชนที่เกิดขึ้น แหล่งน้ำธรรมชาติจะได้รับฟอสเฟตประมาณ 1,000 กิโลกรัม / วัน

ชุมชนตลาดหัวตะเข้เป็นชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณคลองหัวตะเข้โดยรอบ และได้มีการระบายน้ำที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ในครัวเรือน เช่น น้ำจากการซักล้างด้วยผงซักฟอก ลงสู่ลำคลองทั้งทางตรงและทางอ้อม เป็นผลให้คลองน้ำจากธรรมชาติเกิดการปนเปื้อนจากฟอสเฟตได้

จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น ได้มีการวิจัยเพื่อทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟตในคลองหัวตะเข้ ซึ่งปริมาณฟอสเฟตที่ได้นี้สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงสภาพของแหล่งน้ำนั้นๆได้ว่าเสียหรือไม่เสียมากหรือน้อย โดยนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนด ซึ่งกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ได้บ่งบอกความสัมพันธ์ของปริมาณฟอสเฟตกับลักษณะของน้ำเสีย ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลักษณะน้ำเสียชุมชน | | | | |
|---|---|---|---|---|
| พารามิเตอร์ | หน่วย | ความเข้มข้น | | |
| | | น้อย | ปานกลาง | มาก |
| ฟอสฟอรัสทั้งหมด | มิลลิกรัม/ลิตร | 4 | 8 | 15 |

ตารางที่ 1.1 แสดงปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชน

**1.2 วัตถุประสงค์**

1. เพื่อเตรียมแผ่นทดสอบฟอสเฟตสำหรับใช้ตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตในน้ำทิ้งตามแหล่งชุมชน โดยให้ผลที่ถูกต้อง มีความแม่นและน่าเชื่อถือ

2. เพื่อให้ได้แผ่นทดสอบฟอสเฟตที่สามารถใช้งานได้จริงสะดวกและให้ผลที่รวดเร็ว

**1.3 ขอบเขตการวิจัย**

1. เตรียมแผ่นทดสอบหาปริมาณฟอสเฟตโดยอาศัยหลักการตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปโทรโฟโตเมทรีที่เป็นวิธีมาตรฐาน

2. ทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นทดสอบหาปริมาณฟอสเฟต

3. ตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตในน้ำตัวอย่างด้วยแผ่นทดสอบที่เตรียมขึ้นเปรียบเทียบผลกับวิธีมาตรฐาน

**1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน**

1. สืบค้นแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2. เตรียมสารเคมี เครื่องมือและอุปกรณ์

3. เตรียมแผ่นทดสอบหาปริมาณฟอสเฟต

4. เตรียมแผ่นเทียบสีมาตรฐาน จากสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยอาศัยหลักการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน ฟอสเฟต-แอมโมเนียมโมลิบเดต

5. นำแผ่นทดสอบมาตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตในสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยในแต่ละความเข้มข้นทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง ประเมินผลทางสถิติ พิจารณาความเที่ยงและความแม่น

6. เตรียมกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตด้วยวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี

7. เก็บน้ำตัวอย่างและเตรียมน้ำตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตในน้ำตัวอย่างด้วยแผ่นทดสอบที่เตรียมขึ้น และด้วยวิธีมาตรฐาน แล้วเปรียบเทียบผล

9. ประเมินผลโดยใช้หลักทางสถิติ และทำการสรุปผล

10. เขียนรายงานแสดงผลการทดสอบ

**1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ**

1. ได้วิธีการตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตในน้ำเสียที่ใช้งานได้จริงพร้อมทั้งใช้ง่าย สะดวกและทราบผลทดสอบรวดเร็ว ให้ผลที่มีความน่าเชื่อถือ

2. ทราบถึงปริมาณฟอสเฟตในน้ำทิ้งตามชุมชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและหลักการ

**2.1 ฟอสฟอรัส (P) และฟอสเฟต ($PO_4^{3-}$)**

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่พบทั่วไปในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด และพบในรูปของฟอสเฟต สารประกอบฟอสเฟตเป็นสารอาหารที่จำเป็นของมนุษย์ สัตว์ พืชและจุลินทรีย์ พบได้ในยีน ฟัน กระดูก และกล้ามเนื้อ นอกจากนี้สารฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบสำคัญในปุ๋ย ผงซักฟอก ยาสีฟัน นมข้น อาหาร เครื่องดื่ม และสารลดความกระด้างของน้ำ สารโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตนิยมใช้กันมากในผงซักฟอก โดยทำหน้าที่เพิ่มประสิทธิภาพให้สารลดแรงตึงผิวทำให้สิ่งสกปรกในเสื้อผ้าหลุดได้ง่าย ฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบสำคัญที่เรียกว่า builder ของสารซักฟอก ฟอสเฟตช่วยกำจัดความกระด้างในน้ำ ทำให้สารซักฟอก สามารถทำความสะอาดผ้าในน้ำกระด้างได้ นอกจากนี้ฟอสเฟตยังทำให้เศษดินหรือสิ่งสกปรกแขวนลอยอยู่ในน้ำโดยไม่จับกับผ้าใหม่อีกจะเห็นได้ว่าฟอสเฟตช่วยเพิ่มพลังให้กับสารซักฟอก

สารประกอบของฟอสฟอรัสในน้ำธรรมชาติและน้ำเสียอยู่ในรูปต่าง ๆ กัน โดยแบ่งเป็นออร์โธฟอสเฟต โพลีฟอสเฟต และอินทรีย์ฟอสเฟตโดยฟอสเฟตเหล่านี้อาจอยู่ในรูปที่ละลายน้ำ หรือในรูปของซากสิ่งมีชีวิตที่ไม่ละลายน้ำ สารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ในน้ำมาจากของเสียที่ขับถ่ายมาจากมนุษย์ โดยเกิดจากการสลายตัวของโปรตีนและขับฟอสเฟตออกมากับปัสสาวะ สารซักฟอกก็เป็นแหล่งกำเนิดของฟอสเฟตในน้ำ โดยพบว่าในสารซักฟอกมีฟอสฟอรัสประกอบอยู่ประมาณ 12 -13 % หรือโพลีฟอสเฟตมากกว่า 50% ซึ่งการใช้สารซักฟอกในปัจจุบันมีปริมาณสูงมาก

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ โดยสารประกอบฟอสเฟตในเซลล์จะเก็บพลังงานจากการย่อยอาหารและจะปล่อยพลังงานเมื่อสิ่งมีชีวิตมีกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่การเคลื่อนที่การเติบโตและการสืบพันธุ์ ฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำถ้ามีมากจะกระตุ้นการเติบโตของแบคทีเรียและสาหร่ายในทะเลสาบ หรือแหล่งน้ำปิดที่รับน้ำทิ้ง ที่มีสารฟอสฟอรัสมากจะทำให้มีการเพิ่มจำนวนของสาหร่ายเซลล์เดียวในน้ำมากเกินไป จะทำให้น้ำขุ่นกลายเป็นสีเขียวและเมื่อมันตายลงพร้อมกันจะมีผลทำให้น้ำเน่าเสียเรียกกระบวนการนี้ว่า ยูโทรฟิเคชั่น (Purification)

น้ำเสียจากชุมชนมีฟอสฟอรัสประมาณ 3 มิลลิกรัม / ลิตร ซึ่งเกิดจากการสลายของเสียพวกโปรตีน ผงซักฟอก และสารทำความสะอาดระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้ประมาณ 2 มิลลิกรัม / ลิตร ที่เหลือจะถ่ายทิ้งออกมากับน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ แหล่งกำเนิดฟอสฟอรัสอื่น ๆ ได้แก่ น้ำชะล้างปุ๋ยจากการเกษตร และโพลีฟอสเฟตที่ใช้ควบคุมการกัดกร่อน หรือการเกิดตะกรันในระบบจ่ายน้ำ และหม้อต้มในโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.2 ความสำคัญต่อระบบบำบัดน้ำเสีย**

วิธีกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียที่นิยมกันคือ การตกตะกอนด้วยเกลือของโลหะ โดยอาจใช้พอลิเมอร์ประจุลบร่วมด้วย ระบบบำบัดทางชีววิทยาสามารถกำจัดฟอสฟอรัสปริมาณไม่สูงได้ ในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาของโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทที่ไม่มีฟอสฟอรัสในน้ำเสีย จำเป็นต้องเติมฟอสฟอรัสในน้ำเสีย เพื่อให้มีธาตุอาหารเพียงพอสำหรับการเติบโตของแบคทีเรีย ซึ่งเติมเพิ่มในรูปของกรดฟอสฟอริกหรือปุ๋ยฟอสเฟต ในระบบแอคติเวทเตดสลัดจ์จะควบคุมอัตราส่วน บีโอดี : ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัสในน้ำเสีย เท่ากับ 100 : 50 : 1 เนื่องจากในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาฟอสฟอรัสมีความสำคัญเพราะเซลล์จุลชีพที่อยู่ในระบบบำบัดต้องการฟอสฟอรัสเพื่อใช้ในการสืบพันธุ์และสร้างเซลล์ใหม่ ดังนั้นจึงต้องวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียดิบเพื่อดูว่ามีความเหมาะสมต่อการเติบโตของจุลชีพในระบบหรือไม่

นอกจากนี้สารประกอบฟอสเฟตถูกนำไปใช้ในโรงงานที่ใช้ไอน้ำจากหม้อต้มน้ำ เพื่อป้องกันการเกิดตะกรันในหน้าน้ำถ้าใช้คอมเพล็กซ์ฟอสเฟตมันจะแตกตัวให้เป็นออร์โธฟอสเฟตอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงดังนั้นการควบคุมปริมาณฟอสเฟตจึงต้องตรวจวิเคราะห์ในน้ำ

**ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปต่าง ๆ ดังนี้**

1. ออร์โธฟอสเฟตที่พบมากคือ ไตรโซเดียมฟอสเฟต ไดโซเดียมฟอสเฟต โมโนโซเดียมฟอสเฟต และไดแอมโมเนียมฟอสเฟต

2. คอนเดนส์ฟอสเฟต เช่น โซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟต โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต จะเห็นว่าคอนเดนซ์ฟอสเฟตเป็น ดีไฮเดรตฟอสเฟตดังนั้นจะถูกไฮโดรไลซ์ในน้ำกลับไปเป็นออร์โธฟอสเฟตดังเดิม อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ พีเอช ที่ต่ำ และจะเกิดในน้ำโสโครกได้เร็วกว่าน้ำบริสุทธิ์

3. อินทรีย์ฟอสเฟต เช่นกรดนิวคลีอิก ฟอสโฟไลปิด น้ำตาลฟอสเฟต เป็นต้น เป็นฟอสเฟตที่ติดอยู่กับสารอินทรีย์ในรูปต่าง ๆ ดังกล่าว

**2.3 ความสามารถในการละลายของฟอสฟอรัส**

**2.3.1 ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen, DO)** ถ้ามีออกซิเจนละลายอยู่ปริมาณสูง หรืออยู่ในภาวะที่เป็นตัวออกซิไดส์ ฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปสารประกอบเฟอริกฟอสเฟตซึ่งไม่ละลายจึงพบว่าในน้ำจะมีปริมาณฟอสฟอรัสละลายอยู่น้อย ถ้ามีปริมาณออกซิเจนอยู่ในปริมาณต่ำ หรือไม่มีออกซิเจนหรือเป็นภาวะที่เป็นตัวรีดิวซ์จะพบว่ามีสารประกอบฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่ละลายน้ำมากกว่ารูปที่ไม่ละลาย เช่น เมื่อฟอสเฟตรวมอยู่กับเหล็ก ความสามารถในการละลายจะขึ้นอยู่กับชนิดของเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเป็นเฟอรัส-ฟอสเฟต จะละลายน้ำได้ดีมาก แต่ถ้าเป็นเฟอริกฟอสเฟตจะไม่ละลายน้ำ ในแหล่งน้ำที่มีเฟอริก-ฟอสเฟตจะตกตะกอนอยู่ที่บริเวณพื้นต้นของแหล่งน้ำ ถ้าไม่มีออกซิเจนเฟอริกจะถูกรีดิวซ์ให้อยู่ในรูปของเฟอรัสฟอสเฟต ซึ่งละลายน้ำได้ดี แต่ถ้ามีออกซิเจน เฟอรัสจะถูกออกซิไดซ์ให้กลายเป็นเฟอริก แล้วตกตะกอนสู่พื้นกับแหล่งน้ำ ทำให้ฟอสเฟตหายไปจากน้ำได้

**2.3.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง , pH** ของน้ำในแหล่งน้ำต่างๆ นั้น ฟอสเฟตจะรวมอยู่กับธาตุที่มีประจุบวกชนิดต่างๆ เช่น เหล็ก แคลเซียม และโซเดียม pH ของน้ำอาจถูกใช้เป็นเครื่องชี้ว่า ฟอสเฟตจะรวมอยู่กับธาตุที่มีประจุบวกชนิดใด เช่น ถ้าช่วงเป็นด่างเล็กน้อย pH ประมาณ 8.3 – 8.5 จะมีแคลเซียม-ฟอสเฟตละลายอยู่มากที่สุด ถ้าช่วง pH เป็นด่างมากขึ้นประมาณ 8.5 – 10 จะพบโซเดียมฟอสเฟตละลายอยู่มากที่สุด แต่ถ้า pH เป็นกรดเราจะพบเฟอริกฟอสเฟตละลายอยู่เป็นจำนวนมาก

**2.4 วิธีการเก็บตัวอย่าง**

**2.4.1 การเตรียมอุปกรณ์และภาชนะในการเก็บตัวอย่าง**

การเตรียมอุปกรณ์และภาชนะในการเก็บตัวอย่าง เป็นกระบวนการเบื้องต้นที่สำคัญที่จะลดการปนเปื้อนที่จะมีผลต่อการวิเคราะห์ โดยอุปกรณ์และภาชนะทุกชิ้นที่นำไปใช้ จะต้องผ่านการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยาทำความสะอาด ล้างด้วยน้ำสะอาดและน้ำกลั่นบริสุทธิ์ในขั้นตอนสุดท้าย จากนั้นคว่ำให้แห้งและเก็บในห้องที่สะอาดปราศจากฝุ่นละออง

**2.4.2 ภาชนะบรรจุตัวอย่าง (Sample container)**

ลักษณะของภาชนะที่ใช้บรรจุตัวอย่าง

การวิเคราะห์หาปริมาณ Total phosphate จะใช้ขวดพลาสติกชนิด Polyethylene (PE) ในการบรรจุเพราะต้องรักษาสภาพน้ำตัวอย่างด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกให้มี pH < 2 จึงต้องใช้ขวดบรรจุที่ทนต่อสภาพกรด และมีลักษณะปากกว้างเนื่องจากสารนั้นมีความสกปรก

**2.4.3 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ**

**1. การเก็บแบบจ้วง (Grab sampling)** คือการเก็บตัวอย่างจุดละ 1 ตัวอย่างในเวลาที่กำหนดไว้โดยเฉพาะ การเก็บแบบนี้ตัวอย่างจะเป็นตัวแทนของแหล่งน้ำเฉพาะเวลาและเฉพาะจุดที่เก็บเท่านั้น

**2. การเก็บแบบผสมรวม (Composite sampling)** ในการเก็บตัวอย่างน้ำจะเก็บตัวอย่างแบบจ้วงแล้วนำมาผสมกันโดยเก็บจากจุดเดียวกัน แต่เวลาต่างกัน เป็นการเฉลี่ยความเข้มข้นของตัวอย่าง ณ จุดเก็บ ในช่วงเวลาหนึ่งๆ

**2.4.4 การพิจารณาเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำ**

กรณีที่เป็นแม่น้ำลำคลองที่ต้องการศึกษาให้เก็บที่จุดกึ่งกลางความกว้างของแหล่งน้ำที่ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กึ่งกลางความลึก

**การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ**

น้ำตัวอย่างที่เก็บมาเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพนั้น ดัชนีที่ต้องทำการวิเคราะห์ทันที คือ การวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen, DO) และความเป็นกรด-ด่าง (pH)

1. การแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 °o หรือแช่แข็ง ซึ่งจุดประสงค์คือลดการทำงานของพวกจุลินทรีย์และลดการเกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี วิธีนี้มีข้อดีคือไม่มีสารรบกวนในการวิเคราะห์ ซึ่งวิธีนี้ใช้ในการรักษาสภาพตัวอย่างน้ำที่จะวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟต

2 .การเติมสารเคมี จะมีการเติมกรดซัลฟุริก ($H_2SO_4$) เพื่อรักษาสภาพน้ำ ป้องกันการดูดซับไอออนที่ผิวภาชนะบรรจุและการตกตะกอนของฟอสเฟต

**2.5 การเก็บรักษาตัวอย่างขณะขนส่งไปยังห้องปฏิบัติการ (Sample transportation)**

เมื่อเก็บตัวอย่างและ Blank ต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว ต้องทำการรักษาสภาพตัวอย่างให้เหมาะสมของแต่ละดัชนีที่วิเคราะห์ คือ การเติมกรดซัลฟิวริก และแช่ขวดตัวอย่างในน้ำแข็ง

**2.6 การส่งตัวอย่าง (Sending Sample)**

เมื่อทำการขนส่งตัวอย่างไปถึงห้องปฏิบัติการแล้ว ต้องเก็บตัวอย่างโดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

**2.7 วิธีการตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตในน้ำ**

ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปออร์โธฟอสเฟตหาได้โดยวิธีชั่งหาน้ำหนักของตะกอน (Gravimetric Method) วิธีวัดปริมาตร (Volumetric Method) หรือใช้วิธีเทียบสี

วิธีชั่งหาน้ำหนักของตะกอนเหมาะสำหรับตัวอย่างที่มีฟอสฟอรัสอยู่เป็นจำนวนมาก ส่วนวิธีวัดปริมาตร เหมาะสำหรับเมื่อมีฟอสฟอรัสอยู่ในความเข้มข้นสูงกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งพบมากในน้ำของหม้อต้มน้ำในของเหลวจากเครื่องย่อยสลาย (Digester) และวิธีนี้ใช้เวลานาน คณะผู้วิจัยจึงเลือกวิธีเทียบสีโดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ซึ่งเป็นวิธีที่นิยม

การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธีเทียบสี ทำได้โดย แอมโมเนียมโมลิบเดตจะทำปฏิกิริยากับออร์โธฟอสเฟตภายใต้สภาวะที่เป็นกรดเกิดเป็นเฮดเทอโรพอลิและกรดโมลิบโดฟอสฟอริก เมื่อมีวาเนเดียมอยู่ด้วยจะเกิดเป็นวาเนโดโมลิบโดฟอสฟอริกซึ่งมีสีเหลือง ความเข้มของสีเหลืองจะแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของฟอสเฟตในสารละลายนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างน้ำเสียด้วยวิธีวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี สามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลัก ๆ ได้เป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ ดังนี้

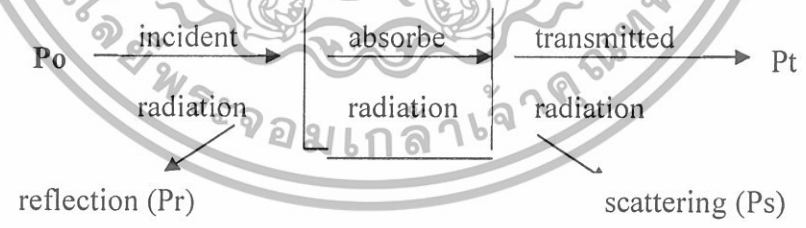
1. การเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสที่ต้องการวิเคราะห์ให้เป็นออร์โธฟอสเฟตที่ละลายน้ำ โดยการย่อยตัวอย่างด้วยกรดเข้มข้น

2. ตรวจวัดออร์โธฟอสเฟตที่ละลายน้ำด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

**2.8 อัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี**

การดูดกลืนแสงหรือรังสีที่อยู่ในช่วงอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิล ซึ่งอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 190-800 นาโนเมตร (nm) ของสารเคมีนั้น ส่วนใหญ่ได้แก่พวกสารอินทรีย์ (organic compound) หรือสารประกอบเชิงซ้อน (complex compound) หรือสารอนินทรีย์ (inorganic compound) ทั้งที่มีสีและไม่มีสีสมบัติของสารดังกล่าวนี้ได้นำมาใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณอย่างกว้างขวาง เพราะวิธีนี้ให้ความถูกต้องแม่นยำดีและมีสภาพไว (sensitivity) สูง โดยอาจทำการวิเคราะห์อยู่ในรูปของธาตุหรือโมเลกุลก็ได้ แต่ในกรณีที่จะนำไปใช้พิสูจน์ว่าสารตัวอย่างนั้นเป็นสารอะไร มีโครงสร้างอย่างไร อาจจะต้องใช้เทคนิคอย่างอื่นเข้าช่วยด้วย เพื่อให้เกิดความแน่ใจ เช่น ใช้เทคนิคทาง IR หรือ NMR spectroscopy เป็นต้น

โดยทั่วไปเทคนิคการวิเคราะห์นี้บางครั้งนิยมเรียกว่า ยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี แต่ถ้าสารที่ทำการวิเคราะห์มีสีหรือทำให้เกิดสีขึ้น สารที่มีสีนั้นจะดูดกลืนแสงในช่วงวิสิเบิล อาจเรียกว่า คัลเลอริเมตรี (colorimetric)




รูปที่ 2.8.1 แสดงการเกิดอันตรกิริยาของสารเคมีกับการแผ่รังสีหรือแสง

**องค์ประกอบของเครื่อง**

เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ทุกชนิดประกอบด้วยองค์ประกอบหลักดังนี้คือ

* ***แหล่งกำเนิดแสง*** ให้แสงช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสม เช่น ระหว่าง 190-1000 นาโนเมตร
* *monochromatic* เป็นส่วนที่ใช้จัดการเกี่ยวกับแสงทำให้ผู้ใช้เลือกช่วงแสงที่จะนำมาวัดได้
* ***ช่องใส่ตัวอย่าง*** ใช้ใส่ตัวอย่างที่ต้องการวัด

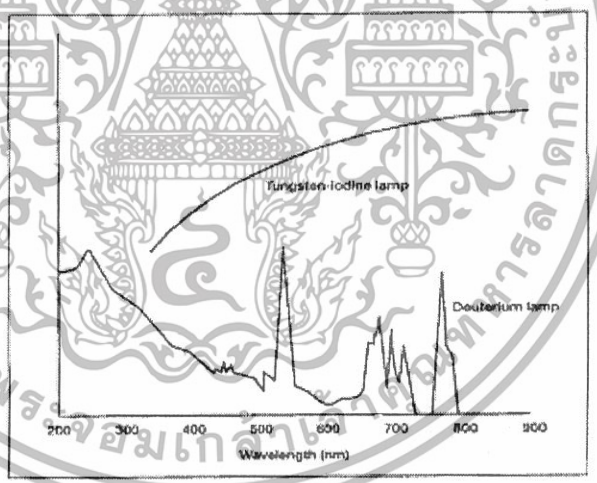
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* *detector / amplifier* ใช้วัดแสงที่เหลือจากการดูดกลืนของตัวอย่าง

**แหล่งกำเนิดแสง** แหล่งกำเนิดแสงที่ดีควรให้แสงที่มีความเข้มสม่ำเสมอและแสงนิ่งตลอดช่วงความยาวคลื่นที่ใช้งาน นอกจากนี้ควรมีขนาดพอเหมาะ ทนทานและราคาไม่แพง หากเราคาดหวังทุกอย่างที่กล่าวมาเราจะใช้หลอดเพียงชนิดเดียวไม่ได้ ต้องมีหลอดอย่างน้อย 2 ชนิดที่จะครอบคลุมความต้องการดังกล่าวหลอดที่ว่านั้นคือ หลอดดิวทีเรียม และหลอดทังสเตน

**หลอดทังสเตน** นำมาใช้ในช่วง visible โดยหลอดชนิดนี้ให้พลังงาน ตั้งแต่ 300 – 2000 นาโนเมตรปกติแล้วหลอดนี้มี Filament ที่ทำจากทังสเตนครอบด้วย Quartz ก๊าซภายในเป็นพวกกลุ่ม Halogen เช่น ไอโอดีน เป็นต้น หลอดชนิดนี้มีข้อดีในด้านให้พลังงานสูงโดยเฉพาะในช่วงความยาวคลื่น 300 – 400 นาโนเมตร

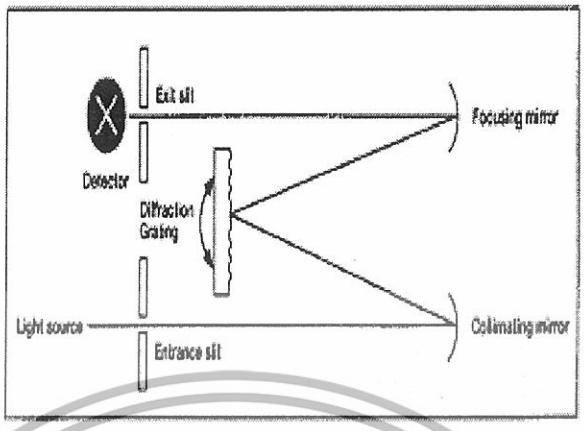
**หลอดดิวทีเรียม** เป็นหลอดที่ทำงานได้ดีที่สุดในช่วงความยาวคลื่นต่ำกว่า 300 นาโนเมตร โดยปกติแล้วหลอดนี้ จะให้แสงที่ต่อเนื่องและสม่ำเสมอในช่วง 180 – 400 นาโนเมตร ส่วนที่ครอบของหลอดนี้จะทำจาก Quartz เช่นกัน




รูปที่ 2.8.2 แสดงการทำงานของแหล่งกำเนิดแสง

**monochromatic** ทำหน้าที่แยกแสงออกเป็นแต่ละความยาวคลื่นและแยกส่วนความยาวคลื่นที่ต้องการไปใช้วัดตัวอย่าง monochromatic โดยทั่วไปแล้วประกอบไปด้วย entrance slit ที่ใช้จำกัดให้แสงผ่านเข้าไปในกรอบการใช้งานที่ต้องการ จากนั้น Collimating mirror จะนำแสงเข้าระบบไปสู่ส่วน Diffraction grating ซึ่งจะแตกแสงออกเป็นความ ยาวคลื่นต่าง ๆ โดยที่ Focusing mirror จะเล็งแสงที่แตกแล้วนี้ผ่านออกไปยัง Exit slit ไปยังตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.8.3 แสดง Czerny – Turner Monochromatic

**ช่องใส่ตัวอย่าง** ปกติจะออกแบบให้มีฝาครอบหรือเลื่อนปิดอย่างมิดชิด เพื่อไม่ให้แสงจากภายนอกตกไปยัง detector ส่วนที่ใช้ใส่ตัวอย่างนี้จะปิดกั้นอย่างดีเพื่อป้องกัน monochromatic และ detector cell ที่ใช้มักจะเป็น curette รูปทรงต่าง ๆ วัสดุมีให้เลือกหลัก ๆ คือ Quartz optical glass และพลาสติก การเลือกวัสดุนั้นจะขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นที่ใช้วัด และลักษณะของตัวอย่างถ้าจะใช้ความยาวคลื่นต่ำกว่า 350 nm ต้องใช้ cell ที่ทำจาก Quartz ที่จริงแล้ว curette ที่ทำจาก Quartz นั้นจะใช้ได้ตลอดช่วง UV-Visible เช่น ตั้งแต่ 190 – 1000 นาโนเมตร เป็นต้น ส่วน optical glass ใช้ได้ในช่วงความยาวคลื่นมากกว่า 300 นาโนเมตร และสำหรับพลาสติกจะใช้ได้ในช่วง Visible เท่านั้น คือตั้งแต่ 350 นาโนเมตร เป็นต้นไป ขนาดของ cell ทั่ว ๆ ไปคือ 10 มิลลิเมตร รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีความสูงที่จุสารละลายได้ประมาณ 2-3 มิลลิลิตร แต่ถ้าหากมีตัวอย่างจำกัด ผู้ใช้สามารถเลือกซื้อ cell ซึ่งจะลดขนาดโดยลดความกว้างของ cell แต่ path length (ระยะที่แสงส่องผ่าน) ยังคงเดิม

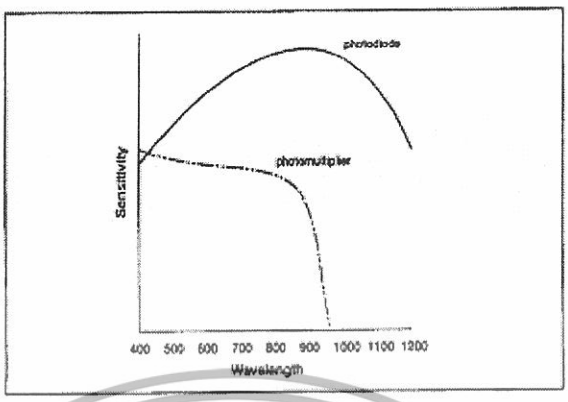
**Detector** ทำหน้าที่แปลงพลังงานแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า

ที่มีใช้กันใน UV-VIS Spectrophotometer มี 2 ชนิดคือ

*1. Silicon Photodiode* ใช้หลักการที่ว่าเมื่อแสงตกกระทบผิวDetectorที่มีคุณสมบัติเป็น semi-conductive จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น

*2. Photomultiplier tube* detector ชนิดนี้ประกอบไปด้วย photo tube และ high gain amplifier ข้อดีของ detector แบบนี้ คือสามารถปรับความไวในการตรวจวัดโดยการปรับกระแสไฟฟ้าที่ให้และใช้วัดได้ดีในช่วง 200 – 600 นาโนเมตร แต่ถ้าความยาวคลื่นเกิน 900 นาโนเมตร ความไวในการตรวจวัดจะลดลงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.8.4 แสดงความไวในการตรวจวัดของ detector

**สาเหตุของข้อผิดพลาด และประสิทธิภาพเครื่องต่ำ**

เครื่อง Spectrophotometer ในขณะใช้งานอาจผิดพลาดได้จากหลายสาเหตุ แต่หลักใหญ่มีดังนี้คือ

1. การปรับแต่งในด้านการดูดกลืนแสง (photometric) ไม่ถูกต้อง
2. การปรับเครื่องด้าน optical ไม่ถูกต้อง เช่น การ misalignment เป็นต้น
3. ผลจาก stray light
4. การใช้งานไม่ถูกต้อง ทำให้ค่า signal to noise ไม่ดี

จากสาเหตุดังกล่าว เราจึงจำเป็นต้องทำการประเมินประสิทธิภาพเครื่องเพื่อทราบสถานะก่อนนำไปใช้งานในขั้นตอนการประเมินนั้นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งคือต้องตั้ง parameter ต่างๆของเครื่องให้ถูกต้องและทำการตรวจวัดโดยใช้สารอ้างอิงทราบคุณสมบัติ โดยทั่วไปแล้วคุณสมบัติที่ต้องการคือมีความเสถียรทางเคมีและเป็นไปตามกฎของ Beer นอกจากนี้แล้วควรมีลักษณะทางกายภาพเหมือนตัวอย่างที่จะวัด

**2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

การศึกษาการศึกษาผลกระทบของการขยายชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดสงขลาต่อสภาพแวดล้อมทางน้ำในจังหวัดสงขลา

นายนุกูล อินทระสังขา ได้ทำการศึกษาแหล่งน้ำพบว่าจากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทางเคมี กายภาพ และชีวภาพที่สำคัญบางประการทุกเดือน ตลอดปี พ.ศ.2535 จากสถานีเก็บตัวอย่าง 10 แห่ง ครอบคลุมบริเวณปากทะเลสาบสงขลา ซึ่งเปรียบเสมือนท่อระบายน้ำเสียขนาดใหญ่จากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมออกสู่ทะเลอ่าวไทย ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำบริเวณดังกล่าวน้ำอยู่ในเกณฑ์อันตรายในบางฤดูกาลและบางสถานี เมื่อพิจารณาจากค่าดีโอที่มีค่าต่ำกว่า 4 มก/ล. จนถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางเดือนต่ำจนถึง 0 มก/ล. ค่าบีโอดีอยู่ในช่วง 0.1-19.15 มก/ล. ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มรวมและฟีคัลโคลิฟอร์มอยู่ในช่วง 2- 160,000 เอ็มพีเอ็น/100 มล. ส่วนคุณภาพน้ำอื่น ๆ อยู่ในช่วงดังต่อไปนี้ แอมโมเนีย 0-6.31 มก/ล. ไนไตร์ต 0-0.027 มก/ล. ไนเตรต 0.004-0.221 มก/ล. ฟอสเฟต 0-0.79 มก/ล. pH 7.1-8.1 ความเค็ม 1-35 พีพีที ความโปร่งแสง 30-164 ซม. สารแขวนลอย 4-377 มก/ล. และอุณหภูมิ 26-34°C บริเวณที่น่าเป็นห่วงและควรเร่งหามาตรการป้องกันก่อนที่จะเกิดมลพิษที่รุนแรงยิ่งขึ้นคือแถบตำบลท่าสะอ้านซึ่งมีแพปลา โรงงานผลิตภัณฑ์ประมงและท่าเรือประมงเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีการปล่อยน้ำทิ้งที่ยังไม่มีการบำบัดลงสู่ทะเลสาบสงขลาโดยตรง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# การวิจัยและการดำเนินงาน

## 3.1 สารเคมี เครื่องมือและอุปกรณ์

### 3.1.1 สารเคมี

3.1.1.1 ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein, $C_{20}H_{14}O_4$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo era

3.1.1.2 กรดไนตริก (nitric acid, $HNO_3$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท BDH laboratory supplies.

3.1.1.3 กรดซัลฟิวริก (sulfuric acid, $H_2SO_4$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท BDH laboratory supplies.

3.1.1.4 ถ่านกัมมันต์ (activated charcoal)

3.1.1.5 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo erba.

3.1.1.6 แอมโมเนียม-โมลิบเดต (ammonium-molybdate, $[(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O]$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo erba.

3.1.1.7 แอมโมเนียม-เมตาวาเนเดต (ammonium-metavanadate, $(NH_4VO_3)$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo erba.

3.1.1.8 สารมาตรฐานโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (potassium dihydrogen phosphate, $KH_2PO_4$) เกรดวิเคราะห์ BDH laboratory supplies.

3.1.1.9 น้ำกลั่น

### 3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.2.1 เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) รุ่น 6405UV/Vis ยี่ห้อ Jenway

3.1.2.2 เครื่องกรองสุญญากาศ (vacuum filters) รุ่น A-35 ยี่ห้อ Eyela

3.1.2.3 เครื่องชั่งแบบดิจิตอล (digital scale) รุ่น cp224s ยี่ห้อ Sartorius

3.1.2.4 เครื่องวัด pH (pH meter) รุ่น 713-pH Meter ยี่ห้อ Metrohm

3.1.2.5 ตู้อบสารเคมี

3.1.2.6 แท่นให้ความร้อน (Hot plate)

3.1.2.7 ถังน้ำพลาสติกสำหรับเก็บน้ำตัวอย่าง

3.1.2.8 เครื่องแก้วในห้องปฏิบัติการ

3.1.2.9 ขวดพอลิเอทีลีน (PE) + ฝาปิด (สำหรับเก็บน้ำตัวอย่าง)

3.1.2.10 กระบอกฉีดน้ำกลั่น

3.1.2.11 แผ่นกระดาษมันสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.12 กระดาษกรอง เบอร์ 42

3.1.2.13 เซลล์พลาสติกขนาด 1 เซนติเมตร

**3.2 วิธีดำเนินการทดลอง**

**3.2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ**

3.2.1.1 นำขวดพลาสติกพอลีเอทิลีนมาแช่กรดเจือจางอย่างน้อย 1 สัปดาห์

3.2.1.2 เมื่อจะเก็บตัวอย่างให้เทกรดออกแล้วนำมาล้างด้วยน้ำกลั่น เช็ดให้แห้ง

3.2.1.3 นำถังพลาสติก มาเก็บตัวอย่างแบบจ้วง ประมาณ 200 มิลลิตร กลั้วขวดสารเก็บตัวอย่าง ประมาณ 2 – 3 ครั้งแล้วจึงเทลงขวดเก็บสารตัวอย่าง เขียนตำแหน่งและจุดที่เก็บตัวอย่าง พร้อมทั้งวันครั้งที่ที่ทำการเก็บตัวอย่าง

3.2.1.4 เติมกรดซัลฟิวริกให้ได้ค่า pH < 2 ปิดฝาเขย่าเพื่อรักษาสภาพตัวอย่างน้ำ

3.2.1.5 นำขวดเก็บตัวอย่างแช่ในกล่องที่บรรจุน้ำแข็ง ขณะเดินทางมาห้องปฏิบัติการ

3.2.1.6 นำตัวอย่างน้ำเก็บเข้าตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาสภาพตัวอย่างก่อนทำการวิเคราะห์ต่อไป

3.2.1.7 ในการเก็บตัวอย่างหนึ่งวันจะทำการเก็บ 3 สถานีตัวอย่าง สถานีละ 1 ครั้งแล้วนำมารวมกัน ใช้ระยะเวลาการเก็บ 5 วัน

**3.2.2 การเตรียมสารละลาย**

**3.2.2.1 การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมลาร์**

เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์โดย ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์มา 19.9985 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย ถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

**3.2.2.2 การเตรียมสารละลายวาเนเดต-โมลิบเดต**

3.4.2.2.1 สารละลาย A : ชั่งแอมโมเนียม-โมลิบเดตมา 25 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 300 มิลลิลิตร

3.4.2.2.2 สารละล่าย B : ชั่งแอมโมเนียม-เมตาวาเนเดตมา 1.25 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 300 มิลลิลิตร โดยการต้มให้เดือด ทิ้งสารละลาย B ให้เย็นจนเท่าอุณหภูมิห้อง เติมกรดไนตริกเข้มข้นลงไป 330 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

3.4.2.2.3 เทสารละลาย A ลงในสารละลาย B ถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2.2.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานสต๊อกฟอสเฟตเข้มข้น 1000 ppm**

3.2.2.3.1 ชั่งโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($KH_2PO_4$) มา 14.93 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อยถ่ายลงขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตรปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3.2.2.3.2 ปิเปตสารละลายในข้อ 3.2.2.3.1 มา 100 มิลลิลิตร ใส่ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตที่มีความเข้มข้น 1000 ppm

**3.2.2.4 การเตรียมสารละลายน้ำตัวอย่าง**

**3.2.2.4.1 ย่อยตัวอย่างด้วยกรดเข้มข้น**

3.2.2.4.1.1 ปิเปตน้ำตัวอย่างมา 100 มิลลิลิตร ใส่ลงในชามระเหยเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร และกรดไนตริก 5 มิลลิลิตร

3.2.2.4.1.2 นำชามระเหยไปตั้งบนแท่นให้ความร้อนจนสารละลายระเหยเหลือ 1 มิลลิลิตร ทำให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นประมาณ 20 มิลลิลิตร เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 1 หยด ค่อยๆเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จนสารละลายมีสีชมพูอ่อน

3.2.2.4.1.3 กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง ถ่ายสารละลายลงขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

**3.2.2.4.2 กำจัดสีจากสารตัวอย่าง**

นำสารตัวอย่างที่ย่อยแล้วมา 100 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดรูปกรวยขนาด 250 มิลลิลิตร เติมถ่านกัมมันต์ 400 มิลลิกรัม นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 5 นาที กรองสารละลายนี้ด้วยกระดาษกรอง เก็บสารละลายนี้เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

**3.2.3 การเตรียมแผ่นทดสอบฟอสเฟต**

3.2.3.1 ตัดกระดาษกรองให้เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 1 × 1 ตารางเซนติเมตร

3.2.3.2 นำกระดาษกรองที่ตัดนี้มาแช่ในสารละลายวานาเดต-โมลิบเดตจนอิ่มตัว จากนั้นนำมาวางลงบนกระจกนาฬิกา

3.2.3.3 นำไปอบให้แห้งในตู้อบสารที่อุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส (ไม่ควรเกิน 50 องศาเซลเซียส)

3.2.3.4 เมื่อกระดาษกรองแห้งแล้ว จะได้แผ่นสำหรับใช้ทดสอบหาปริมาณฟอสเฟต

**3.2.4 การเตรียมแผ่นเทียบสีมาตรฐาน**

3.2.4.1 ปิเปตสารลายมาตรฐานสต๊อกฟอสเฟตที่เตรียมได้ในข้อ 3.2.2.3 มา 0.10, 0.25, 0.50, 1.00, 1.50, 2.50, 3.50, 5.00, 7.50, 10.00, 15.00, 20.00, 25.00, 30.00, 40.00 และ50.00 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร แต่ละขวดปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ได้สารละลายมาตรฐานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความเข้มข้น 2, 5, 10, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 800 และ 1000 ppm ตามลำดับ

3.2.4.2 นำสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นต่างๆ ที่เตรียมได้ในข้อ 3.2.4.1 เทลงใส่ บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร บีกเกอร์ละความเข้มข้น

3.2.4.3 นำแผ่นสำหรับทดสอบหาปริมาณฟอสเฟตมาวางเรียงกัน 16 แผ่น ตามแนวนอน

3.2.4.4 ใช้หลอดหยดดูดสารละลายมาตรฐานจากบีกเกอร์มาหยดลงบนแผ่นสำหรับทดสอบหาปริมาณฟอสเฟตหนึ่งแผ่นต่อหนึ่งความเข้มข้น โดยเรียงลำดับความเข้มข้นจากน้อยไปมาก ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที

3.2.4.5 นำแผ่นที่มีสีเหมือนกันหรือแยกความแตกต่างด้วยสายตาไม่ได้ออกไป และถ่ายภาพแผ่นสีที่เหลือก็จะได้แผ่นเทียบสีมาตรฐานที่มีช่วงความเข้มข้น 0-10, 11-30, 31-100, 101-300, 301-600 ppm

**3.2.5 การตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตในสารละลายมาตรฐานด้วยแผ่นทดสอบ**

3.2.5.1 ปิเปตสารลายมาตรฐานสต๊อกฟอสเฟตที่เตรียมได้ในข้อ 3.2.2.3 มา 0.50, 1.50, 5.00, 15.00, 30.00 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร แต่ละขวดปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นได้สารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 10,30, 100, 300, 600 ppm ตามลำดับ

3.2.5.2 นำสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นต่างๆ ที่เตรียมได้ในข้อ 3.2.5.1 เทลงใส่บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร บีกเกอร์ละความเข้มข้น

3.2.5.3 นำแผ่นสำหรับทดสอบหาปริมาณฟอสเฟตมาวางเรียงกัน 5 แผ่น ตามแนวนอน

3.2.5.4 ใช้หลอดหยดดูดสารละลายมาตรฐานจากบีกเกอร์มาหยดลงบนแผ่นสำหรับทดสอบหาปริมาณฟอสเฟต 1 แผ่นต่อ 1 ความเข้มข้น โดยเรียงลำดับความเข้มข้นจากน้อยไปมากตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที

3.2.5.5 สังเกตสีที่เกิดขึ้นแล้วนำมาเปรียบเทียบสีกับแผ่นเทียบสีมาตรฐานที่เตรียมขึ้นทำให้ทราบความเข้มข้นของฟอสเฟต

3.2.5.6 แต่ละความเข้มข้นให้ทำการทดสอบซ้ำ 7 ครั้ง และประเมินผล

**3.2.6 การตรวจวัดหาปริมาณฟอสเฟตในสารละลายน้ำตัวอย่างด้วยแผ่นทดสอบ**

3.2.6.1 เทสารละลายน้ำตัวอย่างที่เตรียมได้ในข้อ 3.2.2.4 ใส่ลงบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร

3.2.6.2 นำแผ่นสำหรับทดสอบหาปริมาณฟอสเฟตมาวางเรียงกัน 5 แผ่น ตามแนวนอน

3.2.6.3 ใช้หลอดหยดดูดสารละลายน้ำทิ้งจากบีกเกอร์มาหยดลงบนแผ่นสำหรับทดสอบหาปริมาณฟอสเฟตทั้ง 5 แผ่นตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที

3.2.6.4 สังเกตสีที่เกิดขึ้นแล้วนำมาเปรียบเทียบสีกับแผ่นเทียบสีมาตรฐานที่เตรียมขึ้นทำให้ทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ความเข้มข้นของฟอสเฟต

3.2.6.5 ทำการทดสอบจากข้อ 3.2.6.1 – 3.2.6.4 ซ้ำ 7 ครั้ง และประเมินผล

**3.2.7 การตรวจวัดหาปริมาณฟอสเฟตด้วยวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี**

**3.2.7.1 การเตรียมกราฟมาตรฐาน**

3.2.7.1.1 ปิเปตสารละลายมาตรฐานสต๊อกฟอสเฟตที่เตรียมได้ในข้อ 3.2.2.3 มา 0.1, 0.2, 0.3, 1, 3 และ 6 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร แต่ละขวดเติมสารละลายวาเนเดต-โมลิบเดต 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ได้สารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 10, 20, 30, 100, 300 และ 600 ppm ตามลำดับ ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที(เริ่มนับตั้งแต่เริ่มใส่สารละลายวาเนเดต-โมลิบเดต)

3.2.7.1.2 เตรียมสารละลายแบลงค์ โดยการปิเปตสารละลายวาเนเดต-โมลิบเดตมา 2 มิลลิลิตร ใส่ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3.2.7.1.3 นำสารละลายที่เตรียมได้จากข้อ 3.2.7.1.1 ไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 400-490 นาโนเมตร เทียบกับแบลงค์

3.2.7.1.4 ทำการทดลองจากข้อ 3.2.7.1.1 – 3.2.7.1.3 ซ้ำ 3 ครั้ง

3.2.7.1.5 นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานโดยพลอตกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายฟอสเฟต

**3.2.7.2 การตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตในสารละลายน้ำตัวอย่างด้วยวิธีมาตรฐาน**

3.2.7.2.1 ปิเปตสารละลายน้ำตัวอย่างที่เตรียมในข้อ 3.2.2.4 มา 7 มิลลิลิตรใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร เติมสารละลายวาเนเดต-โมลิบเดต 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที (เริ่มนับตั้งแต่เริ่มใส่สารละลายวาเนเดต-โมลิบเดต)

3.2.7.2.2 เตรียมสารละลายแบลงค์โดยการปิเปตสารละลายวาเนเดต-โมลิบเดตมา 2 มิลลิลิตร ใส่ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3.2.7.2.3 นำสารละลายที่เตรียมได้จากข้อ 3.2.7.2.1 ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400-490 นาโนเมตร เทียบกับแบลงค์

3.2.7.2.4 ทำการทดลองจากข้อ 3.2.7.2.1 - 3.2.7.2.3 ซ้ำ 7 ครั้ง

3.2.7.2.5 นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาความเข้มข้นของฟอสเฟตในสารละลายน้ำตัวอย่างและคำนวณหาปริมาณฟอสเฟตต่อไป

**3.2.8 การตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตใน spiked sample ด้วยวิธีมาตรฐาน**

3.2.8.1 ปิเปตสารละลายน้ำตัวอย่างที่เตรียมได้ในข้อ 3.2.2.4 มา 7 มิลลิลิตรใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร เติมสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตที่มีความเข้มข้น 10000 ppm ปริมาตร 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
107841

มิลลิลิตร เติมสารละลายวาเนเดต-โมลิบเดต 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที (เริ่มนับตั้งแต่เริ่มใส่สารละลายวาเนเดต-โมลิบเดต)

3.2.8.2 เตรียมสารละลายแบลงค์ โดยการปิเปตสารละลายวาเนเดต-โมลิบเดตมา 2 มิลลิลิตร ใส่ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3.2.8.3 นำสารละลายที่เตรียมได้จากข้อ 3.2.8.1 ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400-490 นาโนเมตร เทียบกับแบลงค์

3.2.8.4 ทำการทดลองจากข้อ 3.2.8.1 - 3.2.8.3 ซ้ำ 7 ครั้ง

3.2.8.5 นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาความเข้มข้นของ spiked sample

**3.2.9 การตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตใน spiked sample ด้วยแผ่นทดสอบปริมาณฟอสเฟต**

3.2.9.1 ปิเปตสารละลายน้ำตัวอย่างที่เตรียมได้ในข้อ 3.2.2.4 มา 7 มิลลิลิตรใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร เติมสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตที่มีความเข้มข้น 10000 ppm ปริมาตร 0.01 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3.2.9.2 นำสารละลายที่เตรียมได้จากข้อ 3.2.9.1 เทใส่บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร

3.2.9.3 นำแผ่นสำหรับทดสอบหาปริมาณฟอสเฟตมาวางเรียงกัน 5 แผ่น ตามแนวนอน

3.2.6.3 ใช้หลอดหยดดูดสารละลายจากบีกเกอร์มาหยดลงบนแผ่นสำหรับทดสอบหาปริมาณฟอสเฟตทั้ง 5 แผ่นตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที

3.2.6.4 สังเกตสีที่เกิดขึ้นแล้วนำมาเปรียบเทียบสีกับแผ่นเทียบสีมาตรฐานที่เตรียมขึ้นทำให้ทราบความเข้มข้นของฟอสเฟตใน spiked sample

3.2.6.5 ทำการทดสอบจากข้อ 3.2.9.1 – 3.2.9.4 ซ้ำ 7 ครั้ง และประเมินผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

## 4.1 การเตรียมแผ่นเทียบสีมาตรฐาน

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการเตรียมแผ่นเทียบสีมาตรฐานเพื่อหาปริมาณฟอสเฟต โดยใช้สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยการพิจารณาจากสีที่เกิดขึ้นของฟอสเฟตที่เกิดปฏิกิริยากับสารละลายวาเนเดต-โมลิบเดต ซึ่งความเข้มข้นของสารละลายฟอสเฟตที่ให้สีแยกออกจากกันชัดเจนด้วยตาเปล่า คือ 10, 30, 100, 300 และ 600 ppm แผ่นเทียบสีที่ได้มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.1 เมื่อนำสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องUV-Visible Spectrophotometer ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.1 แผ่นเทียบสีมาตรฐานที่ได้จากการเตรียมแผ่นเทียบสี

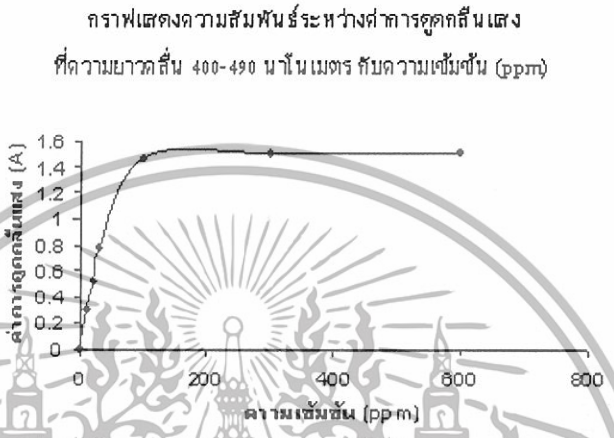
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยตรวจวัดซ้ำ 7 ครั้ง

| ความเข้มข้นของสารมาตรฐานฟอตเฟต (ppm) | ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) | %RSD | สีของสารละลายที่เกิดขึ้น |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.0000 | 0.000473 | 0.15036 | สีขาว |
| 10 | 0.3142 | 0.000943 | 0.179251 | สีครีม |
| 20 | 0.5263 | 0.000943 | 0.179251 | สีขาวอมเหลือง |
| 30 | 0.7793 | 0.000943 | 0.121057 | สีขาวอมเหลือง |
| 100 | 1.4707 | 0.000473 | 0.032133 | สีเหลืองอ่อน |
| 300 | 1.5133 | 0.000473 | 0.031229 | สีเหลือง |
| 600 | 1.5160 | 0.000816 | 0.053859 | สีเหลืองเข้ม |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

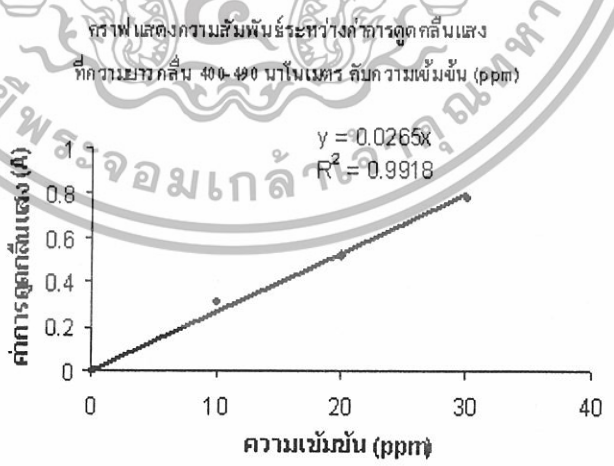
**4.2 กราฟมาตรฐานฟอสเฟต**

กราฟมาตรฐานฟอสเฟตที่ได้จากการวัดค่าดูดกลืนแสงจากสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้ผลดังนี้




รูปที่ 4.2 กราฟมาตรฐานฟอสเฟตช่วงความเข้มข้น 0-600 ppm

จากกราฟมาตรฐานที่ 4.2 แสดงว่าวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรีมีความเป็นเส้นตรงในช่วง 0 – 30 ppm ดังนั้นจึงได้กราฟมาตรฐานดังนี้




รูปที่ 4.3 กราฟมาตรฐานฟอสเฟตช่วงความเข้มข้น 0-30 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.3 ผลการตรวจวัดปริมาณของฟอสเฟตในสารละลายน้ำตัวอย่าง**

เมื่อนำน้ำตัวอย่างจากแหล่งชุมชนมาทำการตรวจวัดเพื่อหาปริมาณฟอสเฟตด้วยวิธีใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐานและวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี โดยทำแต่ละตัวอย่างซ้ำ 7 ครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2 และ 4.3

**ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารละลายน้ำตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ**
โดยตรวจวัดซ้ำ 7 ครั้ง

| วันที่ | ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) | %RSD | สีของสารละลายที่เกิดขึ้น |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.132 | 0.000577 | 0.437387 | สีครีม |
| 2 | 0.133 | 0.000816497 | 0.613907204 | สีครีม |
| 3 | 0.134 | 0.000707 | 0.527692 | สีครีม |
| 4 | 0.133 | 0.000816497 | 0.613907204 | สีครีม |
| 5 | 0.134 | 0.000707 | 0.527692 | สีครีม |

**ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความเข้มข้นของฟอสเฟตเฉลี่ยในสารละลายน้ำตัวอย่าง**

| เก็บตัวอย่างวันที่ | ค่าความเข้มข้นของฟอสเฟตเฉลี่ยในสารละลายน้ำตัวอย่าง | |
|---|---|---|
| | วิธีใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐาน | วิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี |
| 1 | 1-10 ppm | 5.156 ppm |
| 2 | 1-10 ppm | 5.195 ppm |
| 3 | 1-10 ppm | 5.234 ppm |
| 4 | 1-10 ppm | 5.195 ppm |
| 5 | 1-10 ppm | 5.234 ppm |
| **เฉลี่ย** | **1-10 ppm** | **5.203 ppm** |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.4 ผลการตรวจวัดปริมาณของฟอสเฟตใน spiked sample**

**ตารางที่ 4.4 แสดงค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของฟอสเฟตใน spiked sample โดยตรวจวัดซ้ำ 7 ครั้ง**

| ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) | %RSD | สีของสารละลายที่เกิดขึ้น |
|---|---|---|---|
| 0.388 | 0.001871 | 0.482172 | สีขาวอมเหลือง |

**ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความเข้มข้นของฟอสเฟตเฉลี่ยใน spiked sample**

| เก็บตัวอย่าง วันที่ | ค่าความเข้มข้นของฟอสเฟตเฉลี่ยใน spiked sample | | |
|---|---|---|---|
| | วิธีใช้แผ่นเทียบสี มาตรฐาน | วิธียูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตเมทรี | % recovery |
| 1 | 11-30 ppm | 15.156 ppm | 99.53 |

จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าปริมาณของฟอสเฟตในน้ำตัวอย่างที่ตรวจวัดโดยวิธีใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกับค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้จากวิธียูวี-วิสิเบิล-สเปกโทรโฟโตเมทรี

และจากวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรีมีค่าร้อยละการคืนกลับเท่ากับ 99.53 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาการเกี่ยวกับการเตรียมแผ่นทดสอบปริมาณฟอสเฟตเพื่อตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตในแหล่งน้ำทิ้งตามชุมชนซึ่งเป็นวิธีที่ลดค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องมือที่มีราคาแพงและค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ สามารถทำการวิเคราะห์ได้ในเวลาอันรวดเร็ว และยังสามารถทำการวิเคราะห์ได้สะดวกและง่าย โดยแผ่นทดสอบที่เตรียมได้ควรให้ผลที่ถูกต้องและเป็นที่น่าเชื่อถือ ซึ่งสามารถทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นทดสอบได้โดยการเปรียบเทียบกับผลของวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโต-เมทรี ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ ดังนี้

แผ่นเทียบสีมาตรฐานที่เตรียมได้มีช่วงความเข้มข้นที่ต่างๆกัน 5 ความเข้มข้นคือ 10, 30, 100, 300, และ 600 ppm ซึ่งแต่ละความเข้มข้นนั้นสามารถแยกสีออกจากกันได้ชัดเจนด้วยตาเปล่า โดยสีที่ได้นั้นเกิดจากการที่แอมโมเนียโมลิบเดตทำปฏิกิริยากับออร์โธฟอสเฟตภายใต้สภาวะที่เป็นกรดเกิดเป็นเฮตเทอโรพอลิและกรดโมลิบโดฟอสฟอริก วาเนเดียมจะเกิดเป็นวาเนโดโมลิบโดฟอสฟอริกซึ่งมีสีเหลือง ความเข้มของสีเหลืองจะแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของฟอสเฟตในสารละลายนั้น และผลการทดสอบความใช้ได้ของแผ่นทดสอบจากการวิเคราะห์โดยทดสอบกับสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตซ้ำ 7 ครั้ง ซึ่งให้ผลเหมือนกันทั้ง 7 ครั้ง แสดงว่าแผ่นทดสอบนี้มีความเที่ยง และเมื่อวิเคราะห์ spiked sample พบว่าได้ร้อยละการคืนกลับอยู่ในช่วง 97 – 102 % แสดงว่าแผ่นทดสอบมีความแม่น และเมื่อนำแผ่นทดสอบไปวิเคราะห์ในน้ำตัวอย่างเปรียบเทียบกับวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรีพบว่า ผลที่ได้จากวิธีใช้แผ่นทดสอบให้ผลที่ครอบคลุมกับผลที่ได้จากวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี

แผ่นทดสอบที่เตรียมได้นี้สามารถตรวจวัดได้ดีเมื่อค่าพีเอชของสารละลายน้ำตัวอย่างอยู่ในช่วง 4 – 10 และจะต้องทำการย่อยตัวอย่างให้สารอินทรีย์ฟอสเฟตเปลี่ยนเป็นออร์โธฟอสเฟตเสียก่อนจึงจะสามารถตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตในน้ำตัวอย่างได้

ข้อดีของวิธีนี้คือ

1. สามารถตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตได้ที่ความเข้มข้นสูงกว่า 100 ppm ในขณะที่วิธีมาตรฐานตรวจสอบที่ความเข้มข้นสูงกว่า 100 ppm ได้ไม่ดี เนื่องจากกราฟมาตรฐานที่ความเข้นข้นมากกว่า 100 ppm เกิดการเบี่ยงเบน

2. ตรวจสอบได้ง่ายและทราบผลรวดเร็ว โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือราคาแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.2 ข้อเสนอแนะ**

1. ควรนำน้ำทิ้งที่ยังไม่ได้ผ่านการบำบัด มาทำการทดลองหาปริมาณฟอสเฟตด้วย

2. วิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟตรูปอื่นๆนอกจากออร์โธฟอสเฟตเช่น ฟอสฟอรัสทั้งหมด โพลีฟอสเฟตและสารอินทรีย์ฟอสเฟต

3. ในการเจือจางสารละลายไม่ควรเจือจางสารละลายจากสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงๆมายังความเข้มข้นที่ต่ำมากเพราะจะทำให้เกิดความผิดพลาดของผลการทดลองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์. 2547. **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**.พิมพ์ครั้งที่ 4 : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, มั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์. 2547. **เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย.** พิมพ์ครั้งที่ 2 : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2543.**การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ** .พิมพ์ครั้งที่ 2 : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กรรณิการ์ สิริสิงห์. **เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์**. พิมพ์ครั้งที่ 3 : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏจันทรเกษม กรุงเทพมหานคร.

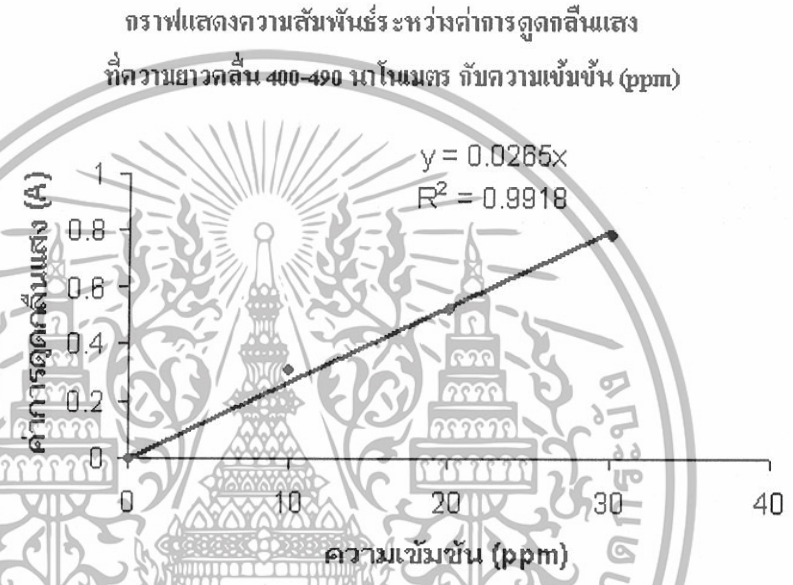
อรุณี คงศักดิ์ไพศาล. **ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 1**. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

**ตัวอย่างการหาค่าความเข้มข้นของฟอสเฟตในสารละลายน้ำตัวอย่างและใน spiked sample**

การวิเคราะห์เพื่อเปลี่ยนค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการตรวจวัดเป็นค่าความเข้มข้น (ppm) โดยการเทียบกับกราฟมาตรฐานฟอสเฟตสามารถคำนวณค่าความเข้มข้นได้จากสมการ $y = 0.0265x$ ดังนี้




รูปที่ ก.1 กราฟมาตรฐานฟอสเฟตช่วงความเข้มข้น 0-30 ppm

**ตัวอย่างการหาความเข้มข้นของฟอสเฟตในสารละลายน้ำตัวอย่าง**

วันที่ 1 ; ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารละลายน้ำตัวอย่างคือ 0.132

จากสมการ $y = 0.0256x$ เมื่อ y คือค่าการดูดกลืนแสง

แทนค่า $0.132 = 0.0256x$ x คือค่าความเข้มข้น (ppm)

$x = 5.156$ ppm

แสดงว่าในวันที่ 1 ปริมาณของฟอสเฟตในสารละลายน้ำตัวอย่างเท่ากับ 5.156 ppm

**ตัวอย่างการหาความเข้มข้นของฟอสเฟตใน spiked sample**

ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของ spiked sample คือ 0.388

แทนค่า $0.388 = 0.0256x$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$x = 15.156 \text{ ppm}$$

แสดงว่าปริมาณของฟอสเฟตที่พบใน spiked sample เท่ากับ 15.156 ppm

**ตัวอย่างการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าการดูดกลืนแสงของฟอสเฟต ในสารละลายน้ำตัวอย่างและใน spiked sample**

$$SD = \sum_{i=1}^{n} \sqrt{\frac{(Xi - \overline{X})}{N-1}}$$

$$= \sum_{i=1}^{7} \sqrt{\frac{(0.388-0.388)^2 + (0.389-0.388)^2 + (0.388-0.388)^2 + (0.387-0.388)^2 + (0.388-0.388)^2 + (0.389-0.388)^2 + (0.388-0.388)^2}{6-1}}$$

$$= 0.001871$$

**ตัวอย่างการหาค่าความเที่ยงจาก % RSD ของค่าการดูดกลืนแสงของฟอสเฟต ในสารละลายน้ำตัวอย่างและใน spiked sample**

$$\%RSD = \frac{SDx100}{\overline{X}}$$

$$= \frac{0.001871x100}{0.388}$$

$$= 0.482172$$

**ตัวอย่างการหาค่าความถูกต้องเฉลี่ยของวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรีจาก %recovery**

เราสามารถหาความถูกต้องของวิธีวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรีได้โดยการทำ spiked sample แล้วนำค่าความเข้มข้นที่ได้มาคำนวณหาค่า %recovery ได้ดังนี้

ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสเฟตในสารละลายน้ำตัวอย่างเท่ากับ 5.203 ppm และความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสเฟตใน spiked sample เท่ากับ 15.156 ppm

จาก $$\% \text{ recovery} = \frac{\overline{C}_{\text{spiked sample}} - \overline{C}_{\text{original sample}}}{\overline{C}_{\text{add}}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $\overline{C}_{\text{spiked sample}}$ คือความเข้มข้นเฉลี่ยของ spiked sample

$\overline{C}_{\text{original sample}}$ คือความเข้มข้นเฉลี่ยของตัวอย่างเริ่มต้น

$\overline{C}_{\text{add}}$ คือความเข้มข้นเฉลี่ยของสารมาตรฐานที่เติมลงไป

แทนค่า $\%\ \text{recovery} = \dfrac{15.156 - 5.203}{10} \times 100$

$= 99.53$

ค่าร้อยละการคืนกลับเท่ากับ 99.53 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือช่วง 97-102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

## ข้อมูลการวิเคราะห์ที่ได้จากเครื่อง UV- Spectrophotometer
## แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการทดลอง

**ตารางที่ ข.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต ที่ 400-490 นาโนเมตร**

| ความเข้มข้น (ppm) | ค่าการดูดกลืนแสง | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 2 | |
| 10 | 0.314 | 0.314 | 0.315 | **0.3143** |
| 20 | 0.527 | 0.525 | 0.527 | **0.5263** |
| 30 | 0.780 | 0.778 | 0.780 | **0.7793** |
| 100 | 1.471 | 1.471 | 1.470 | **1.4707** |
| 300 | 1.514 | 1.513 | 1.513 | **1.5133** |
| 600 | 1.517 | 1.516 | 1.515 | **1.5160** |

**ตารางที่ ข.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำตัวอย่างที่ 400-490 นาโนเมตร**

| ค่าการดูดกลืนแสง | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ครั้งที่ | วันที่ 1 | วันที่ 2 | วันที่ 3 | วันที่ 4 | วันที่ 5 |
| 1 | 0.132 | 0.133 | 0.134 | 0.133 | 0.135 |
| 2 | 0.131 | 0.132 | 0.135 | 0.132 | 0.135 |
| 3 | 0.132 | 0.132 | 0.134 | 0.132 | 0.134 |
| 4 | 0.132 | 0.133 | 0.134 | 0.133 | 0.134 |
| 5 | 0.131 | 0.134 | 0.133 | 0.134 | 0.134 |
| 6 | 0.132 | 0.132 | 0.135 | 0.132 | 0.134 |
| 7 | 0.132 | 0.133 | 0.134 | 0.133 | 0.135 |
| **เฉลี่ย** | **0.132** | **0.133** | **0.134** | **0.133** | **0.134** |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของฟอสเฟตใน spiked sample**

| ขวดที่ | ค่าการดูดกลืนแสง |
|---|---|
| 1 | 0.381 |
| 2 | 0.387 |
| 3 | 0.385 |
| 4 | 0.389 |
| 5 | 0.391 |
| 6 | 0.388 |
| 7 | 0.387 |
| เฉลี่ย | 0.388 |

**แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าความเที่ยง (%RSD) และค่าความถูกต้อง (% recovery)**

**ตารางที่ ข.4 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าความเที่ยง (%RSD) ของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต**

| ความเข้มข้น (ppm) | ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) | %RSD |
|---|---|---|---|
| 10 | 0.3143 | 0.000473 | 0.15036 |
| 20 | 0.5263 | 0.000943 | 0.179251 |
| 30 | 0.7793 | 0.000943 | 0.121057 |
| 100 | 1.4707 | 0.000473 | 0.032133 |
| 300 | 1.5133 | 0.000473 | 0.031229 |
| 600 | 1.5160 | 0.000816 | 0.053859 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ข.5 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าความเที่ยง (%RSD) ของสารละลายน้ำตัวอย่าง**

| ความเข้มข้น (ppm) | ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) | %RSD |
|---|---|---|---|
| 5.156 | 0.132 | 0.000577 | 0.437387 |
| 5.195 | 0.133 | 0.000816497 | 0.613907204 |
| 5.234 | 0.134 | 0.000707 | 0.527692 |
| 5.195 | 0.133 | 0.000816497 | 0.613907204 |
| 5.234 | 0.134 | 0.000707 | 0.527692 |

**ตารางที่ ข.6 แสดงค่าความถูกต้องเฉลี่ยของวิธียูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี (% recovery)**

| ความเข้มข้น (ppm) | ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย | % recovery |
|---|---|---|
| 15.156 | 0.388 | 99.53 |

**ตารางที่ ข.7 ตารางแสดงเกณฑ์ที่ยอมรับของความถูกต้องเฉลี่ย**

| Concentration of the analyte | Mean recovery % |
|---|---|
| 10-100 % | 98-102 |
| > 1 % | 97-102 |
| > 0.1 % ( 1000 ppm) | 95-105 |
| 100 ppb - 10 ppm | 80-110 |
| 10 ppb | 60-115 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้