

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับสีย้อม Reactive Red 120 และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของฟิล์มคอมโพสิต และอธิบายพฤติกรรมของการดูดซับด้วยแบบจำลองทางจลนพลศาสตร์ ไอโซเทอม และอุณหพลศาสตร์ การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ (1) การวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวดูดซับด้วยเทคนิค SEM, EDX, FTIR และ XPS (2) การศึกษาการดูดซับแบบกะ โดยใช้ฟิล์มคอมโพสิตปริมาณ 0.3 กรัม ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมในช่วง 100–300 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า pH อยู่ในช่วง 2–10 อุณหภูมิ 30–50 องศาเซลเซียส และเวลาสัมผัส 10–360 นาที และ (3) การวิเคราะห์แบบจำลองการดูดซับ ผลการทดลองพบว่าการดูดซับเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มต้นและเข้าสู่ภาวะใกล้สมดุลเมื่อเวลาสัมผัสเพิ่มขึ้น โดยสภาวะที่ให้ประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุดคือที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ค่า pH 2 เหมาะสม และความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อม 300 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคืออุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ การศึกษาจลนพลศาสตร์พบว่าข้อมูลการทดลองสอดคล้องกับแบบจำลองปฏิกิริยาอันดับสองเทียม (Pseudo-second-order) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ (R^2) อยู่ในช่วงประมาณ 0.94–0.99 แสดงให้เห็นว่ากลไกการดูดซับเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีบนพื้นผิวของตัวดูดซับ การศึกษาไอโซเทอมการดูดซับพบว่าข้อมูลสอดคล้องกับไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชมากกว่าแบบแลงเมียร์ แสดงถึงการดูดซับแบบหลายชั้นบนพื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้การวิเคราะห์แบบจำลองพลังงานกระตุ้นจากสมการอาร์เรเนียส พบว่าค่าพลังงานกระตุ้น (E_a) ของการดูดซับสีย้อม Reactive Red 120 อยู่ในช่วง 3.3–7.29 กิโลจูลต่อโมล ซึ่งเป็นค่าพลังงานกระตุ้นในระดับต่ำ บ่งชี้ว่ากระบวนการดูดซับสามารถเกิดขึ้นได้ง่ายและสอดคล้องกับกลไกการดูดซับเชิงเคมี ฟิล์มคอมโพสิตที่พัฒนาขึ้นจึงมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เป็นวัสดุดูดซับต้นทุนต่ำ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ABSTRACT

This research aimed to investigate the factors affecting the adsorption of Reactive Red 120 dye and to study the physical and chemical properties of composite films. The adsorption behavior was explained using kinetic, isotherm, and thermodynamic models. The experiments were divided into three parts: (1) characterization of the adsorbent using SEM, EDX, FTIR, and XPS techniques; (2) batch adsorption studies using 0.3 g of composite film with initial dye concentrations ranging from 100–300 mg/L, pH values of 2–10, temperatures of 30–50 °C, and contact times of 10–360 minutes; and (3) analysis of adsorption models. The results showed that adsorption occurred rapidly during the initial stage and gradually approached equilibrium as the contact time increased. The optimal conditions for maximum adsorption efficiency were observed at 40 °C and pH 2 with an initial dye concentration of 300 mg/L, followed by temperatures of 30 and 50 °C, respectively. The kinetic study indicated that the experimental data were best described by the pseudo-second-order kinetic model, with correlation coefficients (R^2) ranging from approximately 0.94 to 0.99, suggesting that the adsorption mechanism involved chemisorption on the adsorbent surface. The adsorption isotherm analysis revealed that the experimental data fitted the Freundlich isotherm model better than the Langmuir model, indicating multilayer adsorption on a heterogeneous surface. Furthermore, the activation energy calculated from the Arrhenius equation ranged from 3.3 to 7.29 kJ/mol, which is relatively low, suggesting that the adsorption process can occur easily and is consistent with a chemisorption mechanism. Therefore, the developed composite film demonstrates potential as a low-cost, environmentally friendly adsorbent suitable for treating dye-contaminated wastewater from the textile industry.