

การดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยใช้ของเสียจากเปลือกสับปะรด The Adsorption of Methylene Blue Dye Using Pineapple Peel Waste

อารีรัตน์ สมบัติพุทธคุณ*, สิริธร ลินเปียง และ สุวคนธ์ จันทร๊ะ
Areerat Sombatputthakun*, Sirithon Sinpiang & Suwakon Janta

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

Submitted 23/07/2024 ; Revised 30/09/2024 ; Accepted 24/11/2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยใช้ของเสียจากเปลือกสับปะรด เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา น้ำเสียและบำบัดสีย้อมจากน้ำทิ้ง โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลู ได้แก่ เวลาสัมผัส ความเข้มข้นเริ่มต้น และอุณหภูมิ จากการทดลองพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อมเมทิลีนบลูทำให้ความสามารถในการดูดซับสีย้อมเพิ่มขึ้น โดยที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลู เท่ากับ 109.77 มิลลิกรัมต่อกรัม ของวัสดุดูดซับ และระยะเวลาเข้าสู่สมดุล คือ 2 ชั่วโมง อุณหภูมิที่ต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณการดูดซับ เมื่อใช้สมการการดูดซับของฟรอยด์ลิสและสมการของแลงเมียร์ในการศึกษาค่าคงที่ของไอโซเทอม ผลการศึกษาปรากฏว่าการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูจากเปลือกสับปะรด มีความสอดคล้องกับสมการการดูดซับของแลงเมียร์ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.9901 มีค่าคงที่ของการดูดซับสูงสุดเท่ากับ 123.46 มิลลิกรัมต่อกรัม

คำสำคัญ: การดูดซับ เมทิลีนบลู เปลือกสับปะรด

*ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)

E-mail: 64141015@g.cmru.ac.th

Abstract

The aim of this research is to investigate the adsorption of methylene blue dye using pineapple peel waste, with the goal of applying it to wastewater treatment and dye removal from wastewater. Various parameters, such as contact time, initial concentration, and temperature, were investigated. The results showed that the amount of methylene blue dye adsorbed increased as the initial concentration increased. The adsorption amount was 109.77 mg/g at an initial concentration of 500 mg/L. Adsorption reached equilibrium within 2 hours of contact time. Different temperatures had no effect on the amount of adsorption. The Freundlich and Langmuir isotherm models were used to determine adsorption constants, with the Langmuir isotherm model providing the best fit. The correlation coefficient (R) was 0.9901, and the maximum adsorption capacity was 123.46 mg/g.

Keywords: adsorption, methylene blue, pineapple peel

บทนำ

สับปะรดเป็นผลไม้เขตร้อนเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยซึ่งประเทศไทยส่งออกสับปะรดในหลากหลายรูปแบบทั้งแบบผลสดและสับปะรดแปรรูป จังหวัดเชียงรายเป็นแหล่งปลูกสับปะรดที่สำคัญของประเทศไทย โดยพันธุ์ที่ปลูกและขึ้นชื่อในจังหวัดเชียงรายคือ สับปะรดพันธุ์ภูแล ซึ่งนอกจากรสชาติที่ดีแล้วสับปะรดยังประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ชีวภาพที่สำคัญที่มีผลการวิจัย [1] รายงานว่ามีคุณสมบัติในการส่งเสริมสุขภาพและป้องกันโรคต่าง ๆ หลายชนิด เช่น โยอาหาร วิตามินซี โพแทสเซียม และเอนไซม์โบรมิเลน เป็นต้น สัตส่วนของผลสับปะรดหนึ่งผลคิดเป็นสัดส่วนของผลสับปะรดคิดเป็น น้ำหนักเนื้อ 33 % แกน 6 % เปลือก 41 % และจุก 20 % ของผลสับปะรดทั้งผล จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าสัดส่วนของผลสับปะรดนั้นมีน้ำหนักของเปลือกสับปะรดเยอะที่สุดจากกระบวนการแปรรูปสับปะรด โดยในปีหนึ่ง ๆ จะมีเปลือกสับปะรดจากโรงงานแปรรูปสับปะรดประมาณ 330 พันตันต่อปี จากการเติบโตทางเศรษฐกิจพบปัญหาที่สำคัญคือ เกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดยังขาดความรู้แบบบูรณาการด้านการผลิตสับปะรด โดยขาดความสนใจต่อวัสดุเหลือใช้ คือ เปลือกสับปะรด ขั้วสับปะรด จุกสับปะรด และตาสับปะรด ซึ่งเกษตรกรได้ทิ้งไว้ให้เกิดกลิ่นเน่าเหม็นทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเรื่องกลิ่นของขยะจากเศษเหลือสับปะรดสร้างความเดือดร้อนให้กับชุมชนตามมา [2]

โดยเปลือกสับปะรดมีองค์ประกอบที่เป็นเส้นใยเซลลูโลสในปริมาณสูง โดยเส้นใยเซลลูโลสนั้นมีคุณสมบัติดูดซับน้ำและความชื้นได้ดี ระบายความร้อนได้ดี ทนความร้อนได้ดี และการคืนตัวต่ำ (resiliency) อีกทั้งเซลลูโลสมีลักษณะโครงสร้างเส้นใยเป็นโครงร่างหลวม ๆ โดยโมเลกุลยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจนทำให้เซลลูโลส [3] จึงเป็นวัสดุตัวกลางที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ สีย้อมสีเมทิลีนบลูเป็นสีย้อมชนิดหนึ่ง ไม่มีกลิ่น มีสีเขียวเข้ม เมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายสีฟ้า มีโครงสร้างที่ทำให้เกิดสี สีมเมทิลีนบลูเป็นสีไทอะซีน (thiazine) ที่มีประจุบวกที่สามารถติดบนวัสดุโปรตีน ทั้งผิวหนังคน เชื้อแบคทีเรีย รวมไปถึงเส้นใยไหมและขนสัตว์ได้ดีเมื่อมีการปนเปื้อนในน้ำจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำและสิ่งมีชีวิต เนื่องจากเป็นสารเคมีสังเคราะห์ทำให้เกิดการระคายเคืองจึงต้องมีการบำบัดสีก่อนลงสู่แหล่งน้ำ [4] การบำบัดสีย้อมในปัจจุบันมีหลายเทคนิคได้แก่ การสร้างตะกอน (coagulation) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัดที่ดีแต่มีการใช้สารเคมีปริมาณมาก อีกทั้งยังต้องมีค่าใช้จ่ายและขั้นตอนในการบำบัดตะกอนที่เกิดขึ้นด้วย การแยกด้วยไฟฟ้า (electrolysis) มีประสิทธิภาพดีมากแต่ต้องมีการบำรุงรักษาเครื่องมืออย่างต่อเนื่องและอาจต้องมีการกำจัดไอออนของโลหะที่ใช้เป็นขั้วไฟฟ้าที่ตกค้างในน้ำทิ้งด้วย [5] กระบวนการโอโซนเนชัน (ozonation) มีประสิทธิภาพสูงและใช้เวลาน้อยในการกำจัดสีย้อม แต่เป็นเทคนิคที่มีค่าใช้จ่ายสูงในการติดตั้งและการผลิตแก๊สโอโซน [6] การใช้จุลินทรีย์ในการบำบัด (biological treatment) เป็นวิธีที่ใช้ต้นทุนต่ำ ไม่ซับซ้อน แต่ก็ไม่สามารถบำบัดสีย้อมได้ทุกชนิด อีกทั้งสีย้อมบางชนิดมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ และการดูดซับ (adsorption) เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูง ไม่ทำให้เกิดการตกค้างของสารเคมีในแหล่งน้ำหลังจากการบำบัด วัสดุดูดซับสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ง่ายในการนำไปประยุกต์ใช้ และต้นทุนต่ำ ดังนั้นการเตรียมวัสดุดูดซับจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีประสิทธิภาพดีในการดูดซับถือเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เพราะหาได้ง่าย ราคาถูก และยังช่วยลดปริมาณขยะในชุมชนอีกด้วย [7]

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเปลือกสับปะรดที่เป็นเศษเหลือทิ้งจากการแปรรูปสับปะรด เนื่องจากเปลือกสับปะรดมีองค์ประกอบที่เป็นเส้นใยเซลลูโลสในปริมาณสูง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะนำมาเป็นตัวดูดซับในการดูดซับสีเมทิลีนบลู ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาน้ำเสียและยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุดังกล่าวให้สูงขึ้น อีกทั้งเป็นการนำวัสดุจากท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์และช่วยลดต้นทุน ลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดสียอมจากน้ำทิ้ง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับสียอมเมทิลีนบลูด้วยเปลือกสับปะรด
2. เพื่อศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับสียอมเมทิลีนบลูด้วยเปลือกสับปะรด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมเปลือกสับปะรด

นำเปลือกสับปะรดเหลือทิ้งจากตลาดหัวโจจน์ อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ มาล้างน้ำให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ นำไปตากแดดให้แห้ง แล้วอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นบดด้วยเครื่องบดลดขนาดโดยใช้แรงกระแทกและคัดขนาดโดยใช้ตะแกรงร่อนให้ได้ขนาด 25–35 mesh

2. การเตรียมสารละลายสียอมเมทิลีนบลู

เมทิลีนบลูที่ใช้ในการทดลอง เป็นการเตรียมสารละลายโดยนำเมทิลีนบลูมาละลายในน้ำกลั่น

2.1 สารละลายสต็อกมาตรฐานสียอมเมทิลีนบลู ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ชั่งผงสียอมเมทิลีนบลู 1.000 กรัม ละลายน้ำแล้วปรับปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

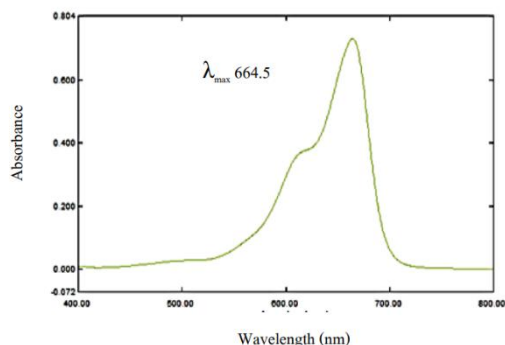
2.2 การเตรียมสารละลายสียอมเมทิลีนบลูความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เตรียมจากสารละลายสียอมเมทิลีนบลูเริ่มต้นความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปิเปตจากสารละลายมาตรฐานมา 200 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 2000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

2.3 การเตรียมสารละลายสียอมเมทิลีนบลูความเข้มข้น 2, 4, 6, 8 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เตรียมจากสารละลายสียอมเมทิลีนบลูเริ่มต้นความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปิเปตจากสารละลายมาตรฐานมา 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5 มิลลิลิตร ตามลำดับแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

2.4 การเตรียมสารละลายสียอมเมทิลีนบลูความเข้มข้น 50–700 มิลลิกรัมต่อลิตร เตรียมจากสารละลายสียอมเมทิลีนบลูเริ่มต้นความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร

3. สเปกตรัมและความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) ของสียอมเมทิลีนบลู

สามารถหาได้จากการนำสารละลายสียอมเมทิลีนบลูไปหาความยาวคลื่นสูงสุดด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งพบว่าความยาวคลื่นที่สียอมเมทิลีนบลูสามารถดูดกลืนแสงได้สูงสุด (λ_{max}) ที่ 664.5 นาโนเมตร (nm)



ภาพที่ 1 ความยาวคลื่นที่สีย้อมเมทิลีนบลูสามารถดูดกลืนแสงได้สูงสุด ($\lambda_{\max}$)

4. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลู

มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลู ดังนี้ คือ เวลาที่เข้าสู่สภาวะคงที่ (0.25, 0.5, 1, 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง) ความเข้มข้นเริ่มต้น (50–700 มิลลิกรัมต่อลิตร) และอุณหภูมิ (28, 36 และ 60 องศาเซลเซียส) ในแต่ละปัจจัยมีการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นวัดปริมาณสีที่เหลือจากการดูดซับด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณสีที่ถูกดูดซับจากสมการเส้นตรง ดังภาพที่ 2 ส่วนการศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่สมดุลกับจำนวนของตัวถูกดูดซับที่อุณหภูมิคงที่ ไอโซเทอมที่ใช้ ได้แก่ สมการการดูดซับแบบฟรุนดลิช และสมการการดูดซับแบบแลงเมียร์ ดังนี้

สมการการดูดซับของ Freundlich Isotherm คือ $\log q = \log K + \frac{1}{n} \log C$

- เมื่อ q คือ ปริมาณตัวถูกดูดซับบนพื้นที่ผิวตัวดูดซับต่อปริมาณของตัวดูดซับ (ความสามารถการดูดซับ) (มิลลิกรัม/กรัม)
- K คือ ค่าคงที่การดูดซับ
- $1/n$ คือ ความชันของกราฟ
- C คือ ความเข้มข้นที่สภาวะสมดุล (มิลลิกรัม/กรัม) [8]

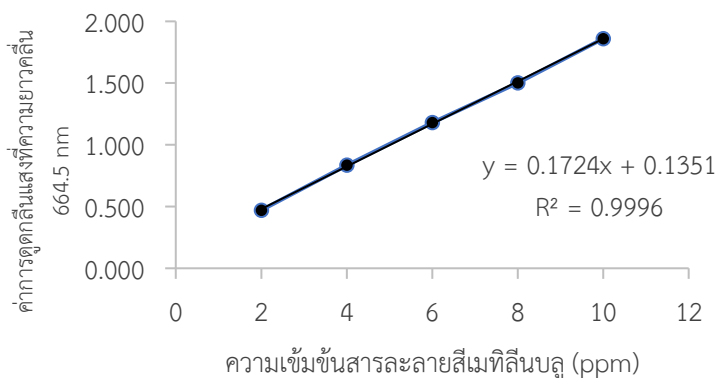
สมการการดูดซับของ Langmuir Isotherm คือ $\frac{1}{q} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{Kq_m C}$

- เมื่อ q คือ ปริมาณตัวถูกดูดซับบนพื้นที่ผิวตัวดูดซับต่อปริมาณของตัวดูดซับ (ความสามารถการดูดซับ) (มิลลิกรัม/กรัม)
- q_m คือ ความสามารถสูงสุดในการดูดซับ (มิลลิกรัม/กรัม)
- K คือ ค่าคงที่การดูดซับ
- C คือ ความเข้มข้นที่สภาวะสมดุล (มิลลิกรัม/ลิตร) [9]

ผลการวิจัย

การสร้างกราฟมาตรฐาน

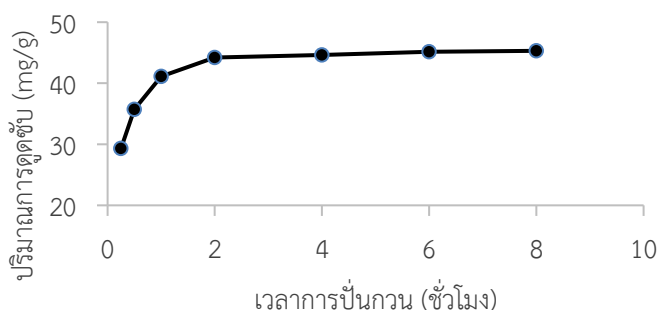
นำเปลือกสับปะรดไปศึกษาความสามารถในการกำจัดสีเมทิลีนบลูที่ความยาวคลื่นที่สีย้อมเมทิลีนบลูสามารถดูดกลืนแสงได้สูงสุด (λ_{max}) ที่ 664.5 นาโนเมตร (nm) โดยเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที โดยใช้อัตราส่วนของตัวดูดซับ 0.10 กรัมต่อสารละลายสีย้อมเมทิลีนบลู 50 มิลลิลิตร ได้ผลการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานสารละลายสีย้อมเมทิลีนบลู และค่า R^2 ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสีย้อมเมทิลีนบลูกับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 664.5 nm

ผลของเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยเปลือกสับปะรด

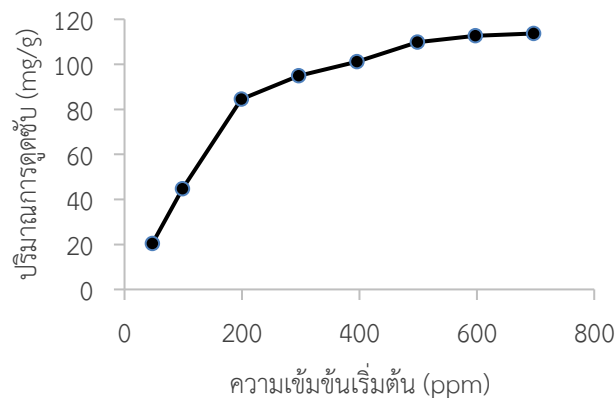
ภาพที่ 3 แสดงการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้ตัวดูดซับเปลือกสับปะรด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการดูดซับมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการปั่นกวนนานขึ้นจนเข้าสู่ภาวะสมดุลซึ่งการดูดซับจะคงที่จนกระทั่งเข้าสู่สมดุลที่เวลา 2 ชั่วโมง ดังนั้นในการทดลองหาความเข้มข้นเริ่มต้น ไอโซโทมและอุณหภูมิของการดูดซับจึงทำการเขย่าที่เวลา 2 ชั่วโมง



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการปั่นกวนกับปริมาณสีที่ถูกดูดซับโดยเปลือกสับปะรดที่ความเข้มข้นสีเมทิลีนบลู 100 ppm วัสดุดูดซับ 0.1 กรัม อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส

ผลของความเข้มข้นของสีเริ่มต้นที่มีผลต่อการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยเปลือกสับปะรด

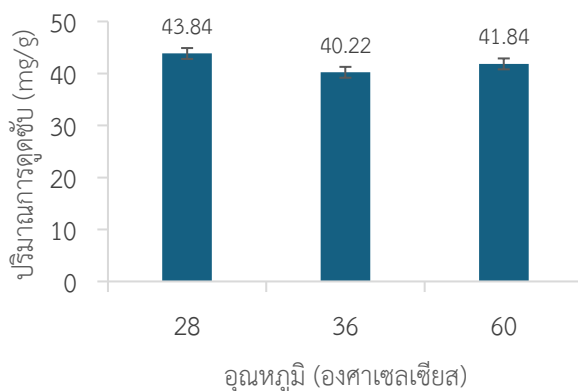
ภาพที่ 4 แสดงการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยใช้ตัวดูดซับเปลือกสับปะรด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมเมทิลีนบลูทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มมากขึ้นโดยจะเริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่ ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสามารถดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูได้ 109.77 มิลลิกรัมต่อกรัม (mg/g)



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นเริ่มต้นกับปริมาณสีที่ถูกดูดซับโดยเปลือกสับปะรดที่ความเข้มข้นสีเมทิลีนบลู 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600 และ 700 ppm โดยใช้ตัวดูดซับเปลือกสับปะรด 0.10 กรัม เวลาเขย่า 2 ชั่วโมง อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส

ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยเปลือกสับปะรด

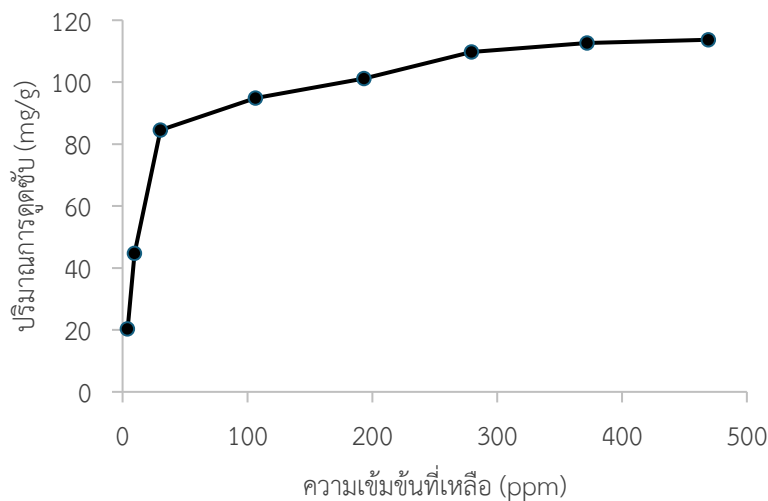
ภาพที่ 5 แสดงผลของการศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลู โดยใช้วัสดุดูดซับจากเปลือกสับปะรด ที่อุณหภูมิ 28, 36 และ 60 องศาเซลเซียส ในการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณการดูดซับเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยน พบว่าการเปลี่ยนแปลงของตัวดูดซับน้อยมากจึงคาดว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีผลน้อยมากต่อการดูดซับ



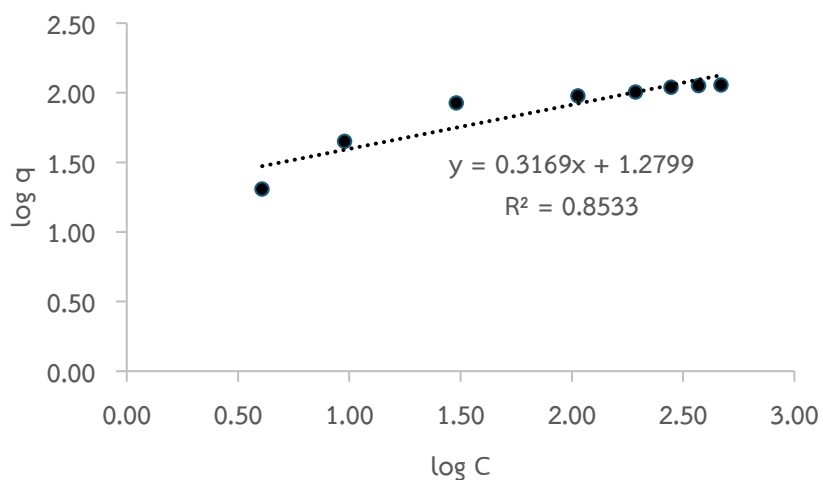
ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาณสีที่ถูกดูดซับโดยเปลือกสับปะรดที่อุณหภูมิ 28, 36 และ 60 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสีเมทิลีนบลู 100 ppm วัสดุดูดซับ 0.10 กรัม เวลาเขย่า 2 ชั่วโมง

ผลของไอโซเทอมของการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยเปลือกสับปะรดโดยเปลือกสับปะรด

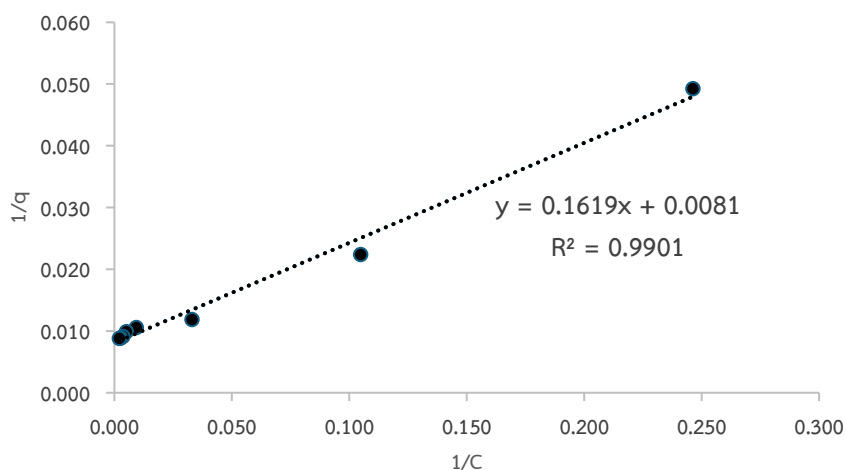
นำค่าความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมเมทิลีนบลูที่เหลืออยู่ในสภาวะคงที่ (C) และปริมาณสีที่ถูกดูดซับบนวัสดุดูดซับจากเปลือกสับปะรดต่อปริมาณวัสดุซับจากเปลือกสับปะรด 1.0 กรัม (q) มาสร้างกราฟปริมาณการดูดซับได้ดังภาพที่ 6 และหาความสอดคล้องของข้อมูลการทดลองกับสมการ Freundlich Isotherm และสมการ Langmuir Isotherm ดังภาพที่ 7 และภาพที่ 8



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่เหลือกับปริมาณสีที่ถูกดูดซับ



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่าง log C และ log q ของ Freundlich isotherm



ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่าง $1/C$ และ $1/q$ ของ Langmuir isotherm

ตาราง 1 และตาราง 2 แสดงผลไอโซเทอมของการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลู พบว่าการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยเปลือกสับปะรด เมื่อใช้สมการการดูดซับของฟรอนด์ลิชและสมการการดูดซับของแลงเมียร์ มาอธิบายพบว่าค่า R^2 ที่ได้จากสมการสมการการดูดซับของแลงเมียร์มีค่าเข้าใกล้ 1 มากกว่าสมการการดูดซับของฟรอนด์ลิช มีค่า R^2 เท่ากับ 0.8533 ส่วนสมการการดูดซับของแลงเมียร์มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9901 ดังนั้น การดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยตัวดูดซับเปลือกสับปะรด จึงสอดคล้องกับสมการการดูดซับของแลงเมียร์มากกว่าสมการการดูดซับของฟรอนด์ลิช ดังนั้น การดูดซับจึงเป็นแบบชั้นเดียว นอกจากนี้จากการคำนวณโดยสมการการดูดซับของแลงเมียร์พบว่าค่าการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูมีการดูดซับสูงสุด (q_m) คือ 123.46 มิลลิกรัมต่อกรัม (mg/g)

ตารางที่ 1 สมการเส้นตรงของไอโซเทอมของการดูดซับแบบ Freundlich Isotherm และ Langmuir Isotherm ของสีย้อมเมทิลีนบลู

สมการเส้นตรง	
Freundlich $y = 0.3169x + 1.2799$	Langmuir $y = 0.1619x + 0.0081$

ตารางที่ 2 ค่าคงที่ของไอโซเทอมของการดูดซับแบบ Freundlich Isotherm และ Langmuir Isotherm ของสีย้อมเมทิลีนบลู

ค่าคงที่ที่คำนวณได้จากสมการเส้นตรง					
Freundlich Isotherm			Langmuir Isotherm		
K	1/n	R^2	K	q_m	R^2
19.05	0.3169	0.8533	0.0500	123.46	0.9901

อภิปรายผลการวิจัย

ผลของเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยเปลือกสับปะรดพบว่า ประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อระยะเวลาในการปั่นกวนนานขึ้นจนเข้าสู่สภาวะสมดุลซึ่งการดูดซับจะคงที่ โดยการดูดซับเข้าสู่สมดุลและให้ประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุดและคงที่เมื่อเวลาปั่นกวน 2 ชั่วโมง เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการดูดซับทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับหรือปริมาณดูดซับจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้นโดยเป็นการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกเนื่องจากแรงขับเคลื่อนที่มาก อันเนื่องมาจากผลต่างของความเข้มข้นของสีย้อมในสารละลายกับปริมาณสีย้อมบนตัวดูดซับหลังจากนั้นปริมาณดูดซับจำเพาะจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนเข้าสู่สภาวะคงที่ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการดูดซับที่กล่าวว่า เมื่อเวลาผ่านไปจะมีจำนวนโมเลกุลตัวดูดซับไปเกาะติดกับพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันโมเลกุลตัวดูดซับบางส่วนที่เกาะติดกับพื้นผิวหลุดออกมาพบว่า อัตราการหลุดจะเกิดน้อยกว่าอัตราการดูดซับ เมื่อปล่อยให้กระบวนการดูดซับดำเนินไปจนกระทั่งอัตราการดูดซับเท่ากับอัตราการหลุด ดังนั้นเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลการดูดซับสีย้อมคงที่ [10]

ผลของความเข้มข้นของสีเริ่มต้นที่มีผลต่อการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยเปลือกสับปะรดพบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมเมทิลีนบลูจะทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มมากขึ้นโดยจะเริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่ การดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูจะมีการดูดซับคงที่เมื่อความเข้มข้นของสีเริ่มต้นที่สภาวะสมดุลที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสามารถดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูได้ 109.77 มิลลิกรัมต่อกรัม การเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อมเมทิลีนบลู มีผลให้ค่าความสามารถในการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อมเมทิลีนบลูเป็นผลให้เกิดความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของสีย้อมเมทิลีนบลูในสารละลายกับบริเวณผิวของวัสดุดูดซับเพิ่มสูงขึ้นเกิดแรงขับเคลื่อนที่เพิ่มสูงขึ้นความสามารถในการดูดซับจึงสูงขึ้น [4]

ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยเปลือกสับปะรดพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้การแพร่ผ่านของสารที่ถูกดูดซับลงไปยังกับพื้นผิวของตัวดูดซับน้อยลงที่อุณหภูมิตั้งแต่ 28 องศาเซลเซียส การดูดซับมีค่าเพิ่มขึ้นและค่อย ๆ ลดลงเมื่ออุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นอุณหภูมิที่ 36 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส อาจเนื่องมาจากเมื่อโมเลกุลของสารได้รับพลังงานจากการเพิ่มอุณหภูมิทำให้โมเลกุลของสารนั้นมีพลังงานมากพอที่จะทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างตัวดูดซับกับโมเลกุลของสารจึงทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับลดลง [11]

ผลของไอโซเทอมของการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยเปลือกสับปะรดพบว่า การดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยเปลือกสับปะรด เมื่อใช้สมการการดูดซับของฟรุนดลิชและสมการการดูดซับของแลงเมียร์ มาอธิบายพบว่าสมการของแลงเมียร์ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เข้าใกล้ 1 มากกว่าสมการของฟรุนดลิช โดยมีค่าสมมติฐานของสมการแลงเมียร์ว่า ตัวดูดซับจะปกคลุมผิวของวัสดุดูดซับเพียงชั้นเดียว ซึ่งมีค่าการดูดซับสูงสุด (q_m) ของสีย้อมเมทิลีนบลูเป็น 123.46 มิลลิกรัมต่อกรัม

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการดูดซับสีเมทิลีนบลูด้วยเปลือกสับปะรด ผลของเวลาในการดูดซับพบว่าประสิทธิภาพการดูดซับเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา จนถึงสภาวะสมดุลที่เวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งการดูดซับจะคงที่ การเพิ่มเวลาทำให้การดูดซับเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก ก่อนจะชะลอลงเมื่อเข้าสู่สภาวะคงที่ ตามทฤษฎีการดูดซับ ผลของความเข้มข้นเริ่มต้นพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อมเมทิลีนบลูทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น จนถึงจุดสมดุลที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยดูดซับได้สูงสุด 109.77 มิลลิกรัมต่อกรัม ผลของไอโซเทอม พบว่าการดูดซับสามารถอธิบายได้ดีที่สุดด้วยสมการแลงเมียร์ (Langmuir isotherm) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เข้าใกล้ 1 มากกว่าสมการของฟรุนดลิช โดยมีค่าสมมติฐานของสมการแลงเมียร์ว่า ตัวดูดซับจะปกคลุมผิวของวัสดุดูดซับเพียงชั้นเดียว มีค่าการดูดซับสูงสุด (q_m) ของการดูดซับที่ 123.46 มิลลิกรัมต่อกรัม และผลของอุณหภูมิ พบว่าการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณการดูดซับเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของตัวดูดซับน้อยมากจึงคาดว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีผลน้อยมากต่อการดูดซับ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ สำหรับการสนับสนุน อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือที่จำเป็นต่อการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] นิรมล ปัญญาบุษกุล. (2563). ประโยชน์จากผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการแปรรูปสับปะรด (เปลือกสับปะรด). [ออนไลน์], สืบค้นจาก <https://www.bloggang.com/m/viewdiary.php?id=zeroinspace&group=1&month=12-2020&date=03> (4 ตุลาคม 2566).
- [2] บรรพต จอมสวรรค์, ปิยดา ยศสุนทร, และปิยพร ศรีสม. (2564). การใช้ประโยชน์จากเปลือกสับปะรดทุเลาเหลือทิ้งเพื่อพัฒนาเป็นอาหารโค. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา, 6(2), 10–16.
- [3] ชาญชัย คหาปะนะ, และณภัทร โพธิ์วัน. (2563). การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยใช้วัสดุดูดซับที่เตรียมจากผักตบชวา. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 15(2), 58–70.
- [4] พชรวรรณ อังศิริสวัสดิ์, และเฉลิม เรืองวิริยะชัย. (2559). การดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยใช้เปลือกหน่อไม้แห้ง. ใน The National and International Graduate Research Conference 2016, 343–350.
- [5] พลกฤษณ์ จิตรโต, ธัญดา ชัยกระทาง, และวรรณันต์ นาคบรรพต. (2559). การบำบัดน้ำเสียสีย้อมไหมโดยกระบวนการตกตะกอนด้วยไฟฟ้า. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 7(2), 228–239.
- [6] ธัญวรรณ ฤกษ์นพ, และชลอ จารุสุทธีรักษ์. (2559). การบำบัดสีในน้ำเสียสีย้อมสังเคราะห์ด้วยกระบวนการโอโซนเข้มข้นที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54, 1107–1114.

- [7] พชรนันท์ จันทรพลอย, กฤติยาภรณ์ หลวงดี, และนภารัตน์ จิวาลักษณ์. (2563). การดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูของถ่านเปลือกส้มโอที่เตรียมจากการเผาแบบเตาลาน. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, 14(1), 15–25.
- [8] เสาวภา ไวยสุศรี. (2559). การกำจัดฟอสเฟตในน้ำเสียโดยการดูดซับด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกไข่ไก่. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 26(3), 475–486.
- [9] กิตติศักดิ์ เสพศิริสุข, วิทยา ปั่นสุวรรณ, และนิพนธ์ ตังคณานุรักษ์. (2558). การเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับสารพิษฟอโรโบลเอสเทอร์ในน้ำมันสบู่ดำโดยใช้เบนโทไนต์ชนิดต่าง ๆ ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47, 327–334.
- [10] นิสาพร มุหะมัด, สมภพ เกาทอง, อุบล ต้นสม, และปิยศิริ สุนทรนนท์. (2559). การดูดซับสีย้อมด้วยกากชา. รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- [11] อรุณ เกิดสวัสดิ์, จีระวุฒิ เฟื่องลอย, ไชยชนะ เอกราชันย์, และกัญจน์รัตน์ สุขรัตน์. (2558). การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับ 2-ฟิโคลีน บนถ่านกัมมันต์. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ครั้งที่ 7, 1654–1660.
- [12] พชรพร โสระสิงห์. (2562). การใช้ประโยชน์จากของเสียสับปะรดเพื่อนำไปเป็นวัสดุดูดซับราคาถูกสำหรับกำจัดสี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [13] Özer, D., Dursum, G., & Özer, A. (2007). Methylene blue adsorption from aqueous solution by dehydrated peanut hull. *Journal of Hazardous Materials*, 144, 171–179.
- [14] Doğan, M., Abak, H., & Alkan, M. (2009). Adsorption of methylene blue onto hazelnut shell: Kinetics, mechanism and activation parameters. *Journal of Hazardous Materials*, 164, 172–181.