

เสาวณีย์ ชูยิ่งสกุลทิพย์ : การกำจัดสีย้อมธรรมชาติจากแก่นฝางในน้ำทิ้งของกระบวนการย้อมผ้าไหม โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส (REMOVAL OF NATURAL DYE OF SAPPAN WOOD (*CEASALPINIA SAPPAN* LINN.) FROM EFFLUENT OF SILK DYEING USING EUCALYPTUS ACTIVATED CARBON) อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร. ชัยยศ ตั้งสถิตย์กุลชัย, 153 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาการกำจัดสีย้อมธรรมชาติจากแก่นฝางในน้ำทิ้งของกระบวนการย้อมผ้าไหมด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส โดยมีจุดมุ่งหมายของการดำเนินวิธีการวิจัย เพื่อเตรียมถ่านกัมมันต์ที่มีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่แตกต่างกัน แล้วนำถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ไปดูดซับสีย้อมนี้ทั้งในระบบดูดซับแบบงวด (Batch adsorption) และระบบดูดซับแบบเบดนิ่ง (Fixed-bed adsorption) สำหรับถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับมีทั้งหมด 3 ตัวอย่าง คือ AC800 AC900 และ OA800 โดยตัวอย่าง AC800 และ AC900 เตรียมด้วยวิธีกระตุ้นทางกายภาพด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้มีสมบัติความพรุนที่แตกต่างกัน ส่วนตัวอย่าง OA800 นั้นทำการเพิ่มหมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ AC800 ด้วยการออกซิเดชันด้วยอากาศ พบว่าถ่านกัมมันต์ AC800 AC900 และ OA800 มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 738, 921 และ 833 ตารางเมตรต่อกรัม ตามลำดับ ปริมาตรรูพรุนรวมเท่ากับ 0.39, 0.53 และ 0.45 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ตามลำดับ ขนาดรูพรุนเฉลี่ย 21.2, 23 และ 21.7 อังสตรอม ตามลำดับ และมีสัดส่วนของปริมาตรรูพรุนขนาดกลางร้อยละ 31, 43 และ 34 เทียบกับปริมาตรรูพรุนรวม ตามลำดับ และมีปริมาณหมู่ฟังก์ชันออกซิเจน (คาร์บอกซิล แล็กโทน และฟีนอล) บนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ เรียงจากมากไปน้อย คือ OA800 AC900 และ AC800 ตามลำดับ

เมื่อนำถ่านกัมมันต์ทั้งสามตัวอย่างมาทดสอบการดูดซับในระบบดูดซับแบบงวด โดยสารละลายสีเชิงซ้อน  $[Al(brazilein)_2]^+$  ที่ใช้ในการทดลองมีความเข้มข้นเริ่มต้น 220 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งได้มาจากสารละลายที่เหลือจากการย้อมเส้นไหมที่เตรียมจากการผสมระหว่างสารละลายสีสกัดจากแก่นฝาง และสารส้ม  $[KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O]$  โดยศึกษาผลของปริมาณถ่านกัมมันต์ต่อการดูดซับ, ระยะเวลาในการดูดซับ และอุณหภูมิของสารละลาย (25 ถึง 40 องศาเซลเซียส) พบว่าถ่านกัมมันต์ AC900 มีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงสุด เนื่องจากมีขนาดรูพรุนที่ใหญ่กว่า และปริมาตรรูพรุนมากกว่า โดยมีค่าปริมาณการดูดซับสูงสุดที่อุณหภูมิการดูดซับ 25 30 และ 40 องศาเซลเซียส เท่ากับ 1010 1586 และ 1659 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สำหรับจลนพลศาสตร์ของการดูดซับสามารถอธิบายได้ดีด้วยสมการจลนพลศาสตร์การดูดซับอันดับสองเทียม (Pseudo-second order kinetic model) และพบว่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของสารละลายสีเชิงซ้อนภายในรูพรุนมีค่าอยู่ในช่วง

$5.88 \times 10^{-9}$  ถึง  $4.81 \times 10^{-8}$  ตารางเซนติเมตรต่อวินาที ขึ้นกับสภาวะการทดลอง สำหรับการศึกษาศมดุล การดูดซับ พบว่าไอโซเทิร์มของการดูดซับสามารถอธิบายได้ด้วยสมการของแลงมัวร์ (Langmuir isotherm) และการศึกษาเทอร์โมไดนามิกส์ของการดูดซับ พบว่าการดูดซับสารละลายสี่ย้อมนี้เป็น กระบวนการดูดความร้อน (Endothermic process) และกระบวนการดูดซับสามารถเกิดขึ้นได้เอง (Spontaneous process)

สำหรับการดูดซับสี่เชิงซ้อนจากสารละลายที่เหลือจากการย้อมเส้นไหมในระบบดูดซับ แบบเบดนิ่ง โดยใช้ถ่านกัมมันต์ AC800 และศึกษาผลของอัตราการไหล (989 ถึง  $2472 \text{ kg/h-m}^2$ ) และผลของความสูงเบด (7.5 ถึง 12.5 เซนติเมตร) พบว่าเวลาเบรกทรมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงของเบดนิ่ง เพิ่มขึ้น และอัตราการไหลของสายป้อนลดลง และสภาวะที่ให้ค่าปริมาณการดูดซับสารละลายสี่เชิงซ้อนที่จุดเบรกทรมากสุดของถ่านกัมมันต์ AC800 คือ ที่ความสูงเบด 12.5 เซนติเมตร และอัตราการไหล  $2472 \text{ กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง}$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $31.25 \text{ มิลลิกรัมต่อกรัม}$  และพบว่า ถ่านกัมมันต์ AC900 มีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงสุด โดยพิจารณาจากเวลาเบรกทรู ซึ่งมีค่าเท่ากับ 356 นาที ปริมาณการดูดซับที่เวลาเบรกทรู เท่ากับ  $74.38 \text{ มิลลิกรัมต่อกรัม}$  และปริมาณการดูดซับสูงสุดที่สภาวะสมดุล เท่ากับ  $158.46 \text{ มิลลิกรัมต่อกรัม}$  ที่อัตราการไหลของสายป้อน  $1236 \text{ กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง}$  และความสูงเบด 10 เซนติเมตร นอกจากนี้การทดสอบกราฟ เบรกทรูด้วยแบบจำลองของโทมัส (Thomas model) ซึ่งมีสมมติฐาน คือ อัตราการดูดซับอยู่ในรูปของสมการจลนพลศาสตร์เคมีอันดับสองเทียม และไอโซเทิร์มเป็นแบบแลงมัวร์ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์  $q_0$ ,  $\beta$  และ  $k$  ของแบบจำลองของโทมัสแบบ 3 พารามิเตอร์ สามารถอธิบายกราฟเบรกทรูของการดูดซับสารละลายสี่เชิงซ้อนได้ดี และพบว่าไม่มี ความสัมพันธ์อย่างชัดเจนระหว่างค่าของความสูงเบดและอัตราการไหลต่อค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของสมการได้

SAOWANEE CHUYINGSAKUNTIP : REMOVAL OF NATURAL DYE  
OF SAPPAN WOOD (*CEASALPINIA SAPPAN* LINN.) FROM EFFLUENT  
OF SILK DYEING USING EUCALYPTUS ACTIVATED CARBON.  
THESIS ADVISOR : PROF. CHAIYOT TANGSATHITKULCHAI,  
Ph.D., 153 PP.

#### ADSORPTION/ACTIVATED CARBON/SAPPAN WOOD /EUCALYPTUS

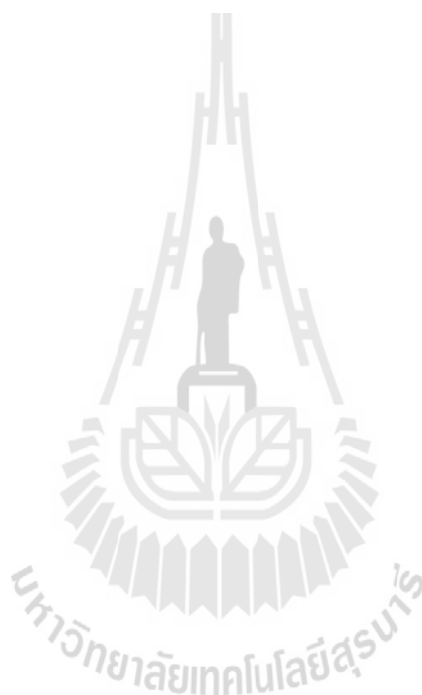
The objective of this research was to prepare the activated carbons from Eucalyptus wood with different pore structure and surface chemistry and used them to remove the residual dye left after the silk-dyeing process. Both of batch adsorption and fixed-bed adsorption were performed using three activated carbons (sample AC800, AC900 and OA800) as adsorbents with sample AC800 and AC900 being obtained by physical activation with carbon dioxide and sample OA800 by oxidizing carbon sample AC800 with air. The porous properties including the BET surface area, average pore size, mesopore and macropore volume and total pore volume were also determined, giving 738 m<sup>2</sup>/g, 21.2 Å, 31% of total pore and 0.39 cm<sup>3</sup>/g, 921 m<sup>2</sup>/g, 23 Å, 43% of total pore and 0.53 cm<sup>3</sup>/g, and 833 m<sup>2</sup>/g, 21.7 Å, 34% of total pore and 0.45 cm<sup>3</sup>/g for the carbon sample AC800, AC900 and OA800, respectively. The order of increasing oxygen-containing functional group (carboxyl, lactone and phenol) on the surface of activated carbon is: OA800>AC900>AC800.

For batch adsorption, the dye solution used was a cationic aluminium dye complex of [Al(brazilein)<sub>2</sub>]<sup>+</sup> derived from a mixture of alum and extract of the

heartwood of *Ceasalpinia sappan* Linn., with dye concentration of 220 mg/l being used as the starting feed. Effects of adsorbent dosage, adsorption time and temperature in the range of 25-40°C on the dye adsorption were investigated. It was found that the carbon sample AC900 is a very effective adsorbent for adsorption of this cationic dye due to its containing larger pore size and pore volume and the maximum adsorption capacity was 1010, 1586 and 1659 mg/g at 25, 30 and 40°C, respectively. The adsorption kinetics of this cationic dye was best described by the pseudo-second order kinetic model. The values of effective pore diffusivity of this cationic dye in porous carbon were found to vary in the range of  $5.88 \times 10^{-9}$  to  $4.81 \times 10^{-8}$  cm<sup>2</sup>/s. Adsorption isotherms of this cationic dye were well fitted by the Langmuir equation. Thermodynamic study showed that the adsorption of this cationic dye was feasible, spontaneous and endothermic process.

Furthermore, the adsorption of this cationic dye onto eucalyptus activated carbon was studied in a fixed-bed column. The effects of feed flow rate (0.8-2 ml/min) and bed height (7.5-12.5 cm) on the dye adsorption were investigated using carbon sample AC800. The results indicated that the breakthrough time increased with increasing in bed height and decreasing in the flow rate. The highest breakthrough capacity of 31.25 mg/g was obtained using 12.5 cm of bed height and 2472 kg/h-cm<sup>2</sup> of feed flow rate for the carbon sample AC800. The bed height of 10 cm and feed flow rate of 1236 kg/h-cm<sup>2</sup> for carbon sample AC900 was found to be most effective for adsorption of this cationic dye in fixed-bed adsorption and gave 356 min of the breakthrough time, 74.38 mg/g of the breakthrough capacity, and 158.46 mg/g of the equilibrium adsorbed capacity. Thomas model based on the assumption of a pseudo-

second order rate equation and Langmuir isotherm, has been applied to predict the breakthrough curves by optimizing the model parameters,  $q_o$ ,  $\beta$  and  $k$ . The breakthrough results predicted by this model was found to be in good agreement with the experimental data but there was no specific trend for the variation of the model parameters with the process variables.



School of Chemical Engineering

Academic Year 2013

Student's Signature \_\_\_\_\_

Advisor's Signature \_\_\_\_\_