



ประสิทธิภาพการดูดซับโครเมียม (VI) ด้วยผลฝ้ายและไมยราบยักษ์ Adsorption efficiency of chromium (VI) on cottonseed fruit and giant mimosa

พดาร์ตน์ นิลเจียรนัย¹ และ ปียนันท์ น้อยรอด^{2*}

¹ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

² สาขาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเขี้ยวเฉลิมพระเกียรติ

สมุทรปราการ 10540

Padarat Ninjjaranai¹ and Peeyanan Noirod^{2*}

¹ Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkarm Rajabhat University, Phitsanulok 65000

² Division of Physical Science, Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University, Samutprakarn 10540

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับโครเมียม (VI) โดยใช้ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ ได้แก่ ผลฝ้ายและไมยราบยักษ์ โดยทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของการดูดซับโครเมียม (VI) ที่ใช้เวลาและอุณหภูมิต่าง ๆ กัน โดยการผสมระหว่างตัวดูดซับต่อโครเมียม (VI) ที่อัตราส่วน 1.00 เปอร์เซ็นต์ โดยมวลต่อปริมาตร และใช้เทคนิคเฟรมอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตเมตรีในการวิเคราะห์การดูดซับโครเมียม (VI) และนำผลการทดลองไปสร้างไอโซเทอมของการดูดซับ (adsorption isotherm) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับ ผลการศึกษาพบว่า การดูดซับโครเมียม (VI) ด้วยผลฝ้ายและไมยราบยักษ์ที่ทำการคัดเลือกขนาดอนุภาค 1.70 มิลลิเมตร มีสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับโครเมียม (VI) คือ เวลา 120 นาที และอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการดูดซับโครเมียม (VI) คิดเป็นร้อยละ 85.11 และ 96.15 ตามลำดับ โดยใช้อะลูมิเนียมไตรออกไซด์ (Al_2O_3) เป็นตัวเปรียบเทียบมาตรฐาน และมีการหาค่าคงที่สมดุลของการดูดซับ (K) ตามหลักของสมการแลงเมียร์ (Langmuir model) พบว่าอะลูมิเนียมไตรออกไซด์ ไมยราบยักษ์ และผลฝ้าย มีค่าคงที่สมดุลของการดูดซับโครเมียม (VI) เท่ากับ 0.2981, 0.2102 และ 0.1782 ลิตรต่อมิลลิกรัม ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ไมยราบยักษ์มีประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียม (VI) มากกว่าผลฝ้าย

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพการดูดซับ โครเมียม ผลฝ้าย ไมยราบยักษ์



Abstract

The study of adsorption efficiency of chromium (VI) was investigated by natural product including cottonseed fruit and giant mimosa. The optimum conditions for chromium (VI) adsorption at different times and temperatures were determined. The ratio of adsorbent and chromium (VI) solution was 1.00% (w/v) The flame atomic spectrophotometer was used for analyzing chromium (VI). The adsorption data were created into adsorption isotherm. The result showed that the adsorption efficiency of chromium (VI) was investigated by cottonseed fruit and giant mimosa selected on 1.70 mm in size. The optimum adsorption condition of chromium (VI) was investigated by cottonseed fruit and giant mimosa at 120 min and 30°C. The adsorption efficiencies of chromium (VI) with cottonseed fruit and giant mimosa were 85.11% and 96.15%, respectively. The aluminum trioxide (Al_2O_3) was used as the standard material for comparison of the efficiency. In addition, adsorption equilibrium constants of Langmuir isotherm (K) showed that aluminum trioxide, giant mimosa and cottonseed fruit were 0.2981, 0.2102 and 0.1782 L/mg, respectively. The results showed that giant mimosa effected in absorbing chromium (VI) rather than cottonseed fruit.

Keywords: Adsorption efficiency, Chromium, Cottonseed fruit, Giant mimosa

บทนำ

โครเมียมเป็นโลหะทรานซิชันที่มีสีเทาคล้ายเหล็ก เมื่อหักดูรอยหักจะเป็นสีขาวเป็นมันวาว เป็นโลหะที่แข็งและเปราะ ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี เหมาะสำหรับการใช้ชุบเคลือบผิวเพื่อป้องกันการเกิดสนิม ใช้ทำโลหะเจือโดยผสมกับโลหะอื่น ๆ หรือทำเหล็กปลอดสนิม ดังนั้นจึงมีการนำโครเมียมมาใช้ในทางอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น นำมาผลิตเป็นเคมีภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรมย้อมผ้า ฟอกหนังและสี ใช้ทำโลหะผสม ใช้เคลือบโลหะ พลาสติกต่าง ๆ เพื่อป้องกันการผุกร่อนของโลหะบางชนิด และใช้เป็นส่วนประกอบในรถยนต์ เป็นต้น หากโรงงานอุตสาหกรรมปล่อยน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของโครเมียมลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะโครเมียมอยู่ในสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ผิวน้ำและใต้ดิน [1] ซึ่งส่วนใหญ่เกลือของโลหะหนักสามารถละลายน้ำได้ ดังนั้นเมื่อถูกปล่อยลงแหล่งน้ำธรรมชาติ สัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้นจะสะสมของเสียไว้ และถ่ายทอดสู่มนุษย์ได้ และหากได้รับสะสมในระดับที่เกินมาตรฐาน อาจก่อให้เกิดโรคอันตรายต่อทั้งมนุษย์และสิ่งมีชีวิตในน้ำได้ โดยในปัจจุบันรัฐบาลได้พยายามดำเนินการ

ป้องกันและแก้ไขคุณภาพน้ำเสียตามแหล่งน้ำต่าง ๆ หรือการบำบัดน้ำเสียก่อนทิ้งลงแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยการใช้มาตรการต่าง ๆ เช่น กฎหมาย การติดตามการตรวจสอบคุณภาพน้ำ โดยทั่วไปโลหะโครเมียมที่มีการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมมี 2 ชนิด คือ โครเมียม (III) ซึ่งไม่ปรากฏความเป็นพิษต่อร่างกาย และโครเมียม (VI) เมื่อได้รับหรือสัมผัสโครเมียม (VI) จะทำให้เกิดการระคายเคืองผิวหนัง เป็นอันตรายต่อระบบหายใจ อาจเกิดการอาเจียน มีเลือดออกในกระเพาะอาหาร กระดูกพรุน และถ้าได้รับในปริมาณมากอาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งและมีอันตรายถึงชีวิตได้ [2, 3] ร่างกายของมนุษย์สามารถได้รับโลหะโครเมียมจากการสูดดมทางระบบทางเดินหายใจ ซึ่งพบมากในผู้ที่ทำงานที่เกี่ยวข้องกับโครเมียม โดยโครเมียม (VI) สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ดีกว่าโครเมียม (III) นอกจากนี้ร่างกายจะได้รับโครเมียมจากการบริโภคอาหารและน้ำดื่ม โดยโครเมียม (VI) จะถูกดูดซึมจากระบบทางเดินอาหารได้ดีกว่าโครเมียม (III) ถึง 3-5 เท่า ซึ่งเป็นผลจากการที่โครเมียม (VI) สามารถซึมผ่านเซลล์เมมเบรน (cell membrane) ได้ดี โลหะโดยทั่วไปไม่สามารถสลายตัวเองได้แต่จะเกิดเป็นสารพิษแทน ซึ่งโครเมียม (VI)

ในสิ่งแวดล้อมมีความเป็นพิษตั้งแต่ปานกลางถึงสูงมาก โดยส่งผลกระทบต่อสัตว์ที่กินน้ำและอาหารที่มีโครเมียม (VI) เข้าไปทำให้สัตว์ตายได้ ส่วนพืชที่ได้รับโครเมียม (VI) จะเจริญเติบโตช้าลง โครเมียม (VI) มีความคงทนในธรรมชาติจึงเป็นไปได้ว่าจะสะสมในสัตว์น้ำได้ [4] การบำบัดน้ำเสียหรือลดอันตรายของโลหะโครเมียม (VI) จากน้ำทิ้งหรือแหล่งน้ำใต้ดินจึงมีความสำคัญมาก และสามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีการตกตะกอน [5, 6] วิธีการแลกเปลี่ยนไอออน [7, 8] เทคนิคทางเคมีไฟฟ้า [9, 10] เป็นต้น ซึ่งวิธีการเหล่านี้มีข้อจำกัดต่าง ๆ เช่น เศษตะกอนที่ได้จากการกำจัดยังมีความเป็นพิษ มีขั้นตอนการกำจัดที่ยุ่ยยาก ต้องใช้พลังงานมากในการกำจัด อาจมีค่าใช้จ่ายสูง และใช้เวลานาน [1, 9] ดังนั้นจึงมีนักวิจัยสนใจที่จะศึกษาการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียโดยวิธีการดูดซับ ซึ่งสามารถใช้วัสดุทางการเกษตรที่มีคุณภาพและมีราคาถูกมาเป็นวัสดุดูดซับได้

วิธีการดูดซับเป็นการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารที่พื้นผิวของสารดูดซับ จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีการสัมผัสโดยตรงระหว่างสารดูดซับและสารที่ถูกดูดซับ ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย มีประสิทธิภาพและมีต้นทุนต่ำในการกำจัดหรือลดความเป็นพิษของโลหะออกจากสารละลาย [1, 9-14] สารดูดซับที่นิยมใช้มากในอุตสาหกรรม เช่น ถ่านกัมมันต์ [14-18] อะลูมิเนียมไตรออกไซด์ [19] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ใช้สารดูดซับชนิดอื่น ๆ เช่น ไคโตซาน [20-22] อนุภาคระดับนาโนเมตรของไททาเนียม [23] แรโรโตไมท์ [24] แร่ลิกไนต์ [25] และกรรพิน [26] เป็นต้น โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะโครเมียม (VI) โดยเลือกใช้ตัวดูดซับที่มาจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่สามารถหาได้ง่าย เหลือใช้ และมีราคาถูก ได้แก่ ผลฝ้ายและไมยราบยักษ์ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับโครเมียม (VI) โดยใช้ อะลูมิเนียมไตรออกไซด์ (Al_2O_3) เป็นตัวเปรียบเทียบมาตรฐาน เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการลดต้นทุนการกำจัดโครเมียม (VI) และยังเป็น การลดปริมาณของเสียจากภาคการเกษตรด้วย อีกทั้งในงานวิจัยนี้ยังเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการนำของเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วิธีเตรียมตัวดูดซับ

ผลฝ้าย (cottonseed fruit) นำมาจากบริเวณพื้นที่ตำบลราวต้นจันทร์ อำเภอสรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย และไมยราบยักษ์ (giant mimosa) นำมาจากบริเวณข้างคลองชลประทาน มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก โดยนำผลฝ้ายที่แกะปุ๋ยฝ้ายออกแล้ว และไมยราบยักษ์ทั้งส่วนที่เป็นเปลือกไม้และเนื้อไม้มาทำให้มีขนาดเล็กจนสามารถนำมาบดได้ นำมาล้างด้วยน้ำสะอาด 2-3 ครั้ง ก่อนบดและนำมาล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาดอีกครั้ง จากนั้นนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เพราะไม่ทำให้โครงสร้างและองค์ประกอบภายในของตัวดูดซับสูญเสียไป โดยอบเป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อเอาน้ำออกจากผลฝ้ายและไมยราบยักษ์ให้หมดแล้วนำมาบดด้วยเครื่องบด (waring commercial laboratory blender) ให้ละเอียดและวัดขนาดด้วยเครื่องวัดขนาด (test sieve for precise analysis) ให้มีขนาดอนุภาคอยู่ที่ 1.70 มิลลิเมตร ทำการเก็บในที่แห้งและสะอาด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความชื้น และอะลูมิเนียมไตรออกไซด์ (Al_2O_3) (AR grade, Merck, Germany) ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบมาตรฐาน โดยเป็นตัวดูดซับประเภทอนินทรีย์ที่มีลักษณะรูพรุน มีพื้นที่ผิว 100-200 ตารางเมตรต่อกรัม โดยผิวของอะลูมิเนียมไตรออกไซด์มีความเป็นขี้ผึ้งที่แรงกว่าซิลิกาเจล จึงนิยมนำมาใช้เป็นตัวดูดซับและดูดความชื้น

2. การหาค่าการเข้าสู่สมดุล (equilibrium) ของสารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI)

นำสารละลายโครเมียม (VI) มาตรฐาน ($K_2Cr_2O_7$) (AR grade, Fluka, Switzerland) ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ที่มีตัวดูดซับแต่ละชนิด หนัก 1.00 กรัม คนสารละลายที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) โดยใช้เวลาในการดูดซับ 60 นาที แล้วนำไปตกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 และนำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์โครเมียม (VI) ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบ



ซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (AAS) (model AA-6501, Shimadzu, Japan) ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง หาปริมาณการดูดซับที่เกิดขึ้น และทำการทดลองเช่นเดิม แต่เปลี่ยนเวลาในการดูดซับเป็น 120, 180, 240, 300, 360, 420, 480, 540, 600, 660 และ 720 นาที

3. การหาสถานะที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับสารละลายโครเมียม (VI)

ชั่งตัวดูดซับแต่ละชนิด หนัก 1.00 กรัม แล้วนำสารละลายโครเมียม (VI) มาตรฐาน ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 20 มิลลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ที่มีตัวดูดซับแต่ละชนิด คนสารละลายที่อุณหภูมิ 25, 30 (อุณหภูมิห้อง) และ 40 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการคนสารละลาย เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปตกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 และนำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์โครเมียม (VI) ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (AAS) ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง หาปริมาณการดูดซับที่เกิดขึ้น และทำการทดลองเช่นเดิม แต่เปลี่ยนเวลาในการดูดซับเป็น 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที

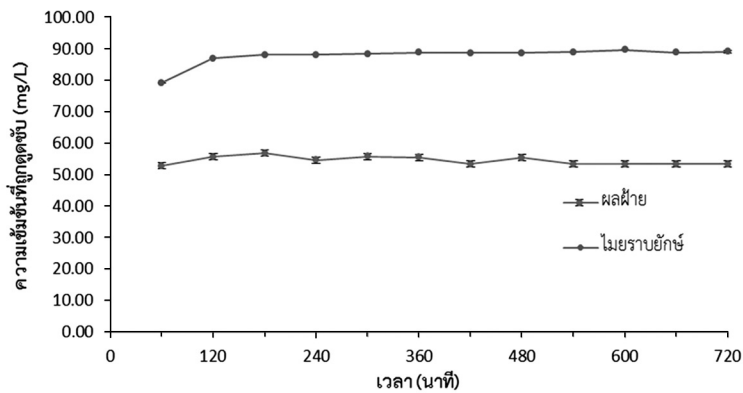
4. การสร้างไอโซเทอมการดูดซับ (adsorption isotherm)

เตรียมสารละลายโครเมียม (VI) มาตรฐาน ความเข้มข้น 10, 25, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยแต่ละความเข้มข้น ใช้ปริมาตร 20 มิลลิตร เติลงในบีกเกอร์ที่มีตัวดูดซับแต่ละชนิด หนัก 1.00 กรัม คนสารละลายที่อุณหภูมิและเวลาที่ เหมาะสม ที่ได้จากการทดลองข้างต้น ดังนี้ คือ สถานะที่เหมาะสมในการดูดซับโครเมียม (VI) โดยใช้ผลฝ้ายและไมยราบยักษ์คือ เวลา 120 นาที และอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แล้วนำไปตกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 และนำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์โครเมียม (VI) ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (AAS) ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง

ผลการวิจัย

1. การหาค่าการเข้าสู่สมดุล (equilibrium) ของสารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI)

การหาค่าการเข้าสู่สมดุลของสารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร บนตัวดูดซับของผลฝ้ายและไมยราบยักษ์ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) โดยใช้เวลาในการดูดซับ 60, 120, 180, 240, 300, 360, 420, 480, 540, 600, 660 และ 720 นาที ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 1 พบว่าไมยราบยักษ์ที่เวลา 60 นาที สามารถดูดซับโครเมียม (VI) ได้ 79.21 มิลลิกรัมต่อลิตร และจะเริ่มเข้าสู่สมดุล ที่เวลา 120 นาที โดยสามารถดูดซับโครเมียม (VI) ได้ 87.10 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่าจากการทดลอง ผลฝ้ายมีเวลาการเข้าสู่สมดุลใกล้เคียงกัน โดยสามารถดูดซับโครเมียม (VI) ในช่วงความเข้มข้น 52.85-56.85 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่าผลฝ้ายมีประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียม (VI) ที่ต่ำกว่าไมยราบยักษ์ โดยทั่วไปความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้นตามเวลาจนถึงเวลาที่ระบบเข้าสู่จุดสมดุล ซึ่งเป็นเวลาที่อัตราการดูดซับเท่ากับอัตราการหลุดออก ค่าความสามารถในการดูดซับจะมีค่ามากที่สุด จากนั้นจะมีค่าคงที่เมื่อใช้เวลาเพิ่มขึ้น

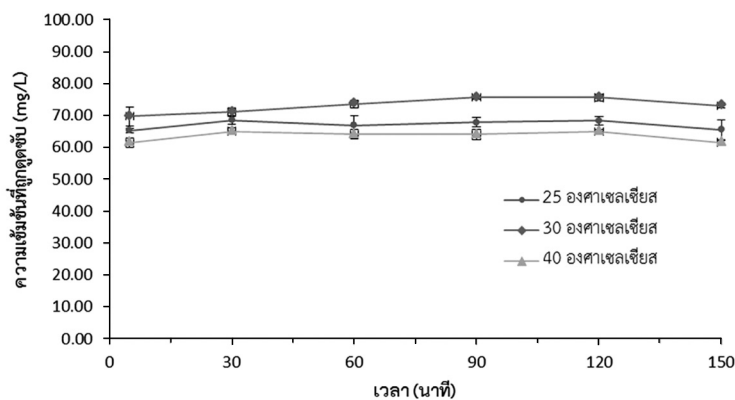


ภาพที่ 1 การเข้าสู่สมดุล (equilibrium) ของสารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) บนตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ

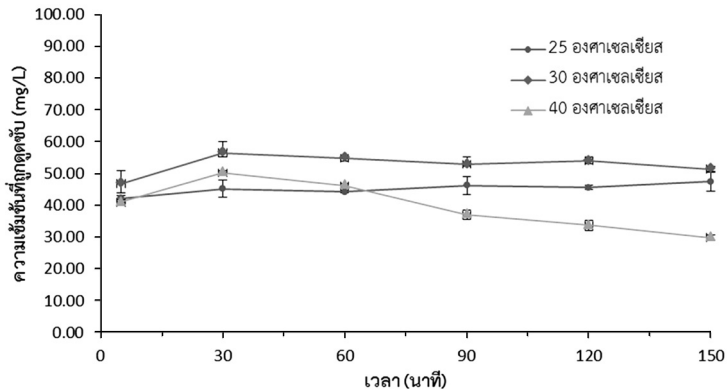
2. การหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับสารละลายโครเมียม

การดูดซับเป็นกระบวนการที่สารดูดซับได้ตั้งโมเลกุลที่อยู่ในของเหลวให้มาเกาะจับและติดบนผิวของสารดูดซับ ซึ่งเป็นการเคลื่อนย้ายสารจากของเหลวมายังผิวของแข็งซึ่งมีผิวเป็นที่เกาะจับ เรียกส่วนของแข็งนี้ว่าตัวดูดซับ (adsorbent) ส่วนโมเลกุลที่เคลื่อนที่เข้ามาเรียกว่า ตัวถูกดูดซับ (adsorbate) ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ คือ ความดันหรือความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับ อุณหภูมิ ชนิดของสารถูกดูดซับและสารดูดซับ ในการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับสารละลายโครเมียม (VI) มาตรฐาน ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่มีตัวดูดซับของผลฝ้ายและไมยราบยักษ์ คนสารละลายที่อุณหภูมิ 25, 30 (อุณหภูมิห้อง) และ 40 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการดูดซับ คือ 5, 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 2

และ 3 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับโครเมียม (VI) ของตัวดูดซับทั้งผลฝ้ายและไมยราบยักษ์ คือ ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) และใช้เวลาในการดูดซับ 120 นาที โดยความสามารถในการดูดซับจะแปรผันตามปริมาณของตัวดูดซับ เนื่องจากเมื่อปริมาณของตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ตำแหน่งที่ทำให้โมเลกุลที่ถูกดูดซับเข้าได้จะเพิ่มมากขึ้นด้วย ทั้งนี้การทดลองจึงกำหนดปริมาณของตัวดูดซับไว้ที่ 1.00 กรัม ดังนั้นตัวแปรที่มีผลต่อการทดลองนี้ คือ อุณหภูมิ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับ เนื่องจากกระบวนการดูดซับส่วนใหญ่เป็นกระบวนการคายความร้อน ดังนั้นความสามารถในการดูดซับจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทั้งนี้จากการทดลองที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) มีค่าความสามารถในการดูดซับโครเมียม (VI) ได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อาจเป็นเพราะที่อุณหภูมิต่ำทำให้ความสามารถในการดึงดูดไอออนน้อยลง



ภาพที่ 2 การหาสภาวะที่เหมาะสมของการดูดซับโครเมียม (VI) ด้วยไมยราบยักษ์

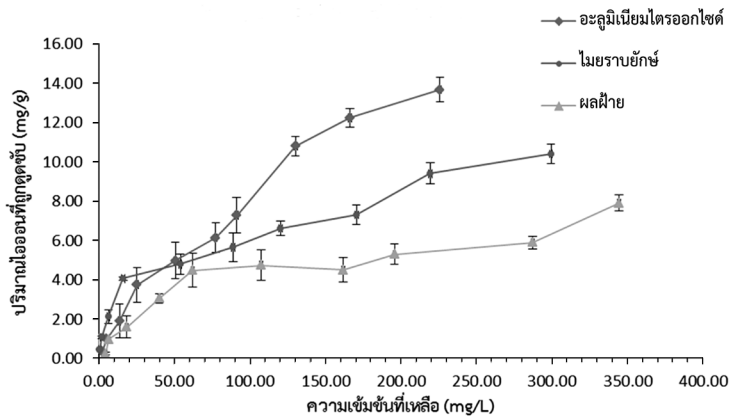


ภาพที่ 3 การหาสภาวะที่เหมาะสมของการดูดซับโครเมียม (VI) ด้วยผลฝ้าย

3. ไอโซเทอมการดูดซับ (adsorption isotherm)

ไอโซเทอมการดูดซับเป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมเลกุลที่ถูกดูดซับต่อกรัมของตัวดูดซับกับความเข้มข้นของสารละลายที่สมดุลที่อุณหภูมิคงที่ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียม (VI) โดยใช้ตัวดูดซับแตกต่างกัน ได้แก่ ไมยราบยักษ์และผล

ฝ้าย ในงานวิจัยนี้ใช้สารละลายอะลูมิเนียมไตรออกไซด์ (อะลูมินาออกไซด์) เป็นตัวเปรียบเทียบมาตรฐาน ซึ่งผิวของอะลูมินาออกไซด์จะมีความมีขี้ที่แรง ทำให้แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลแข็งแรงขึ้น ดังนั้นจึงมีค่าการดูดซับมากที่สุดเมื่อเทียบกับไมยราบยักษ์และผลฝ้าย ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การหาค่า adsorption isotherm ของอะลูมิเนียมไตรออกไซด์ (Al₂O₃) ไมยราบยักษ์ และผลฝ้าย

จากลักษณะของไอโซเทอมภาพที่ 4 คล้ายกับ ไอโซเทอมของการดูดซับแบบชั้นเดียว (monolayer adsorption) หรือเรียกว่าแบบแลงเมียร์ (Langmuir model) เป็นการดูดซับของสารที่ไม่มีควมมีรูพรุน หรือมีรูพรุนขนาดเล็กเป็นจำนวนมาก พบทั้งในการดูดซับทางเคมี และการดูดซับทางกายภาพ ซึ่งปริมาณการดูดซับจะเพิ่มขึ้น

อย่างรวดเร็ว และมีจุดอิ่มตัวที่แน่นอน [27] เมื่อนำผลการทดลองมาทำการสร้างไอโซเทอมการดูดซับตามสมการแลงเมียร์ (Langmuir adsorption isotherm) สามารถคำนวณหาค่าคงที่สมดุลของการดูดซับโครเมียม (VI) ได้ จากสมการไอโซเทอมของการดูดซับ ดังแสดงในสมการ (1)



$$\frac{C_e}{X} = \frac{C_e}{X_m} + \frac{1}{KX_m} \quad (1)$$

- แทน C_e = ความเข้มข้นของโครเมียม (VI) ที่เหลือหลังจากการดูดซับ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
 X = ปริมาณสารที่ถูกดูดซับต่อปริมาณตัวดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัม)
 X_m = ค่าการดูดซับสูงสุด (มิลลิกรัมต่อกรัม)
 K = ค่าคงที่สมดุลของการดูดซับ (ลิตรต่อมิลลิกรัม)

เมื่อทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{C_e}{X}$ และ C_e จะได้กราฟเส้นตรง สามารถหาค่าคงที่สมดุลของการดูดซับ (K) จากจุดตัดบนแกน Y ของการดูดซับโครเมียม (VI) ด้วยไอโซเทอรัลและผลฝ้าย เปรียบเทียบกับอะลูมิเนียมไตรออกไซด์ ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับภาพที่ 4

ตารางที่ 1 ค่าคงที่สมดุลของการดูดซับโครเมียม (VI) ด้วยอะลูมิเนียมไตรออกไซด์ (Al_2O_3) ไมยราบยักซ์ และผลฝ้าย

ชนิดตัวดูดซับ	ค่าคงที่สมดุลของการดูดซับ (ลิตรต่อมิลลิกรัม)
อะลูมิเนียมไตรออกไซด์	0.2981
ไมยราบยักซ์	0.2102
ผลฝ้าย	0.1782

การคำนวณหาประสิทธิภาพการดูดซับโครเมียม (VI) ของวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ไมยราบยักซ์และผลฝ้าย เปรียบเทียบกับอะลูมิเนียมไตรออกไซด์ สามารถคำนวณจากสมการ (2) และจากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าไมยราบยักซ์มีประสิทธิภาพการดูดซับโครเมียม (VI) มากกว่าผลฝ้าย

$$\text{ประสิทธิภาพการดูดซับ} = \frac{\text{ปริมาณสารที่ถูกดูดซับด้วยวัสดุธรรมชาติ}}{\text{ปริมาณสารที่ถูกดูดซับด้วย } Al_2O_3} \times 100 \quad (2)$$

ตารางที่ 2 ค่าประสิทธิภาพการดูดซับโครเมียม (VI) ของวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ไมยราบยักซ์และผลฝ้าย

วัสดุธรรมชาติ	ประสิทธิภาพการดูดซับโครเมียม (VI)
ไมยราบยักซ์	96.15
ผลฝ้าย	85.11

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาการดูดซับโครเมียม (VI) ด้วยผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ คือ ไมยราบยักซ์และผลฝ้าย พบว่าสถานะที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับโครเมียม (VI) คือ ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) และใช้เวลาในการดูดซับ 120 นาที มีประสิทธิภาพการดูดซับโครเมียม (VI) คิดเป็นร้อยละ 96.15 และ 85.11 ตามลำดับ และจากการศึกษา adsorption

isotherm เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับโครเมียม (VI) โดยใช้อะลูมิเนียมไตรออกไซด์เป็นตัวเปรียบเทียบมาตรฐาน และมีการคำนวณหาค่าคงที่สมดุลของการดูดซับ ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงพลังงานยึดเหนี่ยวสัมพัทธ์ (relative binding energies) ตามหลักของ Langmuir model โดยถ้ามีค่าคงที่สมดุลต่ำกว่าจะมีพลังงานยึดเหนี่ยวที่สูงกว่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบภายในของวัสดุธรรมชาติแต่ละชนิด



[28] พบว่าอะลูมิเนียมไดรอกไซด์ ไมยราบยักษ์ และผลฝ้าย มีค่าคงที่สมดุลของการดูดซับโครเมียม (VI) เท่ากับ 0.2981, 0.2102 และ 0.1782 ตามลำดับ และจากการศึกษาเป็นกระบวนการดูดซับทางกายภาพ ซึ่งจะมีแรงที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ประเภท คือ แรงแวนเดอร์วาลส์ ซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่อ่อนเข้าใกล้กันจนเกิดประจุเหนี่ยวนำชั่วขณะและแรงทางไฟฟ้าสถิต โดยการดูดซับทางกายภาพขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ธรรมชาติของตัวดูดซับและโมเลกุลที่ถูกดูดซับ ปริมาณของตัวดูดซับ และอุณหภูมิของระบบ แรงแกระทำระหว่างโมเลกุลที่ถูกดูดซับกับผิวของตัวดูดซับ ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับทฤษฎีนี้ จากงานวิจัยนี้ การนำไมยราบยักษ์ซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติที่หาได้ง่าย ที่เหลือใช้ และมีราคาถูกไปทำการดูดซับโครเมียม (VI) จากแหล่งน้ำทิ้งก่อนลงสู่ธรรมชาติ จะสามารถทำให้ลดปริมาณน้ำเสียได้บางส่วน และควรเลือกศึกษาวัสดุธรรมชาติอื่นเพิ่มเติม เช่น เปลือกถั่วลิสง หรือซีเลื่อย เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- Mohan D, Pittman CU. Jr. Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of tri- and hexavalent chromium from water. *J Hazard Mater* 2006;137(2):762-811.
- Maher AJ, Malek A, Safa S. Treating leather tanning wastewater with stone cutting solid waste. *Clean-Soil Air Water* 2012;40(2):206-10.
- Hadjmohammadi M, Salary M, Biparva P. Removal of Cr (VI) from aqueous solution using pine needles powder as a biosorbent. *J Appl Sci Environ Sanit* 2011;6:1-13.
- จิระฉัตร ศรีแสน. ผลกระทบของโครเมียมและสารประกอบโครเมียมต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ* 2555;60(189):10-2.
- Kurniawan TA, Chan GYS, Lo WH, Babel S. Physico-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metal. *Chem Eng J* 2006;118(1-2):83-98.
- Mohan D, Rajput S, Singh VK, Steele PH, Pittman CU Jr. Modeling and evaluation of chromium remediation from water using low cost bio-char, a green adsorbent. *J Hazard Mater* 2011;188(1-3):319-33.
- Rengaraj S, Yeon KH, Moon SH. Removal of chromium from water and wastewater by ion exchange resins. *J Hazard Mater* 2001;87:273-87.
- Rivero MJ, Primo O, Ortiz MI. Modelling of Cr(VI) removal from polluted groundwater by ion exchange. *J Chem Technol Biotechnol* 2004;79:822-9.
- Sergio AM, Miriam GR. Dynamical modeling of the electrochemical process to remove Cr(VI) from wastewater in a tubular reactor. *J Chem Technol Biotechnol* 2007;82:582-7.
- Vivek NN, Ganesan M. Use of adsorption using granular activated carbon (GAC) for the enhancement of removal of chromium from synthetic wastewater by electrocoagulation. *J Hazard Mater* 2009;161:575-80.
- Noirod P, Lamangthong J, Ninjjaranai P. Application of chitosan film for the removal of triclosan from aqueous solutions by adsorption. *Key Eng Mat* 2016;675-676:455-8.
- Mittal A, Krishnan L, Gupta VK. Removal and recovery of malachite green from wastewater using an agricultural waste material, de-oiled soya. *Sep Purif Technol* 2005;43:125-33.
- Levankumar L, Muthukumar V, Gobinat MB. Batch adsorption and kinetics of chromium (VI) removal from aqueous solutions by *Ocimum americanum* L. seed pods. *J Hazard Mater* 2009;161:709-13.



14. Hyder AHMG, Begum SA, Egiebor NO. Adsorption isotherm and kinetic studies of hexavalent chromium removal from aqueous solution onto bone char. *J Environ Eng* 2015;3:1329-36.
15. Dilek D, Andrzej WT, Ulker B. Kinetics and thermodynamics of hexavalent chromium adsorption onto activated carbon derived from acrylonitrile-divinylbenzene copolymer. *Chem Eng J* 2012;187:193-202.
16. Mohan D, Singh KP, Singh VK. Trivalent chromium removal from wastewater using low cost activated carbon derived from agricultural waste material and activated carbon fabric cloth. *J Hazard Mater* 2006;135(1-3):280-95.
17. Demiral H, Demiral I, Tumsek F, Karabacakoglu B. Adsorption of chromium (VI) from aqueous solution by activated carbon derived from olive bagasse and applicability of different adsorption models. *Chem Eng J* 2008;144:188-96.
18. Jing GH, Zhou ZM, Song L, Dong MX. Ultrasound enhanced adsorption and desorption of chromium (VI) on activated carbon and polymeric resin. *Desalination* 2011;279:423-7.
19. Granados-Correa F, Jimenez-Becerril J. Chromium (VI) adsorption on boehmite. *J Hazard Mater* 2009;106:1178-84.
20. Shen F, Su J, Zhang X, Zhang K, Qi X. Chitosan-derived carbonaceous material for highly efficient adsorption of chromium (VI) from aqueous solution. *Int J Biol Macromol* 2016;91:443-9.
21. Jirapat A, Puangrat K. Enhancement of chromium removal efficiency on adsorption and photocatalytic reduction using a biocatalyst, titania-impregnated chitosan/xylan hybrid film. *J Clean Prod* 2016;130:126-36.
22. Kahu SS, Shekhawat A, Saravanan D, Jugade RM. Two fold modified chitosan for enhanced adsorption of hexavalent chromium from simulated wastewater and industrial effluents. *Carbohydr Polym* 2016;146:264-73.
23. Husnain A, Qazi IA, Khaliq W, Arshad M. Immobilization in cement mortar of chromium removed from water using titania nanoparticles. *J Environ Manage* 2016;172:10-7.
24. Ahmad BA, Chirangano M, Alaa HAM, Gavin MW, Stephen JA, Mohammad NMA. Kinetic and thermodynamics of chromium ions adsorption onto low-cost dolomite adsorbent. *Chem Eng J* 2012;179:193-202.
25. Runhu Z, Bo W, Hongzhu M. Studies on chromium (VI) adsorption on sulfonated lignite. *Desalination* 2010;255:61-6.
26. Vu HC, Dwivedi AD, Le TT, Seo SH, Kim EJ, Chang YS. Magnetite graphene oxide encapsulated in alginate beads for enhanced adsorption of Cr(VI) and As(V) from aqueous solutions: role of crosslinking metal cations in pH control. *Chem Eng J* 2017;307:220-9.
27. เสาวภา ไวยสุศรี. การกำจัดฟอสเฟตในน้ำเสียโดยการดูดซับด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกไข่ไก่. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ* 2559;26(3):475-86.
28. วิลาวัลย์ มั่นคง, เกศรา บางสารี. การดูดซับโลหะออลอนด้วยตัวดูดซับธรรมชาติ. *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี, บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก; 2543.*