การกำจัดสีย้อมเมทิลีนบลูโดยใช้หญ้ารูซี่เป็นวัสดุดูดซับ

ภราดร จันทร์มีชัย[1], จันทิมา ภาคภูลภัย[1], ตฤณ ปฐมนิธิภิญโญ[2], วราภรณ์ โสประดิษฐ[2] และ อดิศักดิ์ จตุรพิรีย์[1,2*]

[1]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[2]ศูนย์วิจัยวัสดุธรรมชาติและผลิตภัณฑ์จากวัสดุธรรมชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
* adisak@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความงานวิจัยนี้เป็นการนำหญ้ารูซี่มาเป็นตัวดูดซับในการกำจัดสีย้อมเมทิลีนบลู โดยในงานวิจัยนี้จะศึกษาผลของปัจจัยในกระบวนการดูดซับ ได้แก่ เวลาในการดูดซับ ความเป็นกรด-เบสของสารละลายสีย้อม และปริมาณตัวดูดซับ จากผลการศึกษาพบว่า เวลาที่สมดุลในการดูดซับจะเกิดภายใน 6 ชั่วโมง pH ของสารละลายสีย้อมที่เหมาะสมควรมากกว่า 6 ปริมาณตัวดูดซับ 0.5 กรัม นอกจากนี้ยังพบว่าไอโซเทอมของการดูดซับสีย้อมนี้สอดคล้องกับไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ที่มีค่าการดูดซับสูงสุดเท่ากับ 14.01 มิลลิกรัมต่อกรัม ส่วนจลน์พลศาสตร์สอดคล้องกับอันดับสองเทียมแสดงว่าหญ้ารูซี่นี้สามารถประยุกต์ใช้เป็นตัวดูดซับสีย้อมในน้ำทิ้งได้

คำสำคัญ: การดูดซับ การกำจัดสีย้อม หญ้ารูซี่ สีย้อมเมทิลีนบลู

The Removal of Methylene Blue Dye by Using Ruzi Grass as a Adsorbent Material

Paradorn Kaewmeechai[1], Juntima Pakpoolpuy[1], Trin Pathomnithipinyo[2], Waraporn Sophadit[2] and Adisak Jaturapiree[1,2]*

[1] Department of chemistry, Faculty of science and technology, Nakhon Pathom Rajabhat University.
[2] Research Center of Natural Materials and Natural Products, Nakhon Pathom Rajabhat University,
* adisak@webmail.npru.ac.th

Abstract

In the research, the Ruzi grass *(Brachiaria ruziziensis)* was used as an adsorbent for methylene blue dye removal. The effects of adsorption parameter such as adsorption time, acid-base of dye solution and adsorbent dose were investigated. It was found that adsorption equilibrium state was completed within 6 hours. The suitable pH, adsorbent dosage and adsorption temperature were higher than 6, and 0.5 g, respectively. In addition, the adsorption isotherm of the dye fitted well with the Langmuir model with the maximum adsorption capacity of 14.01 mg/g and the adsorption kinetics study showed that the adsorption of dye onto the adsorbent could be best described by the pseudo second-order model. The overall result demonstrating that *Ruzi grass* might be applied for a good adsorbent for dyes from wastewater.

Keywords: adsorption, dye removal, Ruzi grass , methylene blue dye.

1. บทนำ

ในปัจจุบันการย้อมผ้าในอุตสาหกรรมเพื่อให้ได้ผ้าสีสวยงาม จะใช้สีและสารเคมีจำนวนมาก โดยเมื่อผ้าผ่านกระบวนการฟอกย้อมจะมีสีและสารเคมีเพียงปริมาณน้อยที่จะเข้าสู่เนื้อผ้า และส่วนที่เหลือจะถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งก่อให้เกิดน้ำเสียอันจะเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ [1] สีเมทิลีนบลูเป็นสีเบสิค (basic dyes) นิยมใช้กันมากที่สุดในกระบวนการย้อมสีเนื่องจากย้อมง่าย ราคาถูก ให้สีสม่ำเสมอ วิธีการบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันมีหลายวิธี อาทิ การใช้กระบวนการทางชีวภาพในการย่อยสลาย (biodegradation) การตกตะกอนทางเคมี (chemical precipitation) การใช้กระบวนการทางกายภาพ (physical treatment) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามวิธีการเหล่านี้จะมีข้อด้อยในเรื่องของค่าใช้จ่ายที่จะมีการลงทุนสูง จะใช้เวลาในการกำจัดนาน และต้องใช้แหล่งพลังงานมาก กระบวนการดูดซับด้วยวัสดุดูดซับ (absorption) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูง ใช้สารเคมีน้อยมากหรืออาจจะไม่ใช้เลย ค่าใช้จ่ายน้อย และใช้เวลาไม่นาน การดูดซับจะเป็นการนำพืชธรรมชาติเช่น อ้อย ฟางข้าว เส้นใยมะพร้าว มาเป็นตัวดูดซับ ในงานวิจัยนี้จะนำหญ้ารูซี่เป็นพืชธรรมชาติที่น่าสนใจมาทดลองเป็นตัวดูดซับ เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่ายนิยมปลูกกันมากในปัจจุบัน มีราคาถูกใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์ เช่น วัว ม้า เป็นต้น โดยจะมีการศึกษาปัจจัยต่างที่ผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับได้แก่ เวลาและปริมาณของตัวดูดซับ ความเข้มข้นและความเป็นกรด-ด่างของสารละลายสีย้อม

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำหญ้ารูซี่มาดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลู

3. วิธีการวิจัย

3.1 การเตรียมวัสดุดูดซับ

นำหญ้ารูซี่มาล้างด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้งจนสะอาดแล้วนำไปตากแดดจนแห้ง แล้วนำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 °C จนน้ำหนักคงที่ นำมาปั่นด้วยเครื่องบดผงเพื่อลดขนาดของตัวดูดซับ คัดขนาดด้วยตะแกรงร่อนขนาดโดยจะใช้ขนาด 0.5 ไมโครกรัม จากนั้นนำหญ้ารูซี่ที่ได้ขนาดตามต้องการไปต้มที่อุณหภูมิ 100 °C จนสีของหญ้ารูซี่หมด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C 4 ชั่วโมง จากนั้นนำหญ้ารูซี่ที่ได้ไปเก็บในโถดูดความชื้นเพื่อนำไปใช้เป็นวัสดุดูดซับภายหลัง

3.2 การเตรียมน้ำสีย้อม

เตรียมสารละลายสีย้อมความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยชั่งสีย้อมด้วยเครื่องชั่งละเอียดหนัก 1 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น เทใส่ขวดวัดปริมาตร ขนาด 1000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร เทเก็บในขวดสีชา หลังจากนั้นเตรียมสารละลายสีย้อมให้มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร นำไปสแกนหาความยาวคลื่นที่ให้การดูดกลืนสูงสุด(λ_{max}) ในช่วงความยาวคลื่น 200-1000 nm ด้วยเครื่อง UV-visible Spectrophotometer

3.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับสีย้อม

3.3.1 การศึกษาผลของเวลาและความเข้มข้นต่อการดูดซับ

นำวัสดุดูดซับ 0.5 กรัม แช่ในสารละลายสีย้อมที่ความเข้มข้น 20 ถึง 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ปิดปากขวดรูปชมพู่ด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์เพื่อป้องกันการระเหยตั้งทิ้งไว้ที่เวลาต่างๆ ตั้งแต่ 1- 24 ชั่วโมง นำมากรอง

เพื่อแยกตัวดูดซับกับสารละลายออกจากกันหลังจากนั้นนำสารละลายไปเหวี่ยงแยกตะกอน ด้วยความเร็ว 3000 รอบ เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใสมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุดของสีย้อม จากนั้นนำมาคำนวณค่า เปอร์เซ็นต์ดูดซับสี (% dye sorbed) และ ค่าความสามารถในการดูดซับ (q_e) ตามสมการที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

$$\% \ dye \ sorbed = \frac{C_i - C_e}{C_i} x \ 100 \quad (1)$$

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

โดยที่

C_i คือ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสีย้อมเมทิลีนบลู (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C_e คือ ความเข้มข้นหลังการดูดซับของสารละลายสีย้อมเมทิลีนบลู (มิลลิกรัมต่อลิตร)

q_e คือ ความสามารถในการดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัม)

V คือ ปริมาตรของสารละลายสีย้อมเมทิลีนบลู (มิลลิลิตร)

W คือ น้ำหนักของตัวดูดซับ (กรัม)

3.3.2 การศึกษาผลของปริมาณตัวดูดซับต่อการดูดซับสีย้อม

ทำเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.3.1 แต่จะมีการปรับปริมาณหญ้ารูซี่ตั้งแต่ 0.25-1.25 กรัม ในสารละลายสีย้อม 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้เวลาในการดูดซับ 6 ชั่วโมง

3.3.3 การศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างต่อการดูดซับสีย้อม

ทำเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.3.1 แต่จะมีการปรับค่าพีเอชของสารละลายสีย้อมด้วย 1 M NaOH และ 1 M HCl ให้สารละลายมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ตั้งแต่ 2 ถึง 12 ใช้เวลาในการดูดซับ 6 ชั่วโมง

3.4 ศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับ

ทำเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.3.1 แต่จะมีการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารเมทิลีนบลู เป็น 20 - 100 mg/L ใช้เวลาในการดูดซับ 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำค่า q_e และ C_e มาพลอตกราฟตามสมการเส้นตรงของแลงเมียร์ และฟรุนดิช ตามสมการที่ 3 และ 4 ตามลำดับ เพื่อหาค่าต่างๆจากสมการ

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

$$\log q_e = \log k_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (4)$$

โดยที่

q_e คือ ความสามารถในการดูดซับที่สภาวะสมดุล(มิลลิกรัมต่อกรัม)
q_m คือ ความสามารถของการดูดซับสูงสุด (มิลลิกรัมต่อกรัม)
K_L คือ ค่าคงที่สมดุลของแลงเมียร์ (ลิตรต่อมิลลิกรัม)
C_e คือ ความเข้มข้นสมดุลของสีย้อม (มิลลิกรัมต่อลิตร)
k_f คือ ค่าคงที่สมดุลของฟรุนดิช (มิลลิกรัมต่อกรัม)
n คือ ค่าคงที่ของฟรุนดิช

3.5 ศึกษาจลนพลศาสตร์การดูดซับ

ทำเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.3.1 แต่จะใช้เวลาในการดูดซับสารละลายสีย้อมที่ความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตรตั้งแต่ 1-6 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำค่า q_t มาพลอตกราฟตามสมการเส้นตรงของจลนพลศาสตร์อันดับหนึ่งและอันดับสองเทียม ตามสมการที่ 5 และ 6 ตามลำดับ เพื่อหาค่าต่าง ๆ จากสมการ

$$ln\left(q_e - q_t\right) = ln\, q_e - k_1\, t \tag{5}$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_{s2} q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \tag{6}$$

โดยที่

q คือ ความสามารถในการดูดซับสีย้อมในสภาวะสมดุล(มิลลิกรัมต่อกรัม)
q_t คือ ความสามารถในการดูดซับสีย้อมที่เวลาต่างๆ(มิลลิกรัมต่อกรัม)
k_1 คือ ค่าคงที่อัตราเร็วของปฏิกิริยาอันดับที่หนึ่งเทียม(นาที$^{-1}$)
k_2 คือ ค่าคงที่อัตราเร็วของปฏิกิริยาอันดับที่สองเทียม(กรัมต่อมิลลิกรัม-นาที)
t คือ เวลาที่ใช้ในการดูดซับ (นาที)

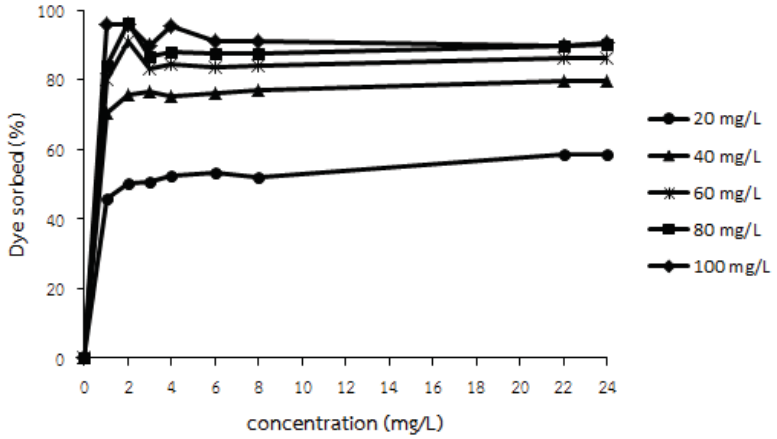
4. ผลการวิจัย

ในการงานวิจัยนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นการหาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับ โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ เวลาในการดูดซับ ปริมาณตัวดูดซับ ความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย ส่วนที่สองจะเป็นการศึกษากลไกในการดูดซับ ได้แก่ การศึกษาไอโซเทอมการดูดซับ จลนพลศาสตร์การดูดซับ

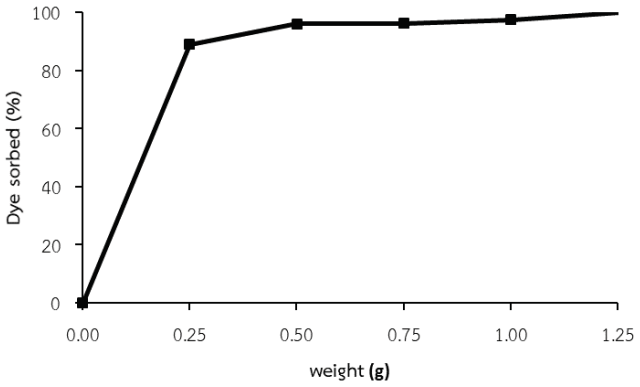
4.1 สภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับ

4.1.1 ผลของเวลาและความเข้มข้นที่มีต่อการดูดซับ

การทดลองเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อมเมททิลีนบลูโดยใช้หญ้ารูซี่ 1 กรัม ต่อ สารละลายเมททิลีนบลู 50 มิลลิลิตร โดยใช้ความเข้มข้นในการดูดซับ ที่ 20 , 40 , 60 , 80 และ 100 mg/L โดยเขย่าที่เวลาต่างๆตั้งแต่เวลา 0-24 ชั่วโมง ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 1 จากผลการทดลองพบว่า สารละลายสีย้อมในทุกความเข้มข้นจะให้พฤติกรรมที่เหมือนกันคือ ในช่วงแรก % การดูดซับสี (% dye sorbed) จะไม่มากนักแต่จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามเวลา หลังจากนั้นจะคงที่ โดยทั้งสองความเข้มข้นมีเวลาที่คงที่หรือเวลาที่สมดุลประมาณ 6 ชั่วโมง การดูดซับนั้นอธิบายได้ว่า ในช่วงแรกโมเลกุลของสีย้อมจะต้องใช้เวลาในการแพร่เข้าหาตัวดูดซับซึ่งในที่นี้คือหญ้ารูซี่ หลังจากนั้นสีย้อมก็จะเกาะติดกับตัวดูดซับไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งไม่สามารถเกาะติดได้อีก ค่าการดูดซับจึงคงที่และเข้าสู่สมดุล นอกจากนี้สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงจะมีค่าการดูดซับสูงกว่าความเข้มข้นที่ต่ำกว่า เนื่องจากมีปริมาณของสีมากกว่า ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับหลายๆงานวิจัยใช้วัสดุธรรมชาติในการดูดซับ [2-4]



ภาพที่ 1 ผลของเวลาและความเข้มข้นที่มีต่อการดูดซับ



ภาพที่ 2 ผลของปริมาณตัวดูดซับที่มีต่อการดูดซับ

4.1.2 ผลของปริมาณตัวดูดซับที่มีต่อการดูดซับ

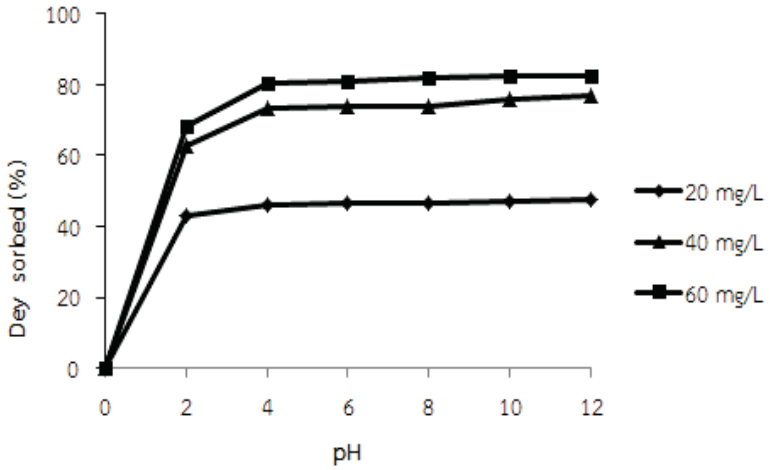
ผลการทดลองเพื่อหาปริมาณตัวดูดซับที่เหมาะสมในการดูดซับสารละลายเมททิลีนบลู โดยการนำหญ้ารูซี่ในปริมาณ 0.25 , 0.5 , 0.75 , 1 และ 1.25 กรัม แช่ในสารละลาย ที่ความเข้มข้น 100 mg/L เขย่าเป็นเวลา 6 ชั่วโมง(เวลาที่เหมาะสมจากตอนที่ 4.1.1) ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในช่วงแรกเมื่อปริมาณตัวดูดซับเพิ่มขึ้น % การดูดซับ หรือ % การกำจัดสีก็จะเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นถึงแม้จะเพิ่มปริมาณของตัวดูดซับ % การดูดซับก็จะคงที่ เนื่องจากในช่วงแรกเมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับ บริเวณที่ในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น แต่หลังจากนั้นจะคงที่เพราะปริมาณของสีย้อมมีคงที่ ดังนั้นเมื่อโมเลกุลของสีย้อมที่สามารถถูกดูดซับได้นั้นได้ถูกดูดซับไปหมดแล้วถึงแม้จะเพิ่มบริเวณในการดูดซับ ก็จะไม่ทำให้ % การกำจัดสีสูงขึ้น [5-6] ซึ่งจากกราฟพบว่าปริมาณตัวดูดซับที่มีการดูดซับที่คงที่จะต้องมีปริมาณมากกว่า 0.5 กรัม

4.1.3 ผลของความเป็นกรด-ด่างที่มีต่อการดูดซับ

การทดลองนี้ต้องการศึกษาผลของสภาวะความเป็นกรด – ด่างของสารละลายในการดูดซับ โดยใช้หญ้ารูซี่ 0.1 กรัม แช่ในสารละลายสีเมททิลีนบลูที่ความเข้มข้น 20 40 และ 60 มิลลิกรัมต่อลิตร สารละลายจะมีค่าความเป็นกรดด่างในช่วง 2-12 ดังแสดงในภาพที่ 3 จะเห็นว่า ค่าความเป็นกรดด่างที่เพิ่มขึ้น % การดูดซับก็จะเพิ่มขึ้นและจะคงที่ที่ pH 6 เนื่องจาก pH น้อย % การดูดซับจะน้อยเพราะสภาวะกรดจะมี H^+ ซึ่งมีขนาดเล็กจะเข้าไปจับกับหญ้ารูซี่ (ประจุลบ) นอกจากนี้ในสภาวะที่สารละลายเป็นกรดนี้ ผิวของตัวดูดซับที่เป็นสารธรรมชาติทีมีองค์ประกอบของเซลลูโลส ในที่นี้ได้แก่หญ้ารูซี่ จะมีประจุลบน้อย จากทั้งสองเหตุผลทำให้สีย้อมประจุบวก ซึ่งได้แก่ สีเมททิลีนบลูเกาะผิวของหญ้ารูซี่ได้น้อย ในขณะที่ค่า pH สูง จะอยู่ในสภาวะเบสจึงไม่มี H^+ มีประจุบวก ทำให้สีเมททิลีนบลูยึดเกาะกับหญ้ารูซี่ได้มากและผิวของตัวดูดซับเป็นประจุลบมาก ทำให้มีค่าการดูดซับที่เพิ่มขึ้น [3,7]

4.2 ศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับ

การศึกษาไฮโซเทอมเป็นการนำค่าที่ได้จากการทดลอง ซึ่งได้แก่ ค่า C_e และค่า q_e ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นเริ่มต้น (C_o) ตั้งแต่ 20 -100 มิลลิกรัมต่อลิตร มาพลอตกราฟตามสมการเส้นตรงของแลงเมียร์และฟรุนดิช (สมการ 3 และ4) หลังจากนั้นจะศึกษาการสอดคล้องของไอโซเทอมทั้งสองด้วยการคำนวณหาค่าสหสัมพันธ (R^2, linear regression square) ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งพบว่าผลการทดลองเหมาะสมกับไอโซเทอมการดูดซับแลงเมียร์ เนื่องจากสัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์ (R^2) ที่ได้จากไอโซเทอมนี้มีค่าใกล้เคียงหนึ่งมากกว่าแบบฟรุนดิชซึ่งแสดงให้เห็นว่าการดูดซับที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว [8]



ภาพที่ 3 ผลของความเป็นกรด-ด่างที่มีต่อการดูดซับ

ตารางที่ 1 ค่าคงที่จากสมการไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ และไอโซเทอมแบบฟรุนดิช

ไอโซเทอมแบบแลงเมียร์			ไอโซเทอมแบบฟรุนดิช		
q_m (mg/g)	K_l (L/mg)	R^2	K_f (mg/g)	n	R^2
14.01	0.0716	0.9866	0.0230	0.5685	0.9431

4.2 ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการดูดซับ

จลนพลศาสตร์การดูดซับสารละลายเมททิลีนบลู จะเป็นการศึกษาเวลาที่ใช้ในการดูดซับที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยจากการทดลองนี้จะนำค่า q_e และค่า q_t ซึ่งเป็นค่าประสิทธิการดูดซับที่สมดุลและที่เวลาตามลำดับ ที่ความเข้มข้นสารละลายสีย้อมเริ่มต้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ทำการศึกษาจลนพลศาสตร์การดูดซับ 2 สมการ คือ สมการอัตราเร็วปฏิกิริยาเทียมอันดับหนึ่ง (pseudo first order) และ สมการอัตราเร็วปฏิกิริยาเทียมอันดับสอง (pseudo second order) ผลการทดลองแสดงในตารางที่2 พบว่าการทดลองนี้สอดคล้องกับสมการจลนพลศาสตร์การดูดซับแบบอัตราเร็วปฏิกิริยาเทียมอันดับสอง เนื่องจากสัมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์ (R^2) ที่ได้จากไอโซเทอมนี้มีค่าใกล้เคียงหนึ่งมากกว่าแบบอัตราเร็วปฏิกิริยาเทียมอันดับหนึ่ง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการดูดซับที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นการดูดซับแบบเป็นกระบวนดูดซับทางเคมี [9-10]

ตารางที่ 2 ค่าคงที่จากสมการอัตราเร็วปฏิกิริยาเทียมอันดับหนึ่ง และ สมการอัตราเร็วปฏิกิริยาเทียมอันดับสอง

ปฏิกิริยาเทียมอันดับหนึ่ง			**ปฏิกิริยาเทียมอันดับสอง**		
q_e (mg/g)	k_1 (min^{-1})	R^2	q_e (mg/g)	k_2 (g/mg.min)	R^2
5.01	0.3716	0.7866	12.45	0.06	0.9954

5. สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยได้ศึกษาปัจจัยที่ผลต่อการนำหญ้ารูซี่มาดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลู ปัจจัยดังกล่าว ได้แก่ เวลาในการดูดซับ ความเข้มข้นเริ่มต้น ปริมาณตัวดูดซับ และความเป็นกรดด่างของสารละลาย ซึ่งจากการทดลองพบว่า เวลาที่เหมาะสมควรมากกว่า 6 ชั่วโมง สารละลายควรเป็นเบส และ ปริมาณตัวดูดซับควรเป็น 0.5 กรัม ส่วนกลไกการดูดซับน่าจะเป็นการดูดซับชั้นเดียวเนื่องจากพบว่าการดูดซับมีความโน้มเอียงที่จะเป็นแบบแลงเมียร์ และจากผลจลนพลศาสตร์ชี้ให้เห็นว่า การดูดซับมีส่วนเกี่ยวข้องกับการดูดซับทางเคมี จากผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า หญ้ารูซี่มีประสิทธิภาพที่สามารถใช้เป็นตัวดูดซับสีเมทิลีนบลูได้

6. ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้เป็นเพียงรายงานวิจัยเบื้องต้นจึงยังไม่ได้ศึกษากลไกในการดูดซับมากนัก ซึ่งหลังจากนี้เมื่อได้มีการศึกษากลไกการดูดซับมากพอจะทำให้เพิ่มปริมาณการดูดซับหญ้ารูซี่ได้ แต่อย่างไรก็ตาม จากรายงานเบื้องต้นนี้ชี้ให้เห็นว่าหญ้ารูซี่ดังกล่าวสามารถใช้เป็นวัสดุดูดซับสีในสารละลายได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมในการสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมในการสนับสนุนเครื่องมือในการวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Yang, M. (2011). A current global view of environmental and occupational cancers. **Journal of environmental science and health, Part C**. 29, 223-249.

[2] Doğan, M., Harun Abak, H. & Alkan, M. (2009). Adsorption of methylene blue onto hazelnut shell: Kinetics, mechanism and activation parameters. **Journal of Hazardous Materials**. 164,172–181.

[3] Bulut, Y. & H. Aydın. (2006). A kinetics and thermodynamics study of methylene blue adsorption on wheat shells. **Desalination**, 194, 259–267.

[4] Seoane, R., Santaeufemia S., Abalde J. & Torres, E. (2020). Efficient Removal of Methylene Blue Using Living Biomass of the Microalga Chlamydomonas moewusii: Kinetics and Equilibrium Studies. **International Journal of Environmental Research and Public Health.** 19, 2653-2668.

[5] Kumar, P. S., Abhinayaa, R. V., Lashmia, K. G., Arthia, V., Pavithraa, R., Sathyaselvabalab, V., Kiruphab, S. D., & Sivanesanb, S. (2011). Adsorption of methylene blue dye from aqueous solution by agricultural waste: Equilibrium, thermodynamics, kinetics, mechanism and process design. **Colloid Journal**, 73(5), 651–661.

[6] Amode, J.O., Santos, J.H., Alam, Z.M., Mirza A.H. & Mei, C.C. (2016). Adsorption of methylene blue from aqueous solution using untreated and treated (Metroxylon spp.) waste adsorbent: equilibrium and kinetics studies. **International Journal of Industrial Chemistry**. 7, 333–345.

[7] Mosoarca, G., Popa, S., Vancea C., Dan, M. & Boran, S. (2020). Removal of methylene blue from aqueous solutions using a new natural lignocellulosic adsorbent—Raspberry (Rubus idaeus) leaves powder. **Polymers** , 14, 1966-1982.

[8] Aksu., Z. (2005). Application of biosorption for the removal of organic pollutants: a review. **Process Biochemistry**, 40, 997–1026

[9] Ncibi, M.C., Mahjouba, B. & Seffen, M. (2007). Kinetic and equilibrium studies of methylene blue biosorption by Posidonia oceanica (L.) fibres. **Journal of Hazardous Materials**. 139B, 280–285.

[10] Vijayalakshmi, G., Ramkumar, B. & Mohan, S.C. (2019). Isotherm and kinetic studies of methylene blue adsorption using activated carbon prepared from teak wood waste biomass. **Journal of Applied Sciences**, 19, 827-836.