การดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านกัมมันต์มูลโค

Adsorption of Lead in Synthetic Wastewater using Cow Dung Activated Carbon

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

เทียมชัย บัวลอย*, วิภาดา สนองราษฎร์,***,* และ สมภพ สนองราษฎร์**,*****

*หลักสูตรวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

**ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

***ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย

ศูนย์เครือข่ายมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

*E-mail: wipadadechapanya@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านกัมมันต์มูลโค การสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์มูลโคทำการคาร์บอไนซ์ (Carbonization) ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$) ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำถ่านกัมมันต์มูลโคที่สังเคราะห์ได้มาดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์เพื่อศึกษาสภาวะที่ใช้ในการดูดซับ ได้แก่ ความเข้มข้นเริ่มต้น ปริมาณตัวดูดซับ เวลาในการดูดซับ และพีเอช พบว่าที่เวลาในการดูดซับ 60 นาที เปอร์เซ็นต์การดูดซับจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นเพิ่มขึ้น ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การดูดซับจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณตัวดูดซับ และเวลาที่ใช้ในการเข้าสู่จุดสมดุลในการดูดซับคือ 150 นาที พีเอชที่เหมาะสมคือ 4, 5 และ 6 และจากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การกำจัดมีค่าอยู่ในช่วง 75-100% ยกเว้นที่ pH 2 และ 3 มีเปอร์เซ็นต์ในการกำจัดต่ำกว่า 50% และจากการศึกษาไอโซเทอร์มพบว่าการดูดซับของแลงเมียร์ให้ค่าการดูดซับสูงสุด 4.280 มิลลิกรัมต่อกรัม ไอโซเทอมการดูดซับของฟรุนด์ลิชสามารถอธิบายการดูดซับได้ดีกว่าแลงเมียร์ อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมกับน้ำเสียจริงจากโรงงานอุตสาหกรรมต่อไป

คำสำคัญ : การดูดซับ ถ่านกัมมันต์มูลโค ตะกั่ว ไอโซเทอร์มการดูดซับ

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 $ZnCl_2$ 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

การอุตสาหกรรมในปัจจุบันเป็นแหล่งที่มาของสิ่งปนเปื้อนในน้ำทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โลหะหนักเป็นสารอนินทรีย์ที่นอกจากจะมีพิษสูงแล้วยังไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ดังนั้นหากมนุษย์ได้รับเข้าไปในปริมาณมากก็จะเกิดการสะสมในร่างกายมนุษย์ก่อให้เกิดโรคร้ายแรงได้ [1] ตะกั่วเป็นโลหะหนักชนิดหนึ่งที่อาจเข้าสู่แหล่งน้ำได้จากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ตะกั่วในกระบวนการผลิต เช่น กระบวนการพ่นสีจากอู่พ่นสีรถ เป็นต้น ซึ่งหากไม่มีการกำจัดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำก็จะเกิดการสะสมในน้ำมากขึ้น และเมื่อคนนำน้ำไปใช้หรือเมื่อนำไปให้สัตว์ดื่มก็จะเกิดการสะสมในร่างกาย โดยจะส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินอาหาร ระบบประสาท ทำให้ไตเสื่อมและถ้าถึงขั้นโคม่าอาจทำให้เสียชีวิตได้ เช่นกรณีโรงงานแต่งแร่ตะกั่วคลิตี้ จังหวัดกาญจนบุรี ที่ปล่อยตะกั่วลงแหล่งน้ำทำให้สัตว์ของชาวบ้านตายหลังจากดื่มเข้าไปและพืชสวนรวมถึงข้าวได้ผลผลิตต่ำ เป็นต้น

วิธีการกำจัดโลหะหนักมีด้วยกันหลายวิธี เช่น การตกตะกอน การกรองผ่านแผ่นเยื่อกรอง การแลกเปลี่ยนไอออน การดูดซับ และการตกตะกอนการดูดซับร่วมกัน [2] ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป การดูดซับเป็นวิธีที่ใช้กันมานานแล้วแต่ไม่เป็นที่นิยมใช้เนื่องจากเป็นวิธีที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ปัจจุบันได้มีการนำมาใช้กันมากขึ้น เนื่องจากน้ำเสียมีสารปนเปื้อนแปลกปลอมมากขึ้น ระบบชีวภาพปกติไม่สามารถกำจัดสารแปลกปลอมได้ ซึ่งตัวดูดซับที่นิยมนำมาใช้กับการบำบัดน้ำเสียคือ ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) [3]

ถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากวัสดุทางธรรมชาติเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เพราะนอกจากจะมีประสิทธิภาพแล้วยังเป็นการลดต้นทุนในกระบวนการผลิตด้วย เนื่องจากวัสดุเหลือใช้ทางธรรมชาติมีอยู่มากและหาได้ง่าย ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากมูลโค เรียกว่า ถ่านกัมมันต์มูลโค (Cow Dung Activated Carbon) ในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสีย ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดต้นทุนในการบำบัดน้ำเสียแล้วยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของมูลโคให้กับเกษตรกรอีกด้วย ในอดีตที่ผ่านมา

ได้มีการศึกษาการกำจัดสารละลายทองแดงด้วยถ่านกัมมันต์มูลโค [4] จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ในการศึกษาการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านกัมมันต์มูลโค ซึ่งจะศึกษาพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เหมาะสมในการดูดซับ ได้แก่ ความเข้มข้นเริ่มต้น ปริมาณตัวดูดซับ เวลาที่ใช้ในการดูดซับ และค่าพีเอชตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาไอโซเทอร์มของการดูดซับตะกั่วโดยใช้ถ่านกัมมันต์มูลโคด้วย

แผนการวิจัย

การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีไอออนของตะกั่ว เตรียมโดยละลายสารละลายตะกั่วมาตรฐาน 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 มิลลิลิตร ด้วยน้ำดีไอ (DI-water) ให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายตะกั่วสังเคราะห์เข้มข้น 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

การเตรียมถ่านกัมมันต์มูลโค

นำมูลโคที่แห้งแล้วมาบดและร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด 600 ไมโครเมตร แล้วนำไปทำการคาร์บอไนเซชั่นที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำการกระตุ้นด้วยสารละลายซิงค์คลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก โดยให้อัตราส่วนของน้ำหนักมูลโคต่อสารละลายซิงค์คลอไรด์เท่ากับ 1:1 แล้วทำการเขย่าด้วยเครื่องเขย่าแนวราบที่ความเร็ว 160 รอบต่อนาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ที่สภาวะไร้อากาศในเตาเผาอุณหภูมิสูง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้น นำถ่านกัมมันต์ที่ได้ไปล้างสารเคมีออกด้วยน้ำร้อนหลายๆ ครั้ง จนกระทั่งพีเอชมีสภาพเป็นกลาง (ค่าพีเอชประมาณ 6.5-7.5) จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส แล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้น ทั้งนี้จากการศึกษาวิจัยของ ชนยิตรี แสงวิจิตร [5] ได้เปรียบเทียบการดูดซับสารละลายทองแดงในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้มูลโคและถ่านกัมมันต์มูลโค พบว่าน้ำเสียสังเคราะห์ที่บำบัดโดยใช้มูลโคมีค่าสารละลายทองแดงลดลงแต่มีค่า COD เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการละลายของสารอินทรีย์ในมูลโคลงไปในน้ำเสียสังเคราะห์ ดังนั้นในการศึกษาวิจัยนี้จึงเลือกศึกษาเฉพาะถ่านกัมมันต์มูลโคเท่านั้น

การศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย

นำถ่านกัมมันต์มูลโคใส่ในขวดรูปชมพู่ 5 ขวด ขวดละ 0.1 กรัม เติมสารละลายตะกั่วสังเคราะห์ความเข้มข้น 2, 4, 6, 8 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงไปขวดละ 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ ปรับพีเอชด้วย NaOH 0.1 M และ HCl 0.1 M ให้ได้เท่ากับ 4 ทุกขวด นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสารเคมี 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำสารมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของตะกั่ว

การศึกษาผลของปริมาณถ่านกัมมันต์มูลโคที่เหมาะสมในการดูดซับ

นำถ่านกัมมันต์มูลโคใส่ในขวดรูปชมพู่ 5 ขวด ขวดละ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 กรัม ตามลำดับ เติมสารละลายตะกั่วสังเคราะห์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงไปขวดละ 50 มิลลิลิตร ปรับพีเอชด้วย NaOH 0.1 M และ HCl 0.1 M ให้ได้เท่ากับ 4 ทุกขวด นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสารเคมี 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำสารมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของตะกั่ว

การศึกษาผลของเวลาในการดูดซับ

นำถ่านกัมมันต์มูลโคใส่ในขวดรูปชมพู่ 5 ขวด ขวดละ 0.1 กรัม เติมสารละลายตะกั่วสังเคราะห์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงไปขวดละ 50 มิลลิลิตร ปรับพีเอชด้วย NaOH 0.1 M และ HCl 0.1 M ให้ได้

เท่ากับ 4 ทุกขวด นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสารเคมี 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำสารมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของตะกั่ว

การศึกษาผลของพีเอชในการดูดซับ

นำถ่านกัมมันต์มูลโคใส่ในขวดรูปชมพู่ 5 ขวด ขวดละ 0.1 กรัม เติมสารละลายตะกั่วสังเคราะห์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงไปขวดละ 50 มิลลิลิตร ปรับพีเอชด้วย NaOH 0.1 M และ HCl 0.1 M แต่ละขวดให้เป็น 2, 3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ เนื่องจากที่พีเอช 6 ตะกั่วจะเริ่มตกตะกอนเป็น $Pb(OH)_2$ [6] แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสารเคมี 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำสารมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของตะกั่ว

เปอร์เซ็นต์การกำจัดไอออนตะกั่ว (%Removal) สามารถหาได้จากสมการ (1)

$$\%\mathrm{Re}moval = \frac{(C_i - C_e)}{C_i} \qquad (1)$$

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

C_e = ความเข้มข้นของสารละลายที่สมดุล (mgL^{-1})

การศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในตอนที่ 3 จะถูกนำไปศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับของแลงเมียร์ (Langmuir Isotherm) และฟรุนด์ลิช (Freundlich Isotherm)

ปริมาณตะกั่วที่ถูกดูดซับต่อปริมาณถ่านกัมมันต์มูลโค หาได้จากสมการ (2)

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

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

C_i = ความเข้มข้นของสารละลายเริ่มต้น (mgL^{-1})

C_e = ความเข้มข้นของสารละลายที่สมดุล (mgL^{-1})

V = ปริมาตรของสารละลาย (L)

W = ปริมาณถ่านกัมมันต์มูลโค (g)

สมการไอโซเทอร์มการดูดซับของแลงเมียร์ [7] แสดงได้ดังสมการ (3)

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

สามารถจัดให้อยู่ในรูปสมการเส้นตรงได้ดังสมการ (4)

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

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

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

C_e = ความเข้มข้นของสารละลายที่สมดุล (mgL^{-1})

K_L = ค่าคงที่แลงเมียร์

สมการไอโซเทอร์มการดูดซับของฟรุนด์ลิช [8] แสดงได้ดังสมการ (5)

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

สามารถจัดให้อยู่ในรูปสมการเส้นตรงได้ดังสมการ (6)

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

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

C_e = ความเข้มข้นของสารละลายที่สมดุล (mgL^{-1})

K_F = ค่าคงที่ฟรุนด์ลิช

n = ค่าคงที่

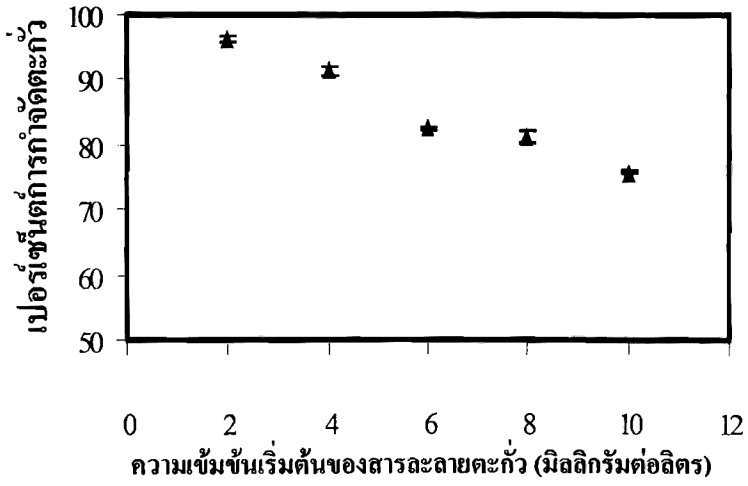
ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย

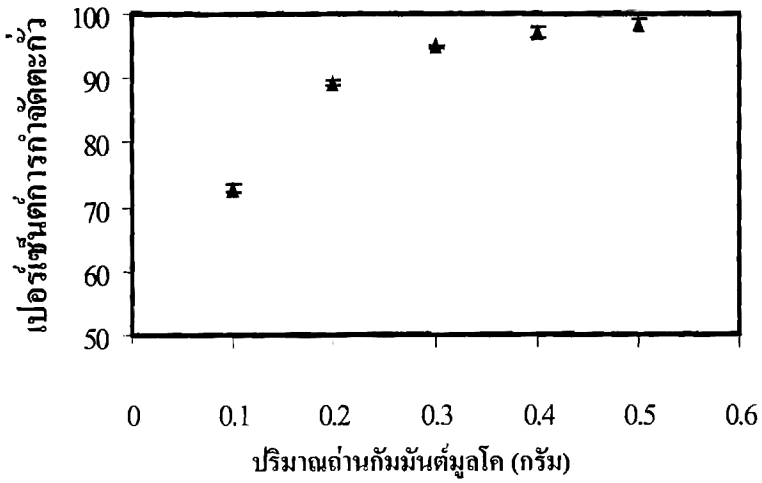
จากการศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่ว พบว่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับจะมีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น โดยลดลงจาก 96.36 เปอร์เซ็นต์ที่ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 75.90 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังรูปที่ 1 จากค่ามาตรฐานน้ำทิ้งตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมกำหนดไว้ คือ ความเข้มข้นของตะกั่วต้องไม่เกิน 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการทดลองที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร กำจัดได้เกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยความเข้มข้นสุดท้ายอยู่ในช่วง 0.06 ถึง 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แต่ถ้าความเข้มข้นเริ่มต้นเพิ่มมากขึ้นก็ต้องใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์มูลโคมากขึ้นเพื่อให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายตามค่ามาตรฐาน โดยเปอร์เซ็นต์การกำจัดตะกั่วลดลง เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายเริ่มต้นนั้น เนื่องจากสารละลายมีไอออนตะกั่วเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณพื้นผิวของการดูดซับยังคงเท่าเดิม จึงทำให้มีปริมาณไอออนที่ไม่ถูกดูดซับเพิ่มมากขึ้น [9-10]

การศึกษาผลของปริมาณถ่านกัมมันต์มูลโคในการดูดซับตะกั่ว

จากการศึกษาพบว่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณถ่านกัมมันต์มูลโคที่เพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นจาก 72.86 เปอร์เซ็นต์ ที่ปริมาณ 0.1 กรัม เป็น 98.44 เปอร์เซ็นต์ ที่ปริมาณ 0.5 กรัม ดังแสดงในรูปที่ 2 เนื่องจากที่ความเข้มข้นเท่าเดิมแต่มีพื้นที่ผิวในการดูดซับเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้มีปริมาณของไอออนตะกั่วถูกดูดซับได้มากขึ้น [11]



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การดูดซับกับความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่ว



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การดูดซับตะกั่วกับปริมาณถ่านกัมมันต์มูลโค

การศึกษาผลของเวลาในการดูดซับตะกั่ว

จากการศึกษาผลของเวลาในการดูดซับตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์มูลโค พบว่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดจะเพิ่มขึ้นจาก 64.87 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 30 นาที เป็น 82.23 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 60 นาที ดังรูปที่ 3 โดยจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นและจะเริ่มคงที่หลังจากเวลาผ่านไป 150 นาที นั่นแสดงว่าเริ่มเข้าสู่สมดุลที่เวลาประมาณ 150 นาที เนื่องจากเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นก็จะมีไอออนตะกั่วเข้าไปเกาะที่ผิวตัวดูดซับเพิ่มมากขึ้นและมากขึ้นเรื่อยๆ จนทำให้ความจุบนผิวตัวดูดซับเริ่มลดลงกระทั่งคงที่ ดังรูปที่ 3

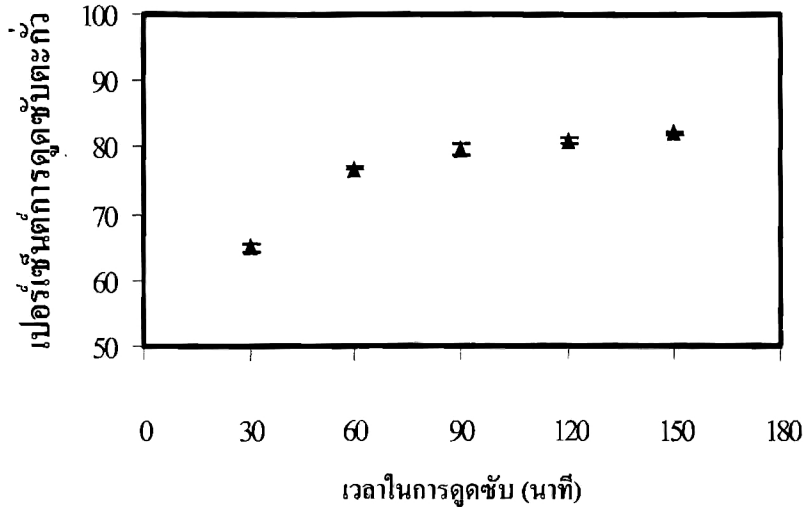
การศึกษาพีเอชในการดูดซับตะกั่ว

จากการศึกษาพบว่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับจะเพิ่มขึ้นจาก 31.50 เปอร์เซ็นต์ ที่พีเอช 2 เป็น 79.06 เปอร์เซ็นต์ ที่พีเอช 6 ดังรูปที่ 4 ที่พีเอชระหว่าง 2 ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ การดูดซับน้อยมากเมื่อเทียบกับที่พีเอชระหว่าง 4 ถึง 6 เนื่องจากที่พีเอชต่ำจะมีไอออนของไฮโดรเจนมากทำให้เกิดการแย่งกันกับไอออนของตะกั่วเพื่อเข้าไปเกาะกับผิวตัวดูดซับ จึงทำให้ไอออนตะกั่วเข้าไปเกาะที่ผิวตัวดูดซับได้น้อยกว่าที่พีเอชระหว่าง 4 ถึง 6 ดังนั้นพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์มูลโค คือ 4, 5 และ 6

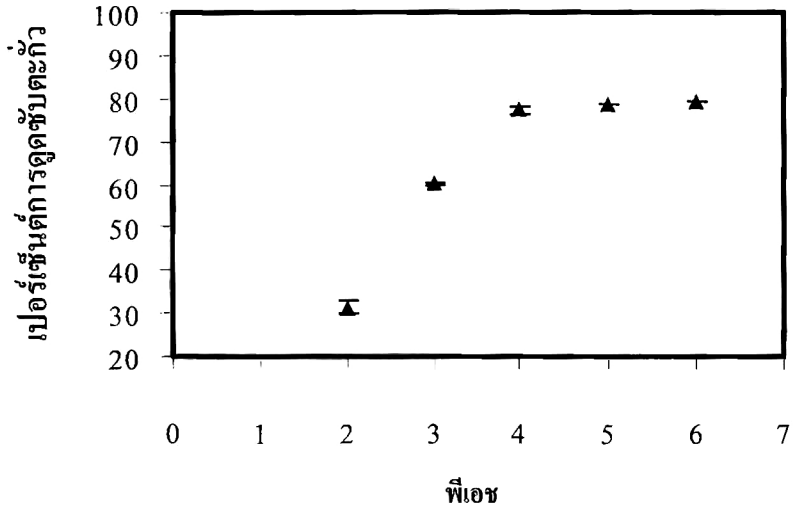
การศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์มูลโค

จากการศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับแลงเมียร์และฟรุนด์ลิชของการดูดซับตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์มูลโค ได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และค่า R^2 ดังตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นว่าทั้งไอโซเทอร์มของแลงเมียร์และฟรุนด์ลิชสามารถอธิบายการดูดซับตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์มูลโคได้เป็นอย่างดีเพราะค่า R^2 มีค่าใกล้เคียงหนึ่ง (R^2 = 0.9567, R^2 = 0.9901) ตามลำดับ เพื่อเป็นการอธิบายว่าเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียวหรือหลายชั้น จึงมีการศึกษาทั้งสองไอโซเทอร์มดังกล่าว ซึ่งถ้าเป็นถ่านกัมมันต์มูลโคน่าจะใช้ไอโซเทอร์มของฟรุนด์ลิชอธิบายการดูดซับได้ดีกว่า เนื่องจากการดูดซับไม่ได้เกิดที่เฉพาะบริเวณผิวหน้าของถ่านกัมมันต์มูลโคแต่มีการดูดซับเข้าไปในรูพรุนของถ่านกัมมันต์มูลโคด้วย

จากการศึกษาไอโซเทอร์มแลงเมียร์พบว่าปริมาณการดูดซับสูงสุด (q_m) เท่ากับ 4.280 มิลลิกรัมต่อ



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การดูดซับตะกั่วกับเวลา



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การดูดซับตะกั่วกับพีเอช

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์และค่า R^2 ของสมการไอโซเทอร์มแลงเมียร์และฟรุนด์ลิช

ไอโซเทอร์มการดูดซับแลงเมียร์			ไอโซเทอร์มการดูดซับฟรุนด์ลิช		
q_m	K_L	R^2	K_F	n	R^2
4.280	2.219	0.9567	2.664	2.587	0.9901

กรัม เมื่อเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากขี้แป้งและถ่านกัมมันต์การค้าซึ่งให้ค่าการดูดซับตะกั่ว 116.18 และ 11.07 มิลลิกรัมต่อกรัม [12] ตามลำดับ จะเห็นว่าถ่านกัมมันต์มูลโคมีความสามารถในการดูดซับตะกั่วได้น้อยกว่า และไอโซเทอร์มฟรุนด์ลิชสามารถที่จะอธิบายการดูดซับได้ดีกว่าไอโซเทอร์มแลงเมียร์เนื่องจากค่า R^2 และค่าคงที่ (K_F) มีค่ามากกว่า

สรุปผล

จากการศึกษาการดูดซับตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์มูลโคพบว่าที่ปริมาณถ่านกัมมันต์มูลโค 0.1 กรัม สามารถดูดซับตะกั่วในสารละลายเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่พีเอช 4 เวลา 60 นาที ได้เป็นอย่างดีโดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดประมาณ 75-100 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาแลงเมียร์ไอโซเทอร์มพบว่าถ่านกัมมันต์มูลโคสามารถดูดซับตะกั่วได้สูงสุด 4.280 มิลลิกรัมต่อกรัม และจากการศึกษาพารามิเตอร์ต่างๆ พบว่าเวลาที่เริ่มเข้าสู่สมดุลในการดูดซับตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์มูลโค คือ 150 นาที และพีเอชที่เหมาะสมคือ 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 Namasivayam, 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.

[3] เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2547, วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 5, เอส.อาร์ พริ้นติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 374-375.

[4] สุรชัย วงชารี, การกำจัดสารละลายทองแดงด้วยถ่านมูลโคถ่านกัมมันต์มูลโคที่ผลิตด้วยวิธีกระตุ้นทางเคมี, การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 7, กรุงเทพมหานคร, 2550.

[5] ชนยิตรี แสงวิจิตร, 2549, การใช้ประโยชน์จากมูลโคและถ่านมูลโค สำหรับดูดซับสารละลายทองแดงในน้ำสังเคราะห์, การค้นคว้าอิสระปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[6] ลลิดา นิทัศจารุกล, 2544, การกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดติดผิวโดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่เหลือใช้จากการเกษตร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[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] ชยาภาส ทับทอง, 2550, การกำจัดไอออนแคดเมียมจากน้ำเสียด้วยตะกอนจุลินทรีย์, วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย, 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] ปนัดดา คำรัตน์, 2545, ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากกากแป้งของโรงงานน้ำยางข้นในการกำจัดตะกั่วและปรอทในน้ำเสียสังเคราะห์, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.