



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ โทร. 3343

ที่ ศธ 0529.8.3/ล/พ/มา

วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2553

เรื่อง ขออนุมัติค่าตอบแทนการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติ เรื่อง “การดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์

โดยใช้ถ่านกัมมันต์มูล โคล Adsorption of Lead in Synthetic Wastewater using Cow Dung Activated Carbon”

เรียน รองคณบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ ผ่านหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมี

อ้างถึงประกาศฉบับที่ 40/2550 ประกาศ ณ วันที่ 22 ตุลาคม 2550 คณะวิศวกรรมศาสตร์ เรื่อง “หลักเกณฑ์การจ่ายค่าตอบแทนการตีพิมพ์ผลงานวารสารวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี” ตามความทราบแล้วนั้น

เนื่องจากบทความทางวิชาการของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ สนองรายภูร์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาดา สนองรายภูร์ ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติ เรื่อง “การดูดซับ ตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านกัมมันต์มูล โคล Adsorption of Lead in Synthetic Wastewater using Cow Dung Activated Carbon” ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติ วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย (สวสท.) ปีที่ 23 ฉบับที่ 3: หน้า 53-61 (2552) กันยายน – ธันวาคม 2552

ดังนี้ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี จึงได้ขออนุมัติค่าตอบแทนการตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ ในเรื่องดังกล่าว โดยจ่ายค่าตอบแทนการตีพิมพ์ผลงานงานวารสารวิชาการในนาม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาดา สนองรายภูร์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาดา สนองรายภูร์  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาดา สนองรายภูร์)

อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี

วันที่ ๒๐ มกราคม พ.ศ.๒๕๕๓

อาจารย์ ดร.สมพงษ์ สนองรายภูร์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาดา สนองรายภูร์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิตยา นิตย์สุรินทร์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิตยา นิตย์สุรินทร์

22 มกราคม 2553

ผู้เข้า ERR เผื่องจาง

100% (ดู)

22/01/2553

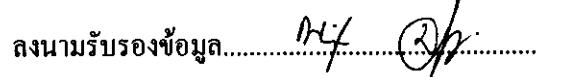
## FRACTION FORM FOR ACADEMIC WORK

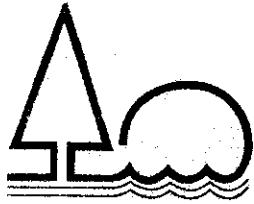
Title “การดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านกัมมันต์มูกโขก Adsorption of Lead in Synthetic Wastewater using Cow Dung Activated Carbon”

- ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย ปีที่ 23 ฉบับที่ 3: หน้า 53-61 กันยายน – ธันวาคม (2552)

**Collaborative work only 3 person:**

Collaborative Person	Fraction of Academic Work
1. Theamchai Bualoi	30%
2. Wipada Sanongraj	60%
3. Sompop Sanongraj	10%

ลงนามรับรองข้อมูล.....   
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาดา สนองราษฎร์)  
ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author)



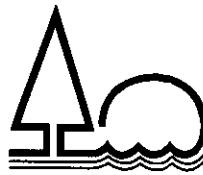
ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
ASSOCIATION OF THAILAND

THAI

# ENVIRONMENTAL ENGINEERING JOURNAL

Vol.23 No.3 September - December 2009 ISSN 1686 - 2961





# วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย

เจ้าของ  
สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย (สวสท.)  
[www.eeat.or.th](http://www.eeat.or.th)

สำนักงาน  
122/4 ซอยเรวีดี ถนนพระราม 6 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400

บรรณาธิการ  
รศ.ดร.เฉลิมราช วันทวิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าชั้นนำ<sup>ร</sup>  
E-mail: chalermr@kmutt.ac.th

รองบรรณาธิการ  
รศ.ดร.ดวงรัตน์ อินทร์ มหาวิทยาลัยมหิดล  
E-mail: phdit@mahidol.ac.th

กองบรรณาธิการ	
ศ.ดร.ธงรักษ์ พลประเสริฐ	สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร
ศ.ดร.เมธี เวชารัตน์	New Jersey Institute of Technology
ศ.ดร.อรanya สุตเชียรกุล	มหาวิทยาลัยมหิดล
รศ.ดร.มั่นสิน ตั้ย茱ลเวศวร์	บริษัท แซน.อี.68 คอนซัลติ้ง เอ็นจิเนียร์ส จำกัด
รศ.วงศ์พันธ์ ลินปะเนนี่ช์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.วันเพ็ญ วิโรจนกุญ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.เสนี่ย กาญจนวงศ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสิน ไรมาน์	มหาวิทยาลัยรังสิต
รศ.ดร.เพ็ชรพร เข้าวกิจเจริญ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.วิทยา อัญสุข	มหาวิทยาลัยมหิดล
รศ.ดร.วรารุษ เสือคี	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รศ.ดร.จินต์ อโณทัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าชั้นนำ <sup>ร</sup>
รศ.ดร.ไฟพิทย์ ชีรัวรชฎาภรณ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าชั้นนำ <sup>ร</sup>
รศ.ดร.อุคมพร พิชาน ไพบูลย์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รศ.ดร.วิษณุ มีอยู่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหาสารคาม
รศ.ดร.สมรัฐ เกิดสุวรรณ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.ชาติ เจียมไชยศรี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# Thai Environmental Engineering Journal

## Information for Authors

Thai Environmental Engineering Journal is published 3 times a year by Environmental Engineering Association of Thailand in aims of provide an interdisciplinary platform for the disseminating recent research work in Environmental field. Manuscript submitted for publication should be of high academic merit and have never before, in whole or in part, been published elsewhere and will not be published elsewhere, except in abstract form. Manuscripts, parts of which have been previously published in conference proceeding, may be accepted if they contain additional material not previously published and not currently under consideration for publication elsewhere.

All manuscripts papers will be reviewed by independent referees. The article accepted for publish will be charged 1,500 Baths.

## Submission of Manuscripts

All manuscripts should be submitted in A4 size paper (3 copies, including tables and figures) and also in diskette or CD to Editor-in-Chief at Environmental Engineering Association of Thailand

(EEAT), 122/4 Soi Rawadee, Rama VI Road, Samsen Nai, Phayathai, Bangkok 10400, THAILAND. Manuscript should be prepared one side of the paper only.

## Manuscript Format and Style

### Text format

Manuscript should be prepared using a text processing software such as Microsoft Word for windows. A4 size paper is conventionally accepted. Margins set up (in Page set up Menu) are outlined as follow.

Top Margin 3.0 cm., Bottom Margin 3.0 cm.

Left margin 2.5 cm., Right Margin 2.5 cm.

Title, author co-authors, address of correspondence and abstract are included in the first section while the remainder of paper is to appear in the second section. The total pages including figures, tables and references should not exceed 10 pages.

### Font, font size & typeface

Angsana New font type is required for Thai text and English text. Font size [Pica] for various text function are tabulated as follow.

Text functions	Thai and English Manuscript	
	Font = Angsana New	Typeface
Pica Size**		
Title [English]	26 [CT]	Bold
Author & Co-authors	14 [CT]	Bold
Address of correspondence	14 [CT]	Normal
Abstract heading	16 [LRJ]	Bold
Abstract & Main Texts	14 [LJ]	Normal
Section Heading & Number*	16 [LJ]	Bold
Subsection Heading & Number	14 [LJ]	Bold

\* Including "Abstract" "Acknowledgement" and "References"

\*\* CT = Centre Text, LJ = Left Justified, LRJ = Left & Right Justified

## Title

All titles of manuscript should be short and precise; long title should be condensed whenever possible (not more than 42 characters). Title should be printed with every first letter of every word capitalized, excluding prepositions and articles. Directly below the title, author should print their full names (first name then family name), address and institution. E-mail of corresponding author and between 3-5 key words should also be provided.

## Abstract

Abstract in both Thai and English, should be provided on separate sheets and be not more than 300 words. International contributor who are unable to provide an abstract in Thai may submit an English abstract alone.

## Style Guidelines

Units of measurement should be indicated in SI units throughout.

## Tables

Tables and figures should be numbered with Arabic numerals, in order in which they are cited in the text. The table's titular heading should concisely detail the content of the table and include units of measure for all numerical data.

## Format of Research Paper

The format of research paper is listed as follows:

- 1) Title
- 2) Author
- 3) Abstract (Thai and English)
- 4) Introduction
- 5) Materials and Methods
- 6) Results and Discussion
- 7) Conclusions
- 8) References

## References

The references section at the end of the manuscript should list all and only the references cited in the text in numerical order, with references given in Thai first and those in English following. In this section, the names of all authors should be provided if more than six, or the first three followed by *et. al.*

### Reference to a journal article:

List all authors when six or fewer; when seven or more list only the first three (3) and add *et. al.* Titles of articles from academic journals should be listed in full and begin with a capital letter.

- [1] Inthorn D., Sidotoot N., Silapanuntakul S. and Incharoensakdi A. 2002. Sorption of mercury, cadmium and lead in aqueous solution by the use of microalgae. *Science Asia*. 28 (3): 253-261.

### Reference to article or abstract in a conference proceedings:

- [1] Inthorn D., Singhakarn C., and Khan E. Decolorization of reactive dyes by pre-treated Flute reed (phragmites karka (Retz)). At 34<sup>th</sup> Mid-Atlantic Industrial & Hazardous Conference, Annual Mid Atlantic Industrial and Hazardous Waste Conference at Rutgers University, New Jersey, USA on September 20-21, 2002.

### Reference to a book:

- [1] Polprasert, C. 1996. *Organic Waste Recycles*. John Wiley & Sons Inc., New York.

### Reference to article in a conference proceedings:

- [1] Inthorn, D. Heavy metal removal. In: Kojima, H. and Lee, Y.K. *Photosynthetic Microorganisms in Environmental Biotechnology*, Springer-Verlag, 2001; 111-135.

### Reference to an electronic data source:

Use the above format and supply the complete URL as well as the access date.



# การดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านกัมมันต์มูลโโค

## Adsorption of Lead in Synthetic Wastewater using Cow Dung Activated Carbon

Theamchai Bualoi\*, Wipada Sanongraj\*\*\*\*\*, and Sompop Sanongraj\*\*\*\*\*

เทียมชัย บัวโลย\*, วิภาดา สนองราษฎร์\*\*\*\* และ สมพงษ์ สนองราษฎร์\*\*\*\*

\*หลักสูตรวิชาการนสั่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

\*\*ภาควิชาการนสั่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

\*\*\*ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและเชิงอันตราย

ศูนย์เครือข่ายมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

E-mail: wipadadechapanya@yahoo.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านกัมมันต์มูลโโค การสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์มูลโโคทำการ碳化 (Carbonization) ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และ กระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ ( $ZnCl_2$ ) ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำถ่านกัมมันต์มูลโโคที่สังเคราะห์ได้มาดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์เพื่อศึกษาสภาวะที่ใช้ในการดูดซับ ได้แก่ ความเข้มข้นเริ่มต้น ปริมาณตัวดูดซับ เวลาในการดูดซับ และพิอช พนวจว่าที่เวลาในการดูดซับ 60 นาที เปอร์เซ็นต์การดูดซับจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นเพิ่มขึ้น ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การดูดซับจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณตัวดูดซับ และเวลาที่ใช้ในการเข้าสู่จุดสมดุลในการดูดซับคือ 150 นาที พิอชที่เหมาะสมคือ 4, 5 และ 6 และจากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การกำจัดมีค่าอยู่ในช่วง 75-100% ยกเว้นที่ pH = 2 และ 3 มีเปอร์เซ็นต์ในการกำจัดต่ำกว่า 50% และจากการศึกษาໄอโซเทอร์มพบว่า การดูดซับของลงเมเยอร์ให้ค่าการดูดซับสูงสุด 4.280 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ໄอโซเทอร์มการดูดซับของฟรุนซ์ลิชสามารถอธิบายการดูดซับได้ค่อนข้างแม่นยำ อย่างไรก็ตามควรนิการศึกษาเพิ่มเติมกับน้ำเสียจริงจากโรงงานอุตสาหกรรมต่อไป

คำสำคัญ : การดูดซับ ถ่านกัมมันต์มูลโโค ตะกั่ว ໄอโซเทอร์มการดูดซับ

## Abstract

The objective of this research was to study adsorption of lead in synthetic wastewater using cow dung activated carbon. The cow dung was carbonized at 600 °C for 1 hr and activated with ZnCl<sub>2</sub> at 700 °C for 1 hr. The cow dung activated carbon was then applied for lead adsorption in synthetic wastewater to investigate the following adsorption conditions; initial concentration, dosage of adsorbent, contact time, and pH. It was found that treatment efficiencies tended to decrease when increasing the initial concentration. On the other hand treatment efficiencies had the tendency to increase with the adsorbent dosage. The treatment efficiencies were in the range of 75-100% except for those at the pH of 2 and 3 having the treatment efficiencies lower than 50%. From the isotherm studies, it was observed that  $q_m$  received from Langmuir adsorption model was about 4.28 mg/g. The adsorption of lead could be better explained by Freundlich equation as compared to Langmuir equation. However, further studies with industrial wastewater should be included.

**Keywords :** Adsorption, Cow dung activated carbon, Lead, Adsorption isotherm

## บทนำ

การอุตสาหกรรมในปัจจุบันเป็นแหล่งที่มาของสิ่งปฏิกูลในน้ำทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โลหะหนักเป็นสารอนินทรีย์ที่ออกจากจะมีพิษสูงแล้วซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ดังนั้นหากมนุษย์ได้รับเข้าไปในปริมาณมากก็จะเกิดการสะสมในร่างกายมนุษย์ก่อให้เกิดโรคร้ายแรงได้ [1] ตะกั่วเป็นโลหะหนักชนิดหนึ่งที่อาจเข้าสู่แหล่งน้ำได้จากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ตะกั่วในกระบวนการผลิต เช่น กระบวนการพ่นสีจากอุปกรณ์สี เป็นต้น ซึ่งหากไม่มีการกำจัดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำก็จะเกิดการสะสมในน้ำมากขึ้น และเมื่อคนดื่มน้ำไปไว้หรือมื้อน้ำไปให้สัตว์ดื่น ก็จะเกิดการสะสมในร่างกาย โดยจะส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินอาหาร ระบบประสาท ทำให้耗费เสื่อมและถ้าถึงขั้น โภม่าอาจทำให้เสียชีวิต ได้ เช่นกรณีโรงงานแต่งแร่ตะกั่วคลิติ ซึ่งหัวดักกาญจนบุรี ที่ปล่อยตะกั่วลงแหล่งน้ำทำให้สัตว์ของชาวบ้านตายหลังจากดื่มน้ำเข้าไปและพิชสวนรวมถึงข้าวไก่ผลผลิตต่างๆ เป็นต้น

วิธีการกำจัดโลหะหนักนี้คือยกันหลาบวิธี เช่น การทดสอบ การกรองผ่านแผ่นเชื่อรอง การแยกเบ็ดลิ่น ไอโอดิน การดูดซับ และการทดสอบ การดูดซับร่วมกัน [2] ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป การดูดซับเป็นวิธีที่ใช้กันมานานแล้วแต่ไม่เป็นที่นิยมใช้เนื่องจากเป็นวิธีที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ปัจจุบันได้มีการนำมาใช้กันมากขึ้น เนื่องจากน้ำเสียมีสารปนเปื้อนหลากหลายมากขึ้น ระบบชีวภาพปกติไม่สามารถกำจัดสารແபลอกปลอกได้ ซึ่งดูดซับที่นิยมนำมาใช้กับการบ้านบดน้ำเสียคือ ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) [3]

ถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากวัสดุทางธรรมชาติ เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เพราะนอกจากจะมีประสิทธิภาพ แล้วยังเป็นการลดต้นทุนในการบ้านบดอีกด้วย เมื่อจากวัสดุเหลือใช้ทางธรรมชาติมีอยู่มากและหาได้ง่าย ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากมูลโค เรียกว่า ถ่านกัมมันต์มูลโค (Cow Dung Activated Carbon) ใน การกำจัดตะกั่วในน้ำเสีย ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดต้นทุนในการบ้านบดน้ำเสียแล้วยังเป็นการเพิ่มน้ำมูลค่าของมูลโคให้กับเกษตรกรอีกด้วย ในอุดมที่ผ่านมา

ได้มีการศึกษาการกำจัดสารละออย่างด้วยถ่านกัมมันต์บูดโภค [4] ซึ่งเป็นที่น่าจะของงานวิจัยนี้ในการศึกษาการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านกัมมันต์บูดโภค ซึ่งจะศึกษาพารามิเตอร์ค่าๆ ที่เหมาะสมในการดูดซับ ได้แก่ ความเข้มข้นเริ่มนั่นปริมาณตัวดูดซับ เวลาที่ใช้ในการดูดซับ และค่าพิเศษตามลักษณะของกัมมันต์บูดโภคตัวๆ

## แผนการวิจัย

### การเตรียมกั่นเสียสังเคราะห์

น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีโซเดียมฟอฟอฟฟิที่มีต่อต้านกัมมันต์บูดโภค 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 มิลลิลิตร ด้วยน้ำดื่ม (DI-water) ให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายน้ำสังเคราะห์เข้มข้น 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลักษณะ

### การเตรียมถ่านกัมมันต์บูดโภค

นำบูดโภคที่แห้งแล้วมาบดและร่อนผ่านค่าวัตต์เกรงร่อนขนาด 600 ในไครเมต แล้วนำไปทิ้งไว้ทำการคั่นอบในเซ็นติเมตรที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำการกระตุนด้วยสารละลายน้ำซิงค์คลอไรซ์เข้มข้นร้อยละ 25 โดยนำหานัก โดยให้อัตราส่วนของน้ำหนักบูดโภคต่อสารละลายน้ำซิงค์คลอไรซ์เท่ากับ 1:1 แล้วทำการเบ่าด้วยแก๊สออกไซด์แม่นวนที่ความเร็ว 160 รอบต่อนาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ที่สภาวะไร้อากาศในเตาเผาอุณหภูมิสูง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน道士ดความร้อน นำถ่านกัมมันต์ที่ได้ไปล้างสารเคมีออกด้วยน้ำร้อน habitats ครั้ง จนกระทั่งพิอชมีสภาพเป็นกลาง (ค่าพิอชประมาณ 6.5-7.5) จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส แล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน道士ดความร้อน ทั้งนี้จากการศึกษาวิจัย

ของ ชนอิตติ แสงวิจิตร [5] ได้เปรียบเทียบการดูดซับสารละลายน้ำสังเคราะห์โดยใช้บูดโภคและถ่านกัมมันต์บูดโภค พบว่าบูดโภคดูดซับสารละลายน้ำสังเคราะห์ที่บ่มบดโดยใช้บูดโภคไม่ค่าสารละลายน้ำสังเคราะห์แต่ค่า COD เพิ่มขึ้น เมื่อเวลาของการดูดซับของสารเคมีในบูดโภคไปในน้ำเสียสังเคราะห์ ดังนั้นในการศึกษาวิจัยนี้จึงเลือกศึกษาเฉพาะถ่านกัมมันต์บูดโภคตัวๆ

### การศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มน้ำของสารละลายน้ำต่อต้านกัมมันต์บูดโภค

นำถ่านกัมมันต์บูดโภคใส่ในขวดรูปทรงสูง 5 ขวด ขวดละ 0.1 กรัม เดินสารละลายน้ำสังเคราะห์ความเข้มข้น 2, 4, 6, 8 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงไปขวดละ 50 มิลลิลิตร ตามลักษณะ ปรับพิอชด้วย NaOH 0.1 M และ HCl 0.1 M ให้ได้เท่ากับ 4 ทุกขวด นำไปเบ่าด้วยเครื่องเบ่าสารเคมี 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำสารมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของตะกั่ว

### การศึกษาผลของปริมาณถ่านกัมมันต์บูดโภคที่เหมาะสมในการดูดซับ

นำถ่านกัมมันต์บูดโภคใส่ในขวดรูปทรงสูง 5 ขวด ขวดละ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 กรัม ตามลักษณะ เดินสารละลายน้ำสังเคราะห์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงไปขวดละ 50 มิลลิลิตร ปรับพิอชด้วย NaOH 0.1 M และ HCl 0.1 M ให้ได้เท่ากับ 4 ทุกขวด นำไปเบ่าด้วยเครื่องเบ่าสารเคมี 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำสารมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของตะกั่ว

### การศึกษาผลของเวลาในการดูดซับ

นำถ่านกัมมันต์บูดโภคใส่ในขวดรูปทรงสูง 5 ขวด ขวดละ 0.1 กรัม เดินสารละลายน้ำสังเคราะห์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงไปขวดละ 50 มิลลิลิตร ปรับพิอชด้วย NaOH 0.1 M และ HCl 0.1 M ให้ได้เท่ากับ 4 ทุกขวด นำไปเบ่าด้วยเครื่องเบ่าสารเคมี 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำสารมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของตะกั่ว

เพ่ากัน 4 ทุกขาด น้ำไปเบย์ด้วยเครื่องเบย์สารเคมี 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำสารมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของตะกั่ว

### การศึกษาผลของการดูดซึม

นำถ่านกัมมันต์มูลโลกใส่ในขวดรูปมนต์ 5 ขวด ขวดละ 0.1 กรัม เติมสารละลายตะกั่วสังเคราะห์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงไปขวดละ 50 มิลลิลิตร ปรับพิอิชด้วย NaOH 0.1 M และ HCl 0.1 M แต่ละขวดให้เป็น 2, 3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ เนื่องจากที่พิอิช 6 ตะกั่จะเริ่มตกตะกอนเป็น  $\text{Pb(OH)}_2$  [6] แล้วนำไปเบย์ด้วยเครื่องเบย์สารเคมี 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำสารมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของตะกั่ว

เปอร์เซ็นต์การกำจัดไอลอกนตะกั่ว (%Removal) สามารถหาได้จากสมการ (1)

$$\% \text{ Removal} = \frac{(C_i - C_e)}{C_i} \quad (1)$$

โดย  $C_i$  = ความเข้มข้นของสารละลายเริ่มต้น ( $\text{mgL}^{-1}$ )

$C_e$  = ความเข้มข้นของสารละลายที่สมดุล ( $\text{mgL}^{-1}$ )

### การศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซึม

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในตอนที่ 3 จะถูกนำไปศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซึมของแลงเมียร์ (Langmuir Isotherm) และฟรุนค์ลิช (Freundlich Isotherm)

ปริมาณตะกั่วที่ถูกดูดซึมต่อปริมาณถ่านกัมมันต์มูลโลก หาได้จากสมการ (2)

$$q_e = \frac{(C_i - C_e)V}{W} \quad (2)$$

โดย  $q_e$  = ปริมาณตะกั่วที่ถูกดูดซึมต่อปริมาณถ่านกัมมันต์มูลโลก ( $\text{mg g}^{-1}$ )

$C_i$  = ความเข้มข้นของสารละลายเริ่มต้น ( $\text{mgL}^{-1}$ )

$C_e$  = ความเข้มข้นของสารละลายที่สมดุล ( $\text{mgL}^{-1}$ )

$V$  = ปริมาตรของสารละลาย (L)

$W$  = ปริมาณถ่านกัมมันต์มูลโลก (g)

สมการไอโซเทอร์มการดูดซึมของแลงเมียร์ [7]  
แสดงให้ดังสมการ (3)

$$q_e = \frac{q_m K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (3)$$

สามารถจัดให้อยู่ในรูปสมการเส้นตรงได้ดังสมการ (4)

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{q_m} + \frac{1}{K_L q_m} \quad (4)$$

โดย  $q_e$  = ปริมาณตะกั่วที่ถูกดูดซึมต่อปริมาณถ่านกัมมันต์มูลโลก ( $\text{mg g}^{-1}$ )

$q_m$  = ปริมาณการดูดซึมสูงสุด ( $\text{mg g}^{-1}$ )

$C_e$  = ความเข้มข้นของสารละลายที่สมดุล ( $\text{mgL}^{-1}$ )

$K_L$  = ค่าคงที่แลงเมียร์

สมการไอโซเทอร์มการดูดซึมของฟรุนค์ลิช [8]  
แสดงให้ดังสมการ (5)

$$q_e = K_F C_e^{(1/n)} \quad (5)$$

สามารถจัดให้อู่ในรูปสมการเส้นตรงได้ดังสมการ (6)

$$\log q_e = \log K_F + \left( \frac{1}{n} \right) \log C_e \quad (6)$$

โดย  $q_e$  = ปริมาณคงที่อุกคุชันต่อปริมาณถ่านกัมมันต์มูลไอกิ (mg g<sup>-1</sup>)

$C_e$  = ความเข้มข้นของสารละลายที่สมดุล (mg L<sup>-1</sup>)

$K_F$  = ค่าคงที่ฟรุนเดิล

$n$  = ค่าคงที่

## ผลการวิจัยและวิารณ์

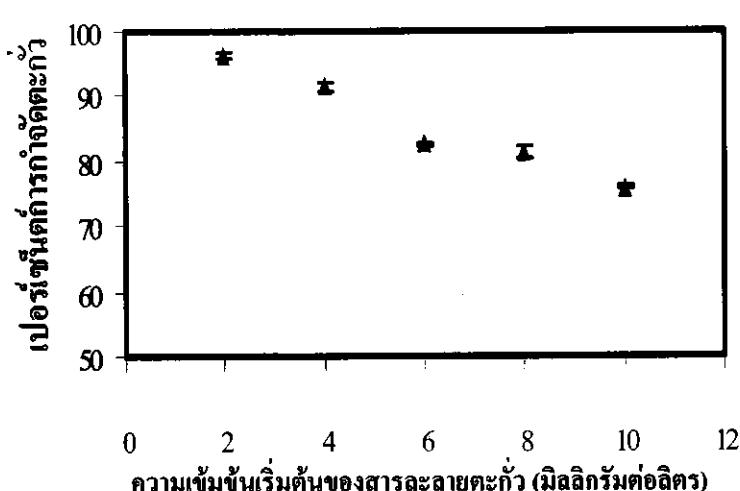
### การศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายพบว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์การอุดชันจะมีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น โดยลดลงจาก 96.36 เปอร์เซ็นต์ที่ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 75.90 เปอร์เซ็นต์ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังรูปที่ 1 จากค่ามาตรฐานน้ำทึบตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมกำหนดไว้ คือ

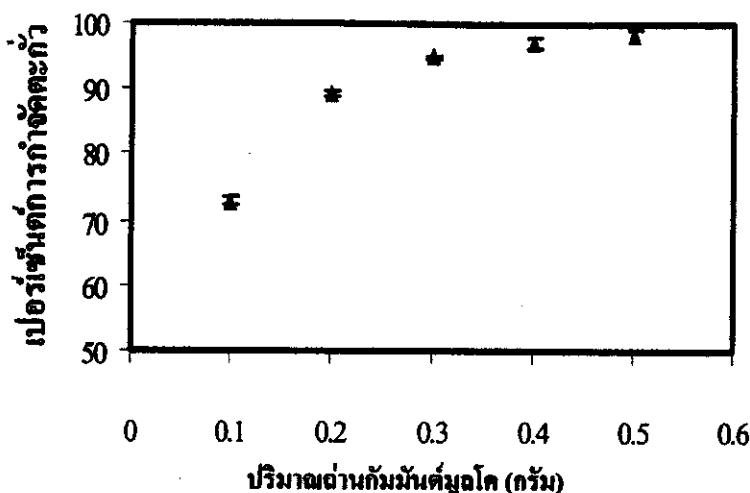
ความเข้มข้นของตะกั่วต้องไม่เกิน 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการทดลองที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร กำจัดได้เกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยความเข้มข้นสุดท้ายอยู่ในช่วง 0.06 ถึง 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แต่ถ้าความเข้มข้นเริ่มต้นเพิ่มมากขึ้นก็ต้องใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์มูลไอกิมากขึ้นเพื่อให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายตามค่ามาตรฐาน โดยเปอร์เซ็นต์การกำจัดจะลดลง เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายเริ่มต้นนั้นเนื่องจากสารละลายมีไอออนตะกั่วเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณพื้นผิวของกรดอุดชันยังคงเท่าเดิม จึงทำให้มีปริมาณไอกิลดลงที่ไม่ถูกอุดชันเพิ่มมากขึ้น [9-10]

### การศึกษาผลของปริมาณถ่านกัมมันต์มูลไอกิในการอุดชันตะกั่ว

จากการศึกษาพบว่าเบอร์เซ็นต์การอุดชันจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณถ่านกัมมันต์มูลไอกิที่เพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นจาก 72.86 เปอร์เซ็นต์ที่ปริมาณ 0.1 กรัม เป็น 98.44 เปอร์เซ็นต์ที่ปริมาณ 0.5 กรัม ดังแสดงในรูปที่ 2 เนื่องจากที่ความเข้มข้นเท่าเดิมแต่มีพื้นที่ผิวในการอุดชันเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้มีปริมาณของไอกิลดลงตะกั่วถูกอุดชันได้มากขึ้น [11]



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างเบอร์เซ็นต์การอุดชันกับความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่ว



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การคุณชั้บตะกั่วกับจำนวนเวลาที่ใช้ในการคุณชั้บตะกั่ว

#### การศึกษาผลของเวลาในการคุณชั้บตะกั่ว

จากการศึกษาผลของเวลาในการคุณชั้บตะกั่ว หัวข้อคุณชั้บตะกั่ว พบว่าเปอร์เซ็นต์การคุณชั้บตะกั่วเพิ่มขึ้นจาก 64.87 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 30 นาที เป็น 82.23 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 60 นาที ดังรูปที่ 3 โดยจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นและจะเริ่มคงที่หลังจากเวลาผ่านไป 150 นาที นั่นแสดงว่าเริ่มเข้าสู่สมดุลที่เวลาประมาณ 150 นาที เนื่องจากเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นก็จะมีไอออนตะกั่วเข้าไปเกะกะที่ผิวตัวคุณชั้บเพิ่มมากขึ้นและมากขึ้นเรื่อยๆ จนทำให้ความจุน้ำผิวตัวคุณชั้บเริ่มลดลงกระแทกคงที่ ดังรูปที่ 3

#### การศึกษาพื้นที่ในการคุณชั้บตะกั่ว

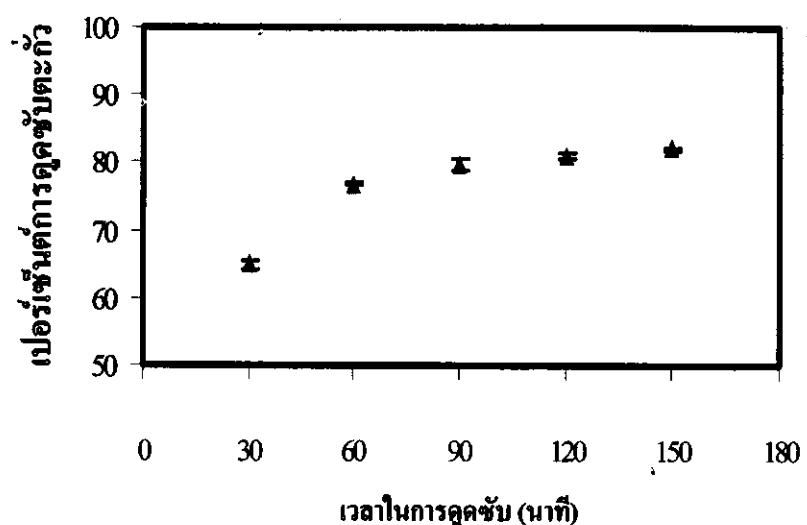
จากการศึกษาพบว่าเปอร์เซ็นต์การคุณชั้บตะกั่วเพิ่มขึ้นจาก 31.50 เปอร์เซ็นต์ ที่พื้นที่ 2 เป็น 79.06 เปอร์เซ็นต์ ที่พื้นที่ 6 ดังรูปที่ 4 ที่พื้นที่ระหว่าง 2 ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ การคุณชั้บน้อยมากเมื่อเทียบกับที่พื้นที่ระหว่าง 4 ถึง 6 เมื่อจากที่พื้นที่ต่างจะมีไอออนของไอโอดีนมากทำให้เกิดการยึดกันกับไอออนของตะกั่วเพื่อเข้าไปเกะกะกับผิวตัวคุณชั้บ จึงทำให้ไอออนตะกั่วเข้าไปเกะกะที่ผิวตัวคุณชั้บได้น้อยกว่าที่พื้นที่ระหว่าง 4 ถึง 6

ดังนั้นพื้นที่เหมาะสมในการคุณชั้บตะกั่วคือ ค่าเฉลี่ยจำนวนก้ามมันต์มูดโโค คือ 4, 5 และ 6

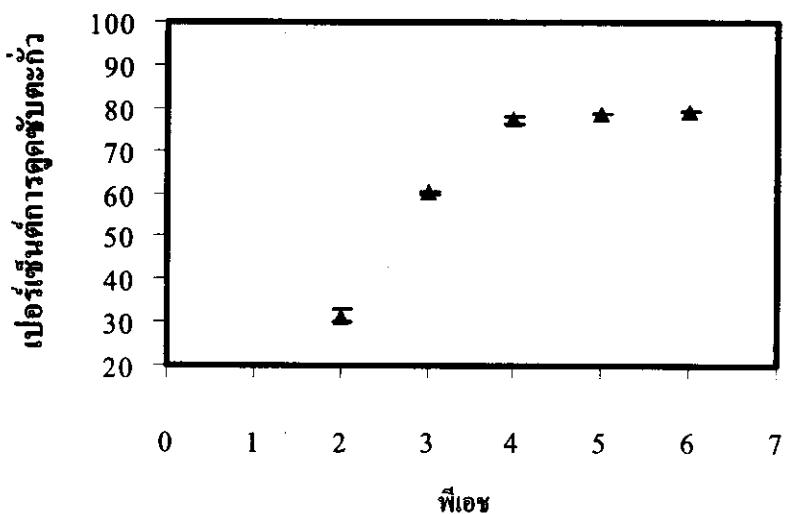
#### การศึกษาไอโซเทอร์นการคุณชั้บตะกั่วด้วยค่าเฉลี่ยจำนวนก้ามมันต์มูดโโค

จากการศึกษาไอโซเทอร์นการคุณชั้บตะกั่บแลงเมียร์ และฟรุนค์ลิชของการคุณชั้บตะกั่วด้วยค่าเฉลี่ยจำนวนก้ามมันต์มูดโโค ได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และค่า  $R^2$  ดังตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นว่าทั้ง ไอโซเทอร์นของแลงเมียร์และฟรุนค์ลิชสามารถอธิบายการคุณชั้บตะกั่วด้วยค่าเฉลี่ยจำนวนก้ามมันต์มูดโโค ได้เป็นอย่างดี เพราะค่า  $R^2$  มีค่าใกล้เคียงหนึ่ง ( $R^2 = 0.9567$ ,  $R^2 = 0.9901$ ) ตามลำดับ เพื่อเป็นการอธิบายว่าเป็นการคุณชั้บแบบขั้นต่ำหรือหลายขั้น ซึ่งมีการศึกษาทั้งสองไอโซเทอร์นดังกล่าว ซึ่งถ้าเป็นค่าเฉลี่ยจำนวนก้ามมันต์มูดโโค น่าจะใช้ไอโซเทอร์นของฟรุนค์ลิชอธิบายการคุณชั้บได้ดีกว่า เนื่องจาก การคุณชับไม่ได้เกิดที่เฉพาะบริเวณผิวน้ำของค่าเฉลี่ยจำนวนก้ามมันต์มูดโโคแต่มีการคุณชับเข้าไปในรูพุนของค่าเฉลี่ยจำนวนก้ามมันต์มูดโโคด้วย

จากการศึกษาไอโซเทอร์นแลงเมียร์พบว่า ปริมาณการคุณชับสูงสุด ( $q_u$ ) เท่ากับ 4.280 มิลลิกรัมต่อ



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการคุกซับและอัตราการคุกซับ



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการคุกซับและพื้นดิน

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์และค่า  $R^2$  ของสมการไอโซเทอร์มແลงเมียร์และฟรุนเดิช

ไอโซเทอร์มการคุกซับແลงเมียร์			ไอโซเทอร์มการคุกซับฟรุนเดิช		
$q_m$	$K_L$	$R^2$	$K_F$	$n$	$R^2$
4.280	2.219	0.9567	2.664	2.587	0.9901

กรัม เมื่อเทียบกับด่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกาจีเป็นและด่านกัมมันต์การถ้าร่างให้การถูกซับตะกั่ว 116.18 และ 11.07 มิลลิกรัมต่อกรัม [12] ด้านล่างนี้จะเห็นว่าด่านกัมมันต์มูลโลกมีความสามารถในการถูกซับตะกั่วได้น้อยกว่า และ ไอโซเทอร์มฟรุนด์ลิชสามารถที่จะอธิบายการถูกซับได้ดีกว่าไอโซเทอร์มແลงเมียร์เนื่องจากค่า  $R^2$  และค่าคงที่ ( $K_f$ ) มีค่ามากกว่า

## สรุปผล

จากการศึกษาการถูกซับตะกั่วด้วยด่านกัมมันต์มูลโลกพบว่าที่ปริมาณด่านกัมมันต์มูลโลก 0.1 กรัมสามารถถูกซับตะกั่วในสารละลายเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อเดือน ปริมาณคร 50 มิลลิลิตร ที่พื้นที่ 4 เวลา 60 นาที ได้เป็นอย่างดีโดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดประมาณ 75-100 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาແลงเมียร์ไอโซเทอร์มพบว่าด่านกัมมันต์มูลโลกสามารถถูกซับตะกั่วได้สูงสุด 4.280 มิลลิกรัมต่อกรัม และจากการศึกษาพารามิเตอร์ต่างๆ พบว่าเวลาที่เริ่มเข้าสู่สมดุลในการถูกซับตะกั่วด้วยด่านกัมมันต์มูลโลก คือ 150 นาที และพื้นที่ที่เหมาะสมสูงสุดคือ 4, 5 และ 6

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนและสถานที่ในการทำวิจัยจากภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Wang, Y., Lin, S. and Juang, R. 2003. Removal of Heavy Metal Ions from Aqueous Solutions Using Various Low-cost Adsorbents. *J. Hazard. Mater.* B102: 291-302.
- [2] Kadirvelu, K., Thamaraiselvi, K. and Namavayam, C. 2001. Removal of heavy metals from industrial wastewaters by adsorption onto activated carbon prepare from an agricultural solid waste. *Bioresource Technol.* 76: 63-65. [1]
- [3] เกรียงศักดิ์ อุบลเด่นไกรชนก, 2547, วิชาการกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 5, เอส.อาร์ พรินติ้ง แอนด์ โปรดักส์ จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 374-375. [1]
- [4] ศุรัษ พงษ์พาหะ, การกำจัดสารละลายของแคงด้วยด่านกัมมันต์มูลโลกที่ผลิตด้วยวิธีกระตุ้นทางเคมี, การประชุมวิชาการสีงค์แวงส์อ่อนแห่งชาติ ครั้งที่ 7, กรุงเทพมหานคร, 2550.
- [5] ชนอธิพร แสงวิจิตร, 2549, การใช้ประไบร์นจากมูลโลกและด่านกัมมันต์มูลโลกในการดูดซึมน้ำเสียในน้ำสังเคราะห์, การศึกษาอิสระ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัย สาขาวิชา วิศวกรรมสีงค์แวงส์อ่อน, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- [6] ลดา นิทพัชรุก, 2544, การกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการถูกดึงผิวโดยใช้ด่านกัมมันต์ที่เหลือใช้จากการเกย์ต์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทสาขาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- [7] Langmuir, I. 1918. The Adsorption of Gases on Plane Surfaces of Glass, Mica and Platinum. *J. Am. Chem. Soc.* 40: 1361-1403.
- [8] Freundlich, H. 1906. Über die adsorption in Lösungen. *Z. Phy. Chem.* 57: 385-470.
- [9] Kuh, S.E. and Kim, D.S. 2000. Removal Characteristics of Cadmium Ions by Waste Egg Shell. *Environ. Technol.* 21: 883-890.

- [10] ชาภาส พันทอง, 2550, การกำจัดไอออน แมกนีียมจากน้ำเสียด้วยตะกอนชุลินทรีย์, วารสารวิชวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย, ปีที่ 20, ฉบับที่ 1, หน้า 25-37.
- [11] Sekar, M., Sakthi, V. and Rengaraj, S. 2004. Kinetic and Equilibrium Adsorption Study of Lead(II) onto Activated Carbon Prepared from Coconut Shell. *J. Colloid Interf. Sci.* 279: 307-313.
- [12] ปันคดา คำรัตน์, 2545, ประสิทธิภาพของถ่านกัมนัมต์ที่เตรียมจากกาบแป้งของโรงงานน้ำยางข้นในการกำจัดตะกั่วและปรอทในน้ำเสียสังเคราะห์, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตสาขาวิชาเคมีศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.