



การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวดูดซับใบผักแพว

Lead removal from waste water with

*Polygonum odoratum* Lour. leaves adsorbent

รัฐพล หงส์เกรียงไกร<sup>1\*</sup> อุษารัตน์ คำทับทิม<sup>1</sup> วิริญญา เดชอุดม<sup>1</sup> และ วราวุฒิ หวังแวกกลาง<sup>1</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120

\*E-mail: rattaporn.h@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยใบผักแพวซึ่งเป็นผักพื้นบ้านและเป็นพืชประจำท้องถิ่นที่สามารถหาได้ง่าย โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับตะกั่วได้แก่พีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ น้ำหนักตัวดูดซับใบผักแพว และเวลาที่ใช้ในการดูดซับ จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่มีการกำจัดโลหะตะกั่วออกจากน้ำเสียมากที่สุดคือ ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับ 5 ความเข้มข้นเริ่มต้นตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับ 1100 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำหนักตัวดูดซับใบผักแพวเท่ากับ 0.05 กรัม เวลาในการดูดซับ 30 นาที ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับ 107 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวดูดซับ จากผลการทดลองตัวดูดซับใบผักแพวมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วสูง จึงสามารถนำมาใช้เป็นตัวดูดซับชนิดใหม่สำหรับการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียได้ เมื่อวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันทางเคมีของตัวดูดซับใบผักแพวก่อนการดูดซับและหลังผ่านการดูดซับตะกั่วด้วยเครื่องฟูรีเยร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์พบว่าการเปลี่ยนแปลงของหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิลซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันทางเคมีที่สำคัญของใบผักแพว

คำสำคัญ: ตัวดูดซับ ใบผักแพว การกำจัดตะกั่ว การบำบัดน้ำเสีย

Received: January 14, 2019

Revised: May 27, 2019

Accepted: June 09, 2019

### Abstract

This research aim to study lead removal from synthetic waste water using *Polygonum odoratum Lour* leaves adsorbent that is Thai traditional vegetable and easy to discover in local area. The parameters that effect on lead adsorption including initial pH solution, initial lead concentration in synthetic waste water, weight of adsorbent and adsorption time was investigated. From the results, the condition that was maximum value of Pb removal from synthetic waste water was 1100 milligram per liter of Pb in synthetic wastewater, initial pH of solution at 5, 0.05 gram of adsorbent, adsorption time of 30 minutes. The Pb removal efficiency with *Polygonum odoratum Lour* leaves adsorbent was 107 milligram per gram of adsorbent. The results shown the high value of metal removal efficiency indicated that *Polygonum odoratum Lour* leaves adsorbent can be used as new adsorbent for Pb removal from waste water. Additionally, the functional group of adsorbent were detected by FT-IR spectrometer. The FT-IR spectra of adsorbents (before and after metal adsorption) were different in hydroxyl group that was major chemical functional group of *Polygonum odoratum Lour* leaves. This result can be explain to the position of binding site between metal and adsorbent.

**Keywords:** adsorbent, *Polygonum odoratum Lour*. leaves, lead removal, waste water treatment

### 1. บทนำ

น้ำจัดเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ทั้งนี้มนุษย์ได้ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งในด้านการอุปโภค บริโภค เกษตรกรรม คมนาคม และอุตสาหกรรม แต่เนื่องจากในปัจจุบันมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการขยายตัวเพิ่มขึ้นของชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม จากความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม ทำให้มีสารเคมีและโลหะหนักปนเปื้อนออกมาสู่สิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น ก่อให้เกิดเป็นมลพิษสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะโลหะหนัก ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียมปรอท นิกเกิล สังกะสี ทองแดง เหล็ก และแมงกานีส เป็นต้น

ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนทำให้เกิดโรคร้ายไข้เจ็บและเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม [1] ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกันไม่ให้น้ำทิ้งจากกิจกรรมต่าง ๆ นั้นไปส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำสาธารณะ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการบำบัดโลหะหนักในน้ำเสียให้มีปริมาณโลหะต่ำกว่าหรืออยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ

วิธีการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมที่มีโลหะหนักเจือปน โดยทั่วไปมีหลายวิธี เช่น การตกตะกอนทางเคมี การแลกเปลี่ยนไอออน การสกัดด้วยตัวทำละลาย และการดูดซับ [2] ซึ่งวิธีการบำบัดน้ำเสียแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อด้อยที่แตกต่างกันเช่นวิธีการตกตะกอนทางเคมี เป็นการเติมสารเคมีลงในน้ำเสียเพื่อให้ไอออนของโลหะหนักที่ละลายน้ำเปลี่ยนสถานะมาอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำแล้วตกตะกอนลง ซึ่งโลหะแต่ละชนิดจะสามารถ

ตกตะกอนที่สภาพความเป็นกรดเบสที่แตกต่างกัน แล้วจึงแยกออกจากน้ำด้วยวิธีการกรอง ข้อเสียของวิธีนี้คือถ้าน้ำเสียมีโลหะหนักเจือปนอยู่หลายชนิด ต้องทำการตกตะกอน โลหะหนักทีละชนิด ซึ่งใช้เวลานานและต้องนำตะกอนไปฝังกลบ สำหรับวิธีการแลกเปลี่ยนไอออนมีข้อจำกัดคือ สารละลายที่ผ่านเข้ากระบวนนี้ต้องมีการกำจัดสารหรือสิ่งเจือปนชนิดอื่นออกไปก่อน ส่วนวิธีการดูดซับ เป็นวิธีที่มีการใช้ตัวดูดซับเพื่อดูดซับ โลหะชนิดต่าง ๆ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพดีเนื่องจากขั้นตอนไม่ซับซ้อนและราคาถูก โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ได้มุ่งเน้นพัฒนาตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพสูงและต้นทุนต่ำ

การรายงานผลการวิจัยที่ผ่านมาได้มีการนำเสนอวัสดุทางชีวภาพและวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรหลายชนิดที่ใช้เป็นตัวดูดซับ เช่น เปลือกข้าว [3] เปลือกข้าวโพด จี่เลี้ยง [4] และเปลือกผลไม้ [5] นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยที่ใช้ตัวดูดซับที่มีองค์ประกอบของสารแทนนินสำหรับการกำจัด โลหะหนักออกจากน้ำเสีย เช่น เปลือกถั่ว กากกาแฟ เปลือกต้นไธม์ และเปลือกเงาะ [6] ดังนั้นการนำวัสดุทางการเกษตรที่มีองค์ประกอบของสารแทนนิน มาใช้เป็นตัวดูดซับสำหรับการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสียจึงเป็นงานวิจัยที่น่าสนใจอย่างยิ่ง

ผักแพว (Vietnamese Coriander หรือ *Polygonum odoratum* Lour.) เป็นผักที่ชาวบ้านนิยมปลูกกันมาก ใช้เป็นผักแกล้มหรือปรุงรสอาหาร นิยมกันทั่วทุกภาคของไทยและหลายประเทศในอาเซียน ผักแพวเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในที่ชื้นและและสามารถเจริญเติบโตได้เองตามธรรมชาติ เช่นบริเวณห้วย หนอง คลอง บึง หรือตามแอ่งน้ำต่าง ๆ ผักแพวเป็นผักที่หาได้ง่ายทั่วไปตามท้องถิ่น ใบผักแพวมีคุณค่าทางโภชนาการมากมายได้แก่

พลังงาน คาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหารไขมัน โปรตีน น้ำ ธาตุเหล็ก ธาตุแคลเซียม ธาตุฟอสฟอรัส และวิตามินต่าง ๆ นอกจากนี้ได้มีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของผักแพว [7] ที่รายงานผลการวิจัยว่าใบผักแพวมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic compound) และสารแทนนินในปริมาณที่สูง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวดูดซับใบผักแพว เพื่อใช้ใบผักแพวซึ่งเป็นผักพื้นบ้านและเป็นพืชประจำท้องถิ่นที่หาได้ง่าย มาใช้เป็นตัวดูดซับชนิดใหม่สำหรับการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสีย ซึ่งนับเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผักพื้นบ้านของไทย

## 2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

### 2.1. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

- 2.1.1. ขวดรูปชมพู่
- 2.1.2. ขวดวัดปริมาตร
- 2.1.3. ปิเปตและไมโครปิเปต
- 2.1.4. ตะแกรงร่อนคัดขนาด
- 2.1.5. เครื่องเขย่าสาร
- 2.1.6. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 2.1.7. เครื่องอะตอมมิคแอนาไลซิส สเปกโตรมิเตอร์ (Flame-AAS)
- 2.1.8. เครื่องวัดสภาพความเป็นกรดเบส (pH meter)
- 2.1.9. เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด สเปกโตรมิเตอร์ (FT-IR)

### 2.2. สารเคมี

- 2.2.1. กรดไนตริก (Nitric acid)
- 2.2.2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

2.2.3. กรดไฮโดรคลอริก (HCl)

2.2.4. สารมาตรฐาน สำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก ( Metal standards for AAS, Pb 1000 ppm)

2.2.5. น้ำปราศจากไอออน (Deionized water)

### 2.3. วิธีการทดลอง

2.3.1. การเตรียมตัวดูดซับไบศักแพว

ไบศักแพวที่ใช้ในงานวิจัยนี้มาจากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี โดยนำไบศักแพวประมาณ 15 กิโลกรัมมาล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วนำไปตากให้แห้งด้วยแสงแดดประมาณ 3 วัน เมื่อไบศักแพวตากแดดแห้งแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งนำหนักไบศักแพวแห้งที่ได้ หลังจากนั้นบดไบศักแพวด้วยเครื่องปั่น แล้วร่อนด้วยตะแกรงคัดขนาด 100 ไมโครเมตร ( $\mu\text{m}$ )

2.3.2. การหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวดูดซับไบศักแพว

ในงานวิจัยนี้ ศึกษาผลของตัวแปรที่มีผลต่อการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยไบศักแพว ได้แก่ ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ ความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ น้ำหนักของตัวดูดซับไบศักแพว และเวลาที่ใช้ในการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.3.2.1. ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ต่อการดูดซับตะกั่ว

การทดลองส่วนนี้ ได้ทำเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีการปรับค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 1, 2, 3, 4, 5, และ 6 และ 7 โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 0.1 โมลาร์ และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 0.1 โมลาร์

หลังจากนั้นชั่งตัวดูดซับไบศักแพวปริมาณ 0.1 กรัมลงในขวดรูปชมพู่ แล้วเติมสารละลายมาตรฐานเลดไนเตรท  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  ที่มีค่า pH ต่าง ๆ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วนำไปเขย่าบนเครื่องเขย่าสาร ด้วยความเร็ว 55 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.93 นำเฉพาะส่วนที่เป็นสารละลายไปเจือจางด้วยสารละลาย 2%  $\text{HNO}_3$  แล้วนำสารละลายที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วด้วยเครื่องอะตอมมิกแอฟซอปชันสเปกโตรมิเตอร์ (ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง,  $n=3$ ) แล้วนำผลการทดลองที่ได้ไปคำนวณหาร้อยละการกำจัดโลหะ (% Metal removal) และประสิทธิภาพการกำจัดโลหะ (Metal removal efficiency) โดยมีกรคำนวณดังนี้

$$\% \text{Metal removal} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100$$

$C_0$  คือ ความเข้มข้นของตะกั่วเริ่มต้น (mg/L)

$C_1$  คือ ความเข้มข้นของตะกั่วหลังการดูดซับ (mg/L)

$$\text{Metal removal efficiency} = \frac{C_0 - C_1}{W} \times V$$

W คือ น้ำหนักตัวดูดซับไบศักแพว (g)

V คือ ปริมาตรของน้ำเสียสังเคราะห์ (L)

2.3.2.2. ผลของความเข้มข้นโลหะเริ่มต้นในน้ำเสียสังเคราะห์ต่อการดูดซับตะกั่ว

ชั่งตัวดูดซับไบศักแพว 0.1 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ แล้วเติมน้ำเสียสังเคราะห์ปริมาตร 25 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของไอออนตะกั่วในสารละลายอยู่ในช่วง 50-1700 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมตามผลการทดลองข้อ 2.3.2.1) แล้วนำไปเขย่าบนเครื่องเขย่าสารด้วยความเร็ว 55 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำไป

กรองด้วยกระดาษกรอง นำเฉพาะส่วนที่เป็นสารละลายไปเจือจางด้วยสารละลาย 2%  $\text{HNO}_3$  แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วด้วยเครื่องอะตอมมิกแอพซอปชันสเปกโตรมิเตอร์ ( $n=3$ )

2.3.2.3. ผลของน้ำหนักตัวดูดซับไบฟักแพวต่อการดูดซับตะกั่ว

การทดลองส่วนนี้ ได้เตรียมความเข้มข้นของโลหะและค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับความเข้มข้นของโลหะและค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมตามการทดลองข้อ 2.3.2.1 และ 2.3.2.2 น้ำหนักตัวดูดซับไบฟักแพวที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 0.05 , 0.1 , 0.15 , 0.2 , 0.25 , 0.3 , 0.35 , 0.4 , 0.45 และ 0.5 กรัม ปริมาณน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับ 25 มิลลิลิตร เมื่อทำการเขย่าบนเครื่องเขย่าสารด้วยความเร็ว 55 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง นำเฉพาะส่วนที่เป็นสารละลายไปเจือจางด้วยสารละลาย 2%  $\text{HNO}_3$  แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วด้วยเครื่องอะตอมมิกแอพซอปชันสเปกโตรมิเตอร์ ( $n=3$ )

2.3.2.4. ผลของเวลาที่ใช้ต่อการดูดซับโลหะ

ในการทดลองส่วนนี้ น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้มีการปรับค่าพีเอชเริ่มต้นและความเข้มข้นเริ่มต้นที่เหมาะสม และใช้น้ำหนักตัวดูดซับที่เหมาะสมตามผลการทดลองข้อ 2.3.2.1-2.3.2.3 และเวลาที่ใช้ในการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียเท่ากับ 10 , 20 , 30 , 40 , 50 , 60 , 75 , 90 , 105 และ 120 นาที เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด กรองแยกตัวดูดซับออกด้วยกระดาษกรอง นำเฉพาะส่วนที่เป็นสารละลายไปเจือจางด้วยสารละลาย 2%  $\text{HNO}_3$  แล้วนำไปวิเคราะห์

ปริมาณตะกั่วด้วยเครื่องอะตอมมิกแอพซอปชันสเปกโตรมิเตอร์ ( $n=3$ )

2.3.3. การศึกษาหมู่ฟังก์ชันทางเคมีของตัวดูดซับไบฟักแพวก่อนการดูดซับและหลังการดูดซับ

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาหมู่ฟังก์ชันทางเคมีของตัวดูดซับไบฟักแพวก่อนการดูดซับและหลังการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยเครื่องฟลูอริเยร์ทรานฟอรัมอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (รุ่น Nicolet 6700 ยี่ห้อ Thermo Fisher Scientific) โดยใช้สภาวะการทดลองเป็นโหมด Transmission mode มีการเตรียมตัวอย่างแบบอัดเป็นเม็ดด้วย KBr ทำการสแกนในช่วงเลขคลื่น 4000-400  $\text{nm}$  ที่อุณหภูมิห้อง ความละเอียด (resolution) เท่ากับ 4

### 3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

#### 3.1 การเตรียมตัวดูดซับไบฟักแพว

ในขั้นตอนการเตรียมตัวดูดซับไบฟักแพวเมื่อเริ่มต้นจากไบฟักแพวสดหนัก 15 กิโลกรัมจะได้ตัวดูดซับไบฟักแพวหลังผ่านการคัดขนาดประมาณ 1.08 กิโลกรัม โดยตัวดูดซับไบฟักแพวที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีเขียว ดังแสดงในรูปที่ 1

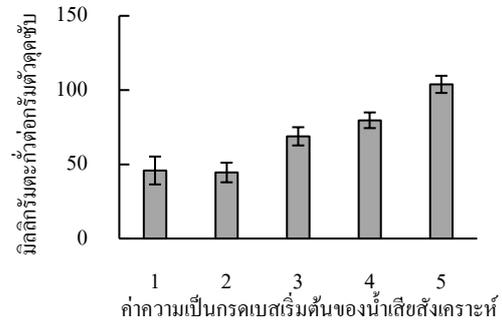


รูปที่ 1 ตัวดูดซับไบฟักแพว

### 3.2. การหาสถานะที่เหมาะสมในการกำจัด โลหะหนักออกจากน้ำเสียสังเคราะห์

#### 1. ผลของค่าความเป็นกรด-เบสเริ่มต้น ของน้ำเสียสังเคราะห์ต่อการกำจัดตะกั่ว

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อค่าความเป็นกรด-เบสเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าแตกต่างกัน ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียด้วยตัวดูดซับไบฟักแพวจะแตกต่างกันดังรูปที่ 2 ซึ่งประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมากที่สุดเมื่อค่าความเป็นกรด-เบสเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับ 5 ซึ่งมีความสอดคล้องกับรายงานการวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับจลนศาสตร์และกลไกการดูดซับของตะกั่วด้วย valonia tannin resin [8] พบว่าค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับ 5 โดยค่าความเป็นกรด-เบสเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว เนื่องจากค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียสังเคราะห์มีอิทธิพลต่อการแตกตัวเป็นไอออนและมีผลต่อการดูดซับของสารละลายเลดไอออน ( $Pb^{2+}$ ) กับพื้นผิวของตัวดูดซับไบฟักแพว โดยค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อปริมาณไฮโดรเนียมไอออน ( $H_3O^+$ ) ถ้าในน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าความเป็นกรด-เบสต่ำ (ค่าพีเอชต่ำ) จะมีปริมาณไฮโดรเนียมไอออนมากกว่าน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าพีเอชสูง ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเบสเริ่มต้นในน้ำเสียสังเคราะห์มีผลต่อความว่องไว (activity) ของหมู่ฟังก์ชันและการแข่งขันกันของไอออนโลหะที่จะเกิดการดูดซับที่บริเวณพื้นผิวของตัวดูดซับ (active site)



**รูปที่ 2** ผลของค่าความเป็นกรดเบสเริ่มต้นในน้ำเสียสังเคราะห์และประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยไบฟักแพว

#### 2. ผลของความเข้มข้นโลหะเริ่มต้นในน้ำเสียต่อการกำจัดโลหะ

โครงการวิจัยนี้ได้ศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ในช่วงความเข้มข้นตั้งแต่ 50 และ 1700 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าความเป็นกรดเบสเริ่มต้นเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับ 5 เวลาที่ใช้ในการดูดซับ 30 นาที) จากผลการทดลองพบว่า เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์เพิ่มมากขึ้น ประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวดูดซับไบฟักแพวจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเมื่อถึงช่วงความเข้มข้นที่มีค่าสูงกว่า 1100 มิลลิกรัมต่อลิตรจะพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าไม่แตกต่างกันมากนักดังรูปที่ 3 ซึ่งผลการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการกำจัดโลหะหนักด้วยถ่านกัมมันต์ที่ทำมาจากพืช persimmon [9] จากผลการทดลองในงานวิจัยนี้เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์

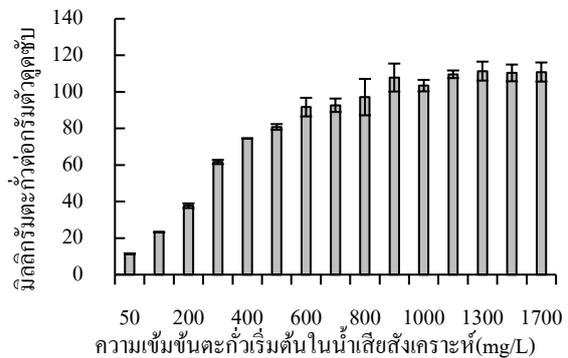
เท่ากับ 1100 มิลลิกรัมต่อลิตรพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วเท่ากับ 107 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับไบสัคแพว และเมื่อความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์มากกว่า 1100 มิลลิกรัมต่อลิตรพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้คือ 1100 มิลลิกรัมต่อลิตร

**3. ผลของน้ำหนักตัวดูดซับต่อการกำจัดตะกั่ว**

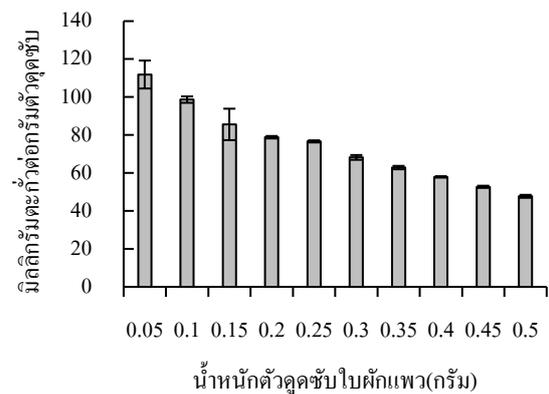
ในการทดลองนี้ ได้ศึกษาผลของน้ำหนักตัวดูดซับต่อการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้น้ำหนักตัวดูดซับไบสัคแพวเท่ากับ 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45 และ 0.5 กรัม จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์มีค่ามากที่สุดเมื่อน้ำหนักตัวดูดซับไบสัคแพว 0.05 กรัม และมีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วเท่ากับ 107 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับไบสัคแพว ดังรูปที่ 4

**4. ผลของเวลาที่ใช้ต่อการกำจัดตะกั่ว**

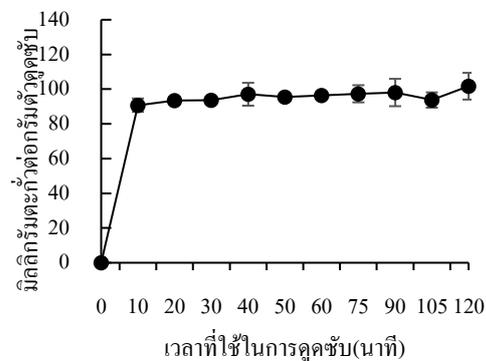
จากผลการทดลอง พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวดูดซับไบสัคแพวเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 10 นาทีแรกและค่อยๆเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนกระทั่งถึงจุดสมดุล โดยเมื่อเวลาในการดูดซับเพิ่มมากขึ้น พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก (รูปที่ 5) ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวดูดซับไบสัคแพวที่ได้จากการทดลองนี้เท่ากับ 30 นาที โดยการดูดซับโลหะที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกนั้นเนื่องจากมีบริเวณ พื้นผิวที่เป็น active surface site อยู่เป็นจำนวนมากจึงเกิดการดูดซับอย่างรวดเร็ว [9]



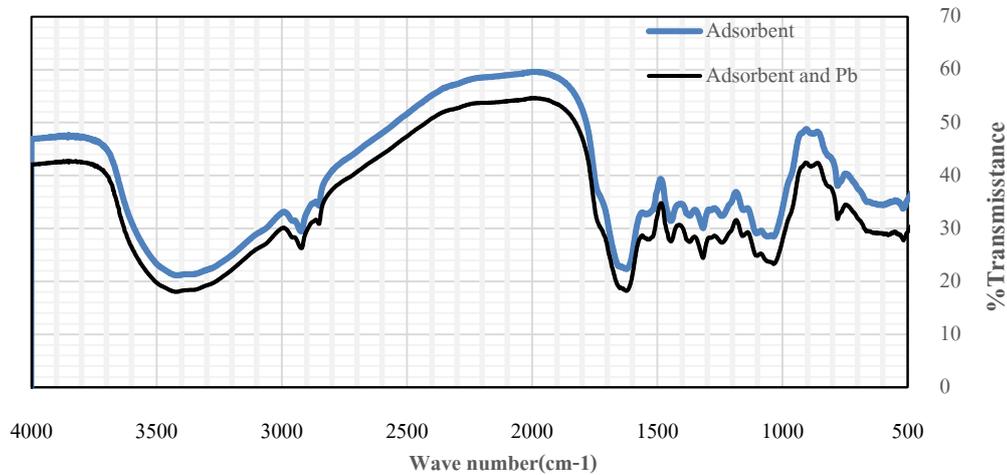
**รูปที่ 3** ผลของความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้นในน้ำเสียสังเคราะห์และประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยไบสัคแพว



**รูปที่ 4** ผลของน้ำหนักตัวดูดซับไบสัคแพวและประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์



**รูปที่ 5** เวลาที่ใช้ในการดูดซับและประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยไบสัคแพว



รูปที่ 6 IR Spectrum ของตัวดูดซับไบฟักแพวก่อนดูดซับและหลังการดูดซับตะกั่วในน้ำเสีย

### 3.3 การศึกษาหมู่ฟังก์ชันทางเคมีของตัวดูดซับไบฟักแพวก่อนการดูดซับและหลังการดูดซับโลหะ

จากการศึกษาหมู่ฟังก์ชันทางเคมีของตัวดูดซับไบฟักแพวก่อนการดูดซับตะกั่วเทคนิคฟลูเรียรัทรานฟอร์ม สเปกโตรสโคปีพบว่า มีแถบของการดูดกลืนแสง (absorption band) ที่เลขคลื่น  $3300\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งเป็นบ่งบอกถึงหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล (-OH stretching vibration) ส่วนพีคที่เลขคลื่น  $2950\text{ cm}^{-1}$  เป็นการแสดงถึงการสั่นของหมู่ฟังก์ชัน -CH และ  $-\text{CH}_2$  vibration ของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน (aliphatic hydrocarbon) นอกจากนี้ยังพบแถบของการดูดกลืนแสงที่  $1620\text{ cm}^{-1}$ ,  $1520\text{ cm}^{-1}$  และ  $1440\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งเป็นของการแสดงถึงวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring stretching vibration) และแถบของการดูดกลืนแสงที่  $1360\text{ cm}^{-1}$  ที่บ่งบอกถึงการหมุนของหมู่ฟังก์ชัน -OH ในสารประกอบฟีนอลิก (phenolic stretch vibration) และ หมู่ฟังก์ชัน aliphatic -CH deformation in methyl groups โดยลักษณะของ IR spectrum ที่ได้จากงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับรายงานการวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะของ

แทนนินในเปลือกไม้ [10] และงานวิจัยของปารมี และวรางคณา [7] ซึ่งรายงานผลงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาองค์ประกอบของผักพื้นบ้านว่าไบฟักแพวมีองค์ประกอบของสารแทนนินอยู่ในปริมาณที่สูง

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะสเปกตรัมของตัวดูดซับไบฟักแพวก่อนการดูดซับและหลังการดูดซับตะกั่วพบว่า หมู่ฟังก์ชัน -OH ที่เลขคลื่นประมาณ  $3300\text{ cm}^{-1}$  ของตัวดูดซับที่ผ่านการดูดซับตะกั่วมีลักษณะของเส้นสเปกตรัมที่แตกต่างจากสเปกตรัมของตัวดูดซับไบฟักแพวก่อนการดูดซับทั้งนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการดูดซับกันระหว่างไอออนของตะกั่ว ( $\text{Pb}^{2+}$ ) และหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ในโมเลกุลของแทนนินที่เป็นองค์ประกอบของไบฟักแพว

### 4. สรุปผลการวิจัย

สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดโลหะตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวดูดซับไบฟักแพวคือความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้นในน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับ  $1100\text{ mg/L}$  ต่อลิตร ค่าความเป็นกรดเบสเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับ 5 น้ำหนักตัวดูดซับไบฟักแพว  $0.05\text{ g}$  และเวลาที่ใช้ในการดูดซับ

30 นาที เมื่อทำการทดลองภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ตัวดูดซับไบโอฟักแพรมีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว 107 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวดูดซับ จากผลการทดลอง ตัวดูดซับไบโอฟักแพรมีค่าประสิทธิภาพการกำจัด ตะกั่วที่สูง จึงสามารถนำมาใช้เป็นตัวดูดซับชนิด ใหม่สำหรับการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียได้ ซึ่ง นับเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับไบโอฟักแพวที่เป็นผัก พื้นบ้านและเป็นพืชประจำท้องถิ่นที่หาได้ง่าย

### 5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้าน อุปกรณ์วิทยาศาสตร์และเครื่องมือในการวิเคราะห์ จากสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] D. Sud, G. Mahajan and M. P. Kaur, *Bioresource Technology* 2008, 99, 6017-6027.
- [2] M. A. Barakat, *Arabian Journal of Chemistry* 2011, 4, 361-377.
- [3] A. Demirbas, *Journal of Hazardous Materials* 2008, 157, 220-229.
- [4] R. Ayyappan, A. C. Sophia, K. Swaminathan and S. Sandhya, *Process Biochemistry* 2005, 40, 1293-1299.
- [5] Kevin Kelly-Vargas, Monica Cerro-Lopez, Silvia Reyna-Tellez, E. R. Bandala and J. Luis Sanchez-Salas, *Physics and chemistry of the earth* 2012, 37-39, 26-29.
- [6] A. P. Lim and A. Z. Aris, *Reviews in Environmental Science and Bio-Technology* 2014, 13, 163-181.
- [7] ปารมี สงชัย และ วรางคณา สมพงษ์, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2560, 25, 86-100.
- [8] M. Özacara, Ayhan Sengilb and Harun Türkmenler, *Chemical Engineering Journal* 2008, 143, 32-42.
- [9] Y. Wang, F. Wang, T. Wan, S. Cheng, G. Xu, R. Cao and M. Gao, *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.* 2013, 28, 650-657.
- [10] S. B. Mahmoud, H. Saad, B. Charrier, A. Pizzi, K. Rode, N. Ayed and F. C.-E. Bouhtoury, *Wood Sci Technol* 2015, 49, 205-221.