การกำจัดสีย้อมเมทิลีนบลู โดยใช้วัสดุดูดซับที่เตรียมจากสาหร่ายพุงชะโด

ดวงแก้ว แดงบุตร[1], อุดมศักดิ์ พรมจารี[1], ตฤณ ปฐมนิธิภิญโญ[2], และ อดิศักดิ์ จตุรพิรีย์[1,2*]

[1]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม
[2]ศูนย์วิจัยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัสดุชีวภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
*ผู้รับผิดชอบบทความ: adisak@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความงานวิจัยนี้เป็นการนำสาหร่ายพุงชะโดมาเป็นตัวดูดซับในการกำจัดสีย้อมเมทิลีนบลู โดยในงานวิจัยนี้จะศึกษาผลของปัจจัยในกระบวนการดูดซับได้แก่ เวลาในการดูดซับ ความเป็นกรด-เบสของสารละลาย ปริมาณตัวดูดซับ และอุณหภูมิในการดูดซับ จากผลการศึกษาพบว่า เวลาที่สมดุลในการดูดซับจะเกิดภายใน 7 ชั่วโมง pH ของสารละลายสีย้อมที่เหมาะสมควรมากกว่า 6 ปริมาณตัวดูดซับ 0.1 กรัม อุณหภูมิควรเป็น 50 $^{\circ}$C นอกจากนี้ยังพบว่าไอโซเทอมของการดูดซับสีย้อมนี้สอดคล้องกับไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ (R^2 = 0.983) แสดงว่าสาหร่ายพุงชะโดนี้สามารถประยุกต์ใช้เป็นตัวดูดซับสีย้อมในน้ำทิ้งได้

คำสำคัญ: การดูดซับ การกำจัดสีย้อม สาหร่ายพุงชะโด สีย้อมเมทิลีนบลู

The Removal of Methylene blue Dye by Using Adsorbent Material Prepared from *Ceratophyllum demersum L.*

Duangkaew Daengbut[1], Udomsak Promjari, Trin Pathomnithipinyo[1] and Adisak Jaturapiree[1,2]*

[1] Department of chemistry, Faculty of science and technology, Nakhon Pathom Rajabhat University. Nakhon Pathom.

[2] Research center of biomaterials and natural products, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom.

*corresponding author: adisak@webmail.npru.ac.th

Abstract

In the research, the *Ceratophyllum demersum L* was used as an adsorbent for methylene blue dye removal. The effects of adsorption parameter such as adsorption time, initial dye concentration, acid-base of solution and temperature during adsorption process were investigated. It was found that adsorption equilibrium state was completed within 7 hours. The suitable pH, adsorbent dosage and adsorption temperature were higher than 6, 0.1 g and 50 $^{\circ}$C, respectively. In addition, the adsorption isotherm of the dye fitted well with the Langmuir model (R^2 = 0.983), demonstrating that *Ceratophyllum demersum L* might be applied for a good adsorbent for dyes from wastewater.

Keywords: adsorption, dye removal, *Ceratophyllum demersum L*, methylene blue dye.

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อมเพิ่มมากขึ้น โดยวิธีในการย้อมผ้าเพื่อให้ได้ผ้าสีสวยงาม จะใช้สีและสารเคมีจำนวนมากโดยเมื่อผ้าผ่านกระบวนการฟอกย้อมจะมีสีและสารเคมีน้อยที่จะเข้าสู่เนื้อผ้า และส่วนที่เหลือจะถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งก่อให้เกิดน้ำเสียซึ่งจะเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ (Yang.,2011) สีเมทิลีนบลูเป็นสีเบสิค (basic Dyes) ใช้กันมากที่สุดในกระบวนการย้อมสี ส่วนสาหร่ายพุงชะโดจัดเป็นพืชมีดอก ใบเลี้ยงคู่ เป็นพรรณไม้น้ำที่มีราคาถูก นิยมนำมาปลูกประดับในตู้ หรือปลูกในอ่างน้ำ และมักขึ้นอยู่ในหนองบึง นาข้าว คลองชลประทาน ในงานวิจัยนี้จึงพยายามในการนำสาหร่ายพุงชะโดมาใช้ในการกำจัดสีย้อมเมทิลีนบลู โดยการเทคนิคการดูดซับเนื่องจากเทคนิคการดูดซับเป็นเทคนิคที่ลงทุนต่ำ ไม่ซับซ้อน ใช้เวลาในการบำบัดไม่มากนัก

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสาหร่ายพุงชะโดมาดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลู

3. วิธีการวิจัย

3.1 การเตรียมวัสดุดูดซับ

นำสาหร่ายพุงชะโดจากแหล่งน้ำมาล้างด้วยน้ำหลายๆครั้งจนสะอาดแล้วนำไปทำให้แห้ง แล้วนำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 °C จนน้ำหนักคงที่ นำมาปั่นลดขนาดของตัวดูดซับ คัดขนาดด้วยตะแกรงร่อนขนาดโดยจะใช้ขนาด 0.5 ไมโครกรัม จากนั้นนำสาหร่ายที่ได้ขนาดไปต้มที่อุณหภูมิ100 °C จนสีของสาหร่ายหมด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C 4 ชั่วโมง จากนั้นนำสาหร่ายที่ได้ไปเก็บในโถดูดความชื้น

3.2 การเตรียมน้ำสีย้อม

เตรียมสารละลายสีย้อมความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยชั่งสีย้อมด้วยเครื่องชั่งละเอียดหนัก 1 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น เทใส่ขวดวัดปริมาตร ขนาด 1000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร เทเก็บในขวดสีชา หลังจากนั้นเตรียมสารละลายสีย้อมให้มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร นำไปสแกนหาความยาวคลื่นที่ให้การดูดกลืนสูงสุด(λmax) ในช่วง 200-1000 nm ด้วยเครื่อง UV-visible Spectrophotometer

3.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับสีย้อม

3.3.1 การศึกษาผลของเวลาและความเข้มข้นต่อการดูดซับ

นำตัวดูดซับ 0.1 กรัม แช่ในสารละลายสีย้อมที่ความเข้มข้น 25 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ปิดปากขวดรูปชมพู่ด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์เพื่อป้องกันการระเหยตั้งทิ้งไว้ที่เวลาต่างๆ ตั้งแต่ 1- 26 ชั่วโมง นำมากรองเพื่อแยกตัวดูดซับกับสารละลายออกจากกันหลังจากนั้นนำสารละลายไปเหวี่ยงแยกตะกอน ด้วยความเร็ว 3000 รอบ เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใสมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุดของสีย้อม จากนั้นนำมาคำนวณค่า เปอร์เซ็นต์กำจัดสี (% dye removal) และ ค่าความสามารถในการดูดซับ (q_e) ตามสมการที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

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

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

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 แต่จะมีการปรับปริมาณสาหร่ายพุงชะโดตั้งแต่ 0.05-0.3 กรัม ใช้เวลาในการดูดซับ 7 ชั่วโมง

3.3.3 การศึกษาผลของความเป็นกรดด่างต่อการดูดซับสีย้อม

ทำเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.3.1 แต่จะมีการปรับค่าพีเอชของสารละลายสีย้อมด้วย 1 M NaOH และ 1 M HCl ให้สารละลายมีค่าพีเอชตั้งแต่ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ใช้เวลาในการดูดซับ 7 ชั่วโมง

3.4 ศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับ

ทำเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.3.1 แต่จะมีการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารเมทิลีนบลู เป็น 20- 100 mg/L ใช้เวลาในการดูดซับ 7 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำค่า q_e และ C_e มาพลอตกราฟตามสมการเส้นตรงของ แลงเมียร์ และฟรุนดิช ตามสมการที่ 3 และ 4 ตามลำดับ เพื่อหาต่างๆจากสมการ

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

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

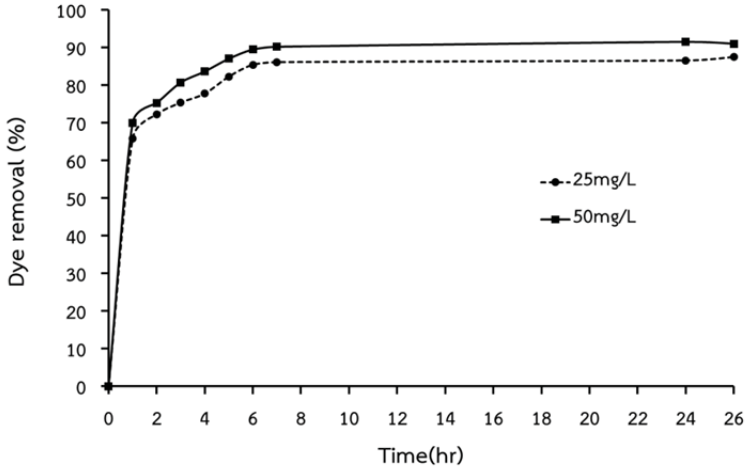
4. ผลการวิจัย

ในการงานวิจัยนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นการหาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับโดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ เวลาในการดูดซับ ปริมาณตัวดูดซับ ความเป็นกรดด่างของสารละลาย ส่วนที่สองจะเป็นการศึกษากลไกในการดูดซับ ได้แก่ การศึกษาไอโซเทอมการดูดซับ

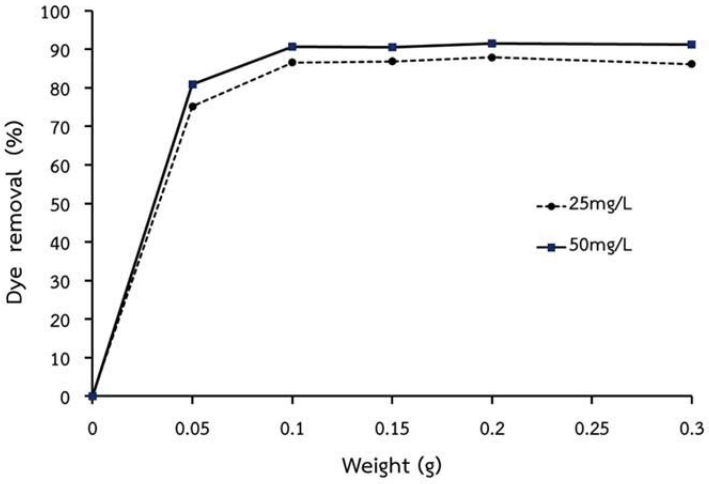
4.1 สภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับ

4.1.1 ผลของเวลาและความเข้มข้นที่มีต่อการดูดซับ

การทดลองเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อมเมททิลีนบลูโดยใช้สาหร่ายพุงชะโด 0.1 กรัมต่อสารละลายเมททิลีนบลู 50 มิลลิลิตร โดยใช้ความเข้มข้นในการดูดซับที่ 25 และ 50 mg/L โดยตั้งทิ้งไว้ที่เวลาต่างๆ ตั้งแต่เวลา 0-26 ชั่วโมง ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 1 จากผลการทดลองพบว่าสารละลายสีย้อมทั้ง 2 ความเข้มข้นความเข้มข้มจะให้พฤติกรรมที่เหมือนกันคือในช่วงแรก % การกำจัดสี (% dye removal) จะไม่มากนักแต่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามเวลาหลังจากนั้นจะคงที่ โดยทั้งสองความเข้มข้นมีเวลาที่คงที่หรือเวลาที่สมดุลประมาณ 7 ชั่วโมง การดูดซับนั้นอธิบายได้ว่าในช่วงแรกโมเลกุลของสีจะต้องใช้เวลาในการแพร่เข้าหาตัวดูดซับซึ่งในที่นี้ได้แก่สาหร่ายพุงชะโด หลังจากนั้นสีย้อมก็จะเกาะติดกับตัวดูดซับไปเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่สามารถเกาะติดได้อีกค่าการดูดซับจึงคงที่และเข้าสู่สมดุล นอกจากนี้สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงจะมีค่าการดูดซับสูงกว่าความเข้มข้นที่ต่ำกว่าเนื่องจากมีปริมาณของสีมากกว่านั้นเอง ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับหลายๆงานวิจัยใช้วัสดุธรรมชาติในการดูดซับ (Dogan et al., 2009 : Bulut & Aydın., 2006)



ภาพที่ 1 ผลของเวลาและความเข้มข้นที่มีต่อการดูดซับ



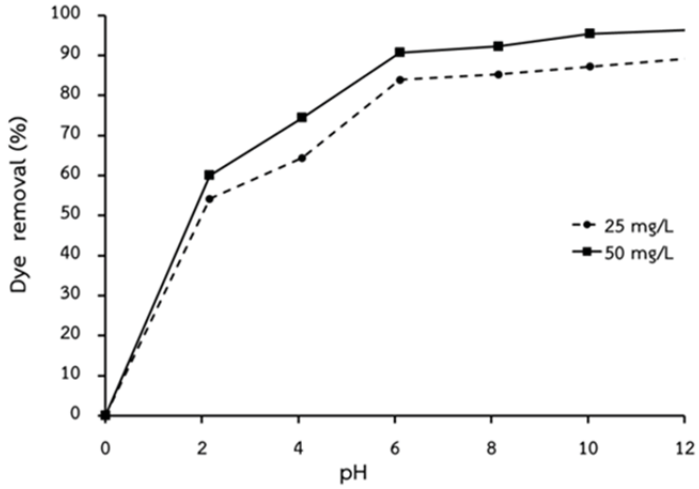
ภาพที่ 2 ผลของปริมาณตัวดูดซับที่มีต่อการดูดซับ

4.1.2 ผลของปริมาณตัวดูดซับที่มีต่อการดูดซับ

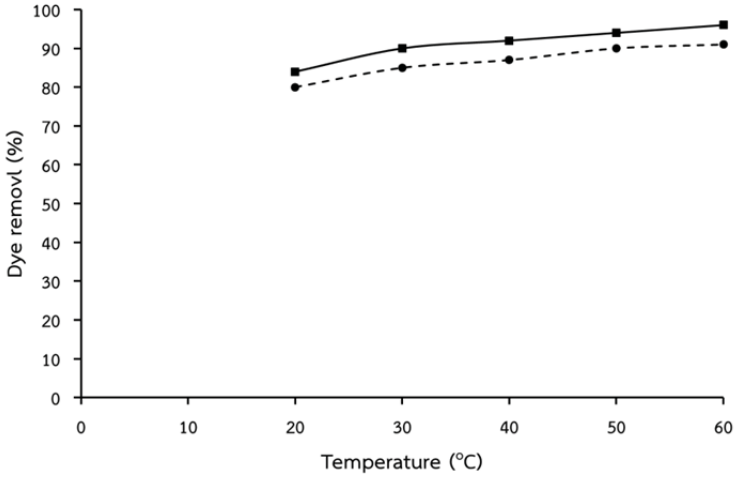
ผลการทดลองอิทธิพลของอุณหภูมิของสารละลายที่มีการดูดซับสีของสาหร่ายพุงชะโดดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในช่วงแรกเมื่อปริมาณตัวดูดซับเพิ่มขึ้น % การดูดซับ หรือ % การกำจัดสีก็จะเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นถึงแม้จะเพิ่มปริมาณของตัวดูดซับ % การดูดซับก็จะคงที่ เนื่องจากในช่วงแรกเมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับ พื้นบริเวณที่ในการดูดซับจะเพิ่มขึ้นแต่หลังจากนั้นจะคงที่เพราะปริมาณของสีย้อมมีคงที่ ดังนั้นเมื่อโมเลกุลของสีย้อมที่สามารถถูกดูดซับได้นั้นได้ถูกดูดซับไปหมดแล้วถึงแม้จะเพิ่มบริเวณในการดูดซับ ก็จะไม่ทำให้ % การกำจัดสีสูงขึ้นอีก (Kumara et al., 2011)

4.1.3 ผลของความเป็นกรดด่างที่มีต่อการดูดซับ

การทดลองนี้ต้องการศึกษาผลของสภาวะความเป็นกรด – ด่างของสารละลายในการดูดซับ โดยใช้สาหร่ายพุงชะโด 0.1 กรัม แช่ในสารละลายสีเมททิลีนบลูที่ความเข้มข้น 25 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร สารละลายจะมีค่าความเป็นกรดด่างในช่วง 2-12 ดังแสดงในรูปที่ 3 จะเห็นว่า ค่าความเป็นกรดด่างที่เพิ่มขึ้น % การดูดซับก็จะเพิ่มขึ้นและจะคงที่ที่ pH 6 เนื่องจาก pH น้อย % การดูดซับจะน้อยเพราะสภาวะกรดจะมี H^+ ซึ่งมีขนาดเล็กจะเข้าไปจับกับสาหร่าย(ประจุลบ) นอกจากนี้ในสภาวะที่สารละลายเป็นกรดนี้ ผิวของตัวดูดซับที่เป็นสารธรรมชาติที่มีองค์ประกอบของเซลลูโลส ในที่นี้ได้แก่สาหร่ายพุงชะโด จะมีประจุลบน้อย จากทั้งสองเหตุผลทำให้ สีย้อมประจุบวกซึ่งได้แก่สีเมททิลีนบลูเกาะผิวของสาหร่ายได้น้อย ในขณะที่ค่า pH สูง จะอยู่ในสภาวะเบสจึงไม่มี H^+ มีประจุบวก ทำให้สีเมททิลีนบลูยึดเกาะกับสาหร่ายได้มากและ ผิวของตัวดูดซับเป็นประจุลบมาก ทำให้มีค่าการดูดซับที่เพิ่มขึ้น (Bulut & Aydın., 2006)



ภาพที่ 3 ผลของความเป็นกรด-ด่างที่มีต่อการดูดซับ



ภาพที่ 4 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับ

4.1.4 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับ

ผลการทดลองอิทธิพลของอุณหภูมิของสารละลายที่มีการดูดซับสีเมทิลีนบลูของสาหร่ายพุงชะโดดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น % การดูดซับก็จะเพิ่มขึ้น ซึ่งปรากฏการแสดงให้เห็นว่าการดูดซับในการทดลองนี้เป็นแบบดูดความร้อน โดยความร้อนที่เพิ่มขึ้นนี้น่าจะไปเพิ่มบริเวณที่ใช้ในการดูดซับบนผิวของตัวดูดซับและมีส่วนช่วยให้โมเลกุลของสีย้อมมี

พลังงานมากขึ้น ซึ่งพลังงานดังกล่าวทำให้โมเลกุลของสีมีพลังงานมากพอที่จะทะลุผ่านชั้นฟิลม์ของสารละลายบริเวณผิวของตัวดูดซับ ซึ่งจากผลดังกล่าวจึงทำให้ปริมาณการดูดซับของสีย้อมเพิ่มขึ้น (Daneshvar et al., 2012) แต่อย่างไรก็ตามเมืออุณหุภูมิขึ้นไปถึงประมาณ 50 $^{\circ}$C % การดูดซับจะเพิ่มขึ้นไม่มากนัก ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน ในการทดลองจึงสรุปว่าอุณหภูมิ 50 $^{\circ}$C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสม

4.2 ศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับ

การศึกษาไฮโซเทอมเป็นการนำค่าที่ได้ผลการทดลองซึ่งได้แก่ ค่า C_e และค่า q_e ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นเริ่มต้น (C_o) ตั้งแต่ 20 -100 มิลลิกรัมต่อลิตร มาพลอตกราฟตามสมการเส้นตรงของแลงเมียร์และฟรุนดิช (สมการ 3 และ4) หลังจากนั้นจะศึกษาการสอดคล้องของไอโซเทอมทั้งสองด้วยการคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์ (R^2, linear regression square) ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งพบว่าผลการทดลองเหมาะสมกับไอโซเทอมการดูดซับแลงเมียร์ เนื่องจากสัมประสิทธิ์สหสัมพัทธ์ (R^2) ที่ได้จากไอโซเทอมนี้มีค่าใกล้เคียงหนึ่งมากกว่าแบบฟรุนดิชซึ่งแสดงให้เห็นว่าการดูดซับที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว (Aksu., 2005)

ตารางที่ 1 ค่าคงที่จากสมการไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ และไอโซเทอมแบบฟรุนดิช

ไอโซเทอมแบบแลงเมียร์			**ไอโซเทอมแบบฟรุนดิช**		
q_m (mg/g)	K_l (L/mg)	R^2	K_f (mg/g)	n	R^2
22.23	0.0816	0.9831	0.0120	0.5685	0.9608

5. สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยได้ศึกษาปัจจัยที่ผลต่อการนำสาหร่ายพุงชะโดมาดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลู ปัจจัยดังกล่าวได้แก่ เวลาในการดูดซับ ความเข้มข้นเริ่มต้น ปริมาณตัวดูดซับ ความเป็นกรดด่างของสารละลาย และอุณหภูมิในการดูดซับ ซึ่งจาการทดลองพบว่าเวลาที่เหมาะสมควรมากกว่า 7 ชั่วโมง สารละลายควรเป็นเบส ปริมาณตัวดูดซับควรเป็น 0.1 กรัม และอุณหภูมิที่ใช้ควรเป็น 50 องศาเซลเซียส ส่วนกลไกการดูดซับน่าจะเป็นการดูดซับชั้นเดียวเนื่องจากพบว่าการดูดซับมีความโน้มเอียงที่จะเป็นแบบแลงเมียร์และจากผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าสาหร่ายพุงชะโดมีประสิทธิภาพที่สามารถใช้เป็นตัวดูดซับสีเมทิลีนบลูได้

6. ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้เป็นเพียงรายงานวิจัยเบื้องต้นจึงยังไม่ได้ศึกษากลไกในการดูดซับมากนัก ซึ่งหลังจากนี้เมื่อได้มีการศึกษากลไกการดูดซับมากพอจะทำให้เพิ่มปริมาณการดูดซับสาหร่ายพุงชะโดได้ แต่อย่างไรก็ตามจากรายงานเบื้องต้นนี้ชี้ให้เห็นว่าสาหร่ายพุงชะโดดังกล่าวสามารถใช้เป็นวัสดุดูดซับสีในสารละลายได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมในการสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมในการสนับสนุนเครื่องมือในการวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

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

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

Daneshvar, E., Kousha, M., Jokar, M., Koutahzadeh, N. & Guibal,E. (2012) Acidic dye biosorption onto marine brown macroalgae: isotherms, kinetic and thermodynamic studies, **Chemical Engineering Journal**, 204–206, 225–234.

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.

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.

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