

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการดูดซับสีย้อมเมทิลไวโอเลต เมทิลีนบลูและเมทิลออเรนจ์บนท่อนาโนคาร์บอนแบบผนังหลายชั้น พบว่ากลไกการดูดซับสีย้อมทั้งสามชนิดสอดคล้องกับปฏิกิริยาอันดับสองเหมือน และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อม ปริมาณการดูดซับสีย้อมที่ระยะเวลาต่าง ๆ มีค่าเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้กลไกการดูดซับสีย้อมเกี่ยวข้องกับแบบจำลองการแพร่ภายในอนุภาค โดยแบบจำลองดังกล่าวไม่ได้เป็นขั้นกำหนดหรือควบคุมอัตราเพียงอย่างเดียว แต่แบบจำลองอื่น ๆ ทางกลไกการดูดซับสีย้อมอาจกำหนดอัตราของการดูดซับ ซึ่งเกิดขึ้นอย่างพร้อม ๆ กัน

การศึกษาเชิงเปรียบเทียบของไอโซเทอร์มของการดูดซับสีย้อมทั้งสามชนิดที่อุณหภูมิ 20, 30 และ 45 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับแบบจำลองไอโซเทอร์มแลงเมียร์ โดยความสามารถของท่อนาโนคาร์บอนแบบผนังหลายชั้นในการดูดซับสีย้อมสูงสุด เท่ากับ 250 และ 167 และ 75 มิลลิกรัมต่อกรัม สำหรับ เมทิลไวโอเลต เมทิลีนบลูและเมทิลออเรนจ์ ตามลำดับ

การวิเคราะห์ค่าทางอุณหพลศาสตร์ของการดูดซับสีย้อมเมทิลไวโอเลตและเมทิลีนบลูบนท่อนาโนคาร์บอนแบบผนังหลายชั้น พบว่า มีค่าการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีต่อโมลที่สถานะมาตรฐาน (ΔH°) มีค่าเท่ากับ 11.58 และ 52.65 กิโลจูลต่อโมล ซึ่งมีค่าเป็นบวก แสดงว่ากระบวนการดูดซับเป็นแบบดูดความร้อน การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีต่อโมลที่สถานะมาตรฐาน (ΔS°) มีค่าเท่ากับ 73.43 และ 204.02 จูลต่อโมลต่อเคลวิน ซึ่งมีค่าเป็นบวก แสดงว่ากระบวนการดูดซับที่เกิดขึ้นมีความไม่เป็นระเบียบ และการเปลี่ยนแปลงพลังงานอิสระของกิบส์ที่สถานะมาตรฐาน (ΔG°) มีค่าเป็นลบทั้งหมดที่ทุกอุณหภูมิ แสดงว่าเป็นกระบวนการดูดซับที่สามารถเกิดขึ้นเองได้ ภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่กำหนด ดังนั้นการดูดซับสีย้อมเมทิลไวโอเลตและเมทิลีนบลูบนท่อนาโนคาร์บอนแบบผนังหลายชั้นเป็นกระบวนการดูดซับแบบดูดความร้อนที่เกิดขึ้นเองได้ และจากการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีที่มีค่าน้อยกว่า 84 กิโลจูลต่อโมล และการเปลี่ยนแปลงพลังงานอิสระของกิบส์ที่มีค่าอยู่ระหว่าง -20-0 กิโลจูลต่อโมลจึงเป็นข้อยืนยันว่าการดูดซับสีย้อมเมทิลไวโอเลตและเมทิลีนบลูบนท่อนาโนคาร์บอนแบบผนังหลายชั้นเป็นการดูดซับทางกายภาพ

เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาระหว่างสีย้อมและท่อนาโนคาร์บอน พบว่าแรงขับเคลื่อนหลักของการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูและเมทิลไวโอเลตน่าจะเป็น π - π stacking (π - π stacking interaction) ระหว่างโครโมฟอร์คอนจูเกตอะโรมาติกของสีย้อมและโครงสร้างเสกเซโกนอลของ

ท่อนาโนคาร์บอนจึงส่งผลให้อิเล็กตรอนชนิด π เกิดการดีโลคัลไลซ์ และสามารถเคลื่อนที่ไปได้ทั่วทั้งโมเลกุล จึงทำให้โมเลกุลของสีย้อมสามารถดูดซับกับท่อนาโนคาร์บอนได้ในแนวระนาบหรือแบนราบเท่านั้นซึ่งสอดคล้องกับแบบจำลองไอโซเทอร์มของแลงเมียร์ที่เกิดการดูดซับแบบชั้นเดียวสำหรับการดูดซับโมเลกุลสีย้อมที่มีขนาดใหญ่

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาการดูดซับสีย้อมบนท่อนาโนคาร์บอนแบบผนังหลายชั้น ควรมีการศึกษาในการเปลี่ยนแปลงช่วงของค่าพีเอช
2. การศึกษาจลนศาสตร์และสมดุลการดูดซับ ควรใช้เครื่อง Thermostat shaking ทำหน้าที่เป็นเครื่องเขย่าที่ควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้เข้าสู่สมดุลซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการสัมผัสระหว่างสีย้อมกับท่อนาโนคาร์บอนมากขึ้น
3. การศึกษาจลนศาสตร์ของการดูดซับ ควรศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่การหาค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของกระบวนการดูดซับ