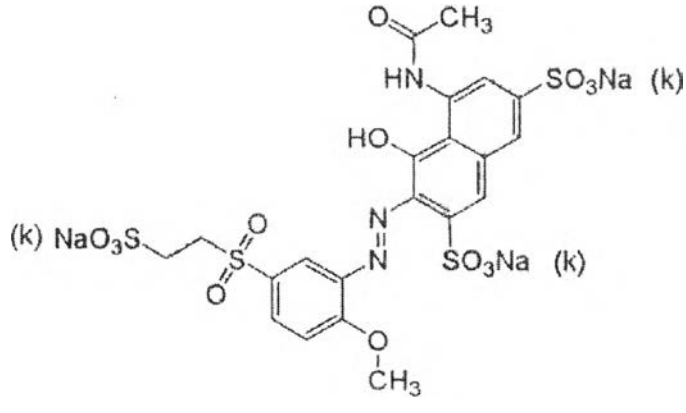
บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 วัตถุดิบ

1) ไคโตซาน น้ำหนักโมเลกุล 480,000 ดาลตัน มีร้อยละการกำจัดหมู่แอซิทิล (%DD) เท่ากับ 90 ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทบรรวัชรไบโอไลน์

2) สีย้อมรีแอกทีฟเรด (C.I. Reactive Red 35) ชื่อทางการค้า Mohizal Red 5B ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท วี.พี.ซี กรุ๊ป จำกัด ซึ่งมีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังรูปที่ 3.1



Reactive Red 35

รูปที่ 3.1 โครงสร้างทางเคมีของ Reactive Red 35 [45]

3.1.2 สารเคมี

1) ไทเทเนียมเททระไอโซโพรพอกไซด์ (titanium (IV) isopropoxide, TIP) เป็นเกรดวิเคราะห์ (AR grade) จากห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ. ซี. เอส. ซีนอน

2) ไทเทเนียเชิงการค้า A100 ซึ่งอยู่ในรูปของผลึกแอนาเทส ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท วี.พี.ซี.กรุ๊ป จำกัด

3) เอทานอล (ethanol, C_2H_5OH) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH) และกรดไนตริก (nitric acid, HNO_3) สารเคมีทุกตัวเป็นเกรดวิเคราะห์ (AR grade) จากบริษัทห้างหุ้นส่วนจำกัด ที.ซี. สถาพร กรุ๊ป

4) กรดแอซิติก (glacial acetic acid, CH_3COOH) เป็นเกรดวิเคราะห์ (AR grade) จากบริษัท Mallinckrodt Baker

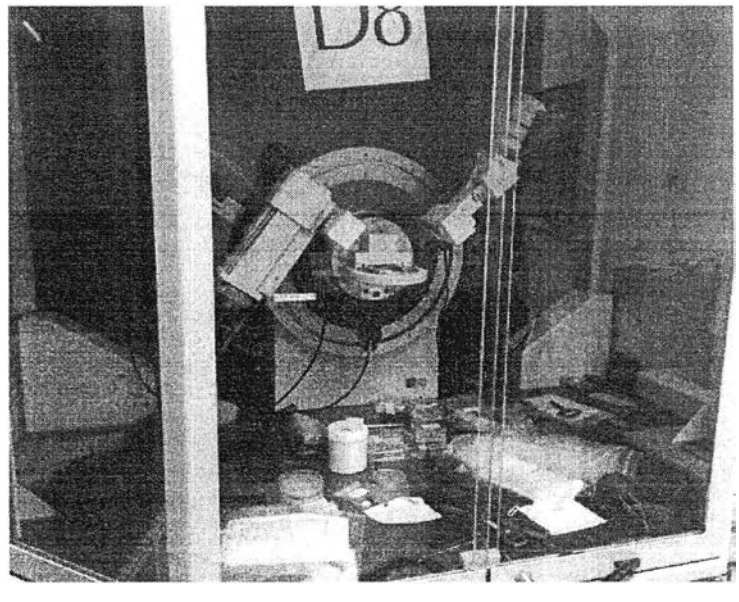
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) ตู้แสง (color assessment cabinet) รุ่น VERIVIDE LTD CAC 60
2) เครื่องชั่ง (analytical balance)
3) กระดาษวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH paper)
4) ตู้อบให้ความร้อน (oven)

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

1) เครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (X-Ray Diffraction, XRD) รุ่น D8 ADVANCE, BRUKER เพื่อใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกและความเป็นผลึกของวัสดุดูดซับ โดยอาศัยหลักการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ที่ตกกระทบบนหน้าผลึกของสารตัวอย่างที่มุมต่างๆกัน

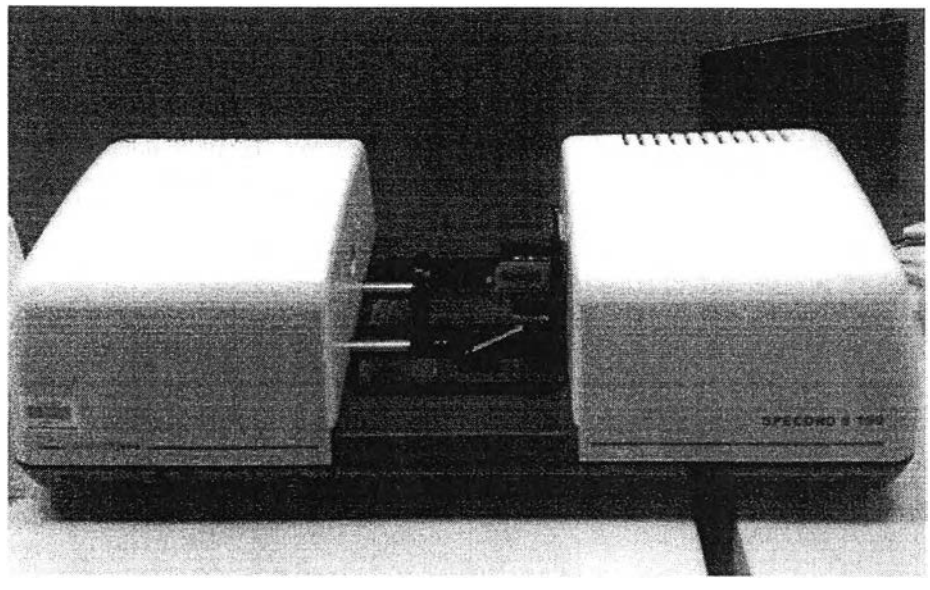
635535697



รูปที่ 3.2 เครื่องทดสอบเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน รุ่น D8 ADVANCE, BRUKER

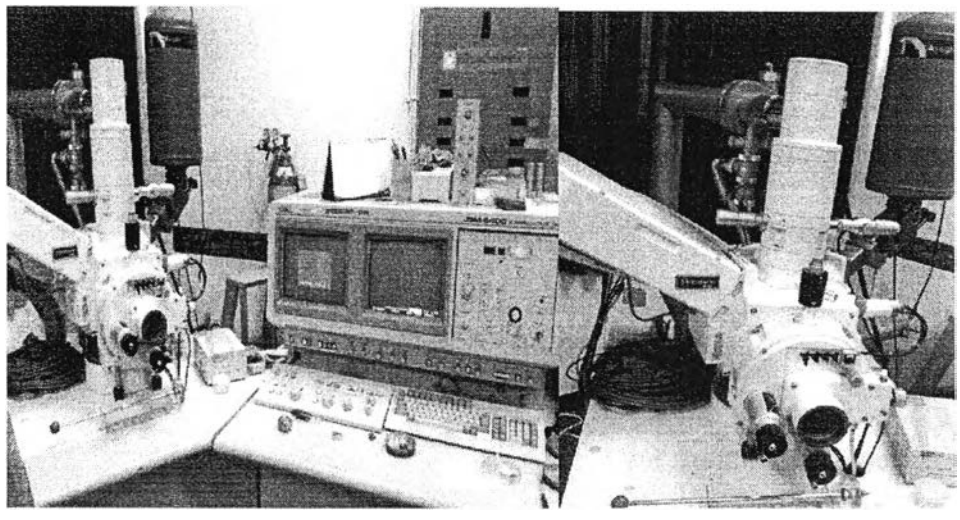
2) เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV/VIS Spectrophotometer) รุ่น SPECCORD S100 เพื่อใช้ในการศึกษาความเข้มข้นของสีย้อมที่เปลี่ยนแปลงไป โดยวิเคราะห์จากค่าการดูดกลืน

แสงของสีย้อม แล้วนำค่าดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน ที่สร้างขึ้นระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของสี ณ ความเข้มข้นที่แตกต่างกันที่ ณ ความยาวคลื่นที่สูงที่สุดที่สามารถดูดกลืนแสงได้



รูปที่ 3.3 เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น SPECCORD S100

3) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) รุ่น JSM-6400, JEOL เพื่อใช้ในการศึกษาโครงสร้างทางสัณฐานวิทยา ลักษณะพื้นผิววัสดุดูดซับ และอนุภาคไทเทเนียบริเวณพื้นผิวของวัสดุดูดซับชนิดต่างๆ โดยมีหลักการทำงานโดยการยิงลำอิเล็กตรอน (primary electron) ผ่านเลนส์ เมื่อลำอิเล็กตรอนถูกกราดบนผิวของชิ้นงานจะเกิดอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (secondary electron) ขึ้น จากนั้นสัญญาณจากอิเล็กตรอนทุติยภูมิจะถูกบันทึก แล้วแปลงไปเป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ ปรากฏภาพขึ้นบนจอรับภาพ โดยภาพที่ได้จะมีลักษณะเป็นภาพ 3 มิติ สามารถบันทึกได้ทันทีจากเครื่อง [46]



รูปที่ 3.4 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด รุ่น JSM-6400, JEOL

055535597

3.4 การดำเนินงานวิจัย

3.4.1 การเตรียมเม็ดวัสดุดูดซับไคโตซาน

1) เตรียมสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 2% ในสารละลายกรดแอซิติก (acetic acid) ที่ความเข้มข้น 2% แล้วปั่นกวนสารละลายด้วยแท่งแม่เหล็กเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้ไคโตซานละลายได้อย่างสมบูรณ์

2) นำสารละลายไคโตซานที่เตรียมได้จากข้อ 1 หยดลงไปในสารละลายผสมปริมาตร 300 มิลลิลิตร ที่เตรียมขึ้นระหว่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 8% โดยน้ำหนักกับเอทานอล ในอัตราส่วน 90:10 โดยปริมาตร โดยใช้หลอดหยดเพื่อให้เกิดเป็นเม็ดวัสดุดูดซับไคโตซาน

3) หลังจากนั้นแช่เม็ดวัสดุดูดซับไคโตซานที่หยดได้เอาไว้ในสารละลายผสมเป็นเวลา 2 วัน เพื่อให้มีรูปแบบที่เป็นเม็ดอย่างสมบูรณ์ ไม่แตกยุ่ย

4) กรองเม็ดวัสดุดูดซับไคโตซานที่ได้ แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นจนมีภาวะเป็นกลาง (ที่ pH ประมาณ 7) ซึ่งตรวจสอบโดยการใช้กระดาษพีเอช วัดค่าพีเอชของน้ำที่อยู่เหนือเม็ดวัสดุดูดซับไคโตซาน

5) ทำการอบเม็ดวัสดุดูดซับไคโตซานที่ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเก็บรวมไว้ในขวดแก้วก่อนนำไปทดสอบ

6) นำเอาเม็ดวัสดุดูดซับไคโตซานที่เตรียมได้มาทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อม และทำการวิเคราะห์เฟสและผลึกของวัสดุดูดซับไคโตซานด้วยเทคนิคเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน และศึกษาโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของวัสดุดูดซับไคโตซานด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ตามลำดับ

3.4.2 การเตรียมไทเทเนียโซลจากวิธีโซลเจล

1) เตรียมไทเทเนียโซลโดยใช้ไทเทเนียมเททระไอโซโพรพอกไซด์ (Titanium (IV) isopropoxide, TIP) เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมไทเทเนีย โดยนำไทเทเนียมเททระไอโซโพรพอกไซด์ที่ความเข้มข้น 10% และ 20% มาละลายในสารละลายกรดแอซิติกที่ความเข้มข้น 5% โดยปริมาตร และกรดไนตริกที่ความเข้มข้น 0.1% โดยปริมาตร

2) ทำการกวนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้ไทเทเนียมเททระไอโซ-โพรพอกไซด์ละลายจนหมดโดยไม่จับตัวเป็นก้อน

3) จากนั้นทำการกวนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ไทเทเนียโซลที่เสถียรและไม่ตกตะกอน หลังจากนั้นนำเอาสารละลายไทเทเนียโซลที่เตรียมได้ไปใช้ในขั้นตอนการเตรียมวัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล

3.4.3 การเตรียมเม็ดวัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล

1) นำสารละลายไคโตซานที่เตรียมได้จากข้อ 3.4.1 และสารละลายไทเทเนียโซลที่เตรียมได้จากข้อ 3.4.2 มาผสมเข้าด้วยกันตามอัตราส่วนที่แสดงเอาไว้ในตารางที่ 3.1 จากนั้นทำการปั่นกวนด้วยแท่งแม่เหล็กจนสารละลายผสมรวมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน

65553597

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนการผสมระหว่างสารละลายไคโตซานต่อสารละลายไทเทเนียโซล

สารละลายไคโตซาน (มิลลิลิตร)	สารละลายไทเทเนียโซล (มิลลิลิตร)
100	0
80	20
60	40

2) หลังจากเตรียมอัตราส่วนของวัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจลแล้ว ทำการกวนสารละลายผสมให้เข้าด้วยกันด้วยแท่งแม่เหล็กเป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาหยดลงในสารละลายผสมปริมาณ 300 มิลลิลิตร ที่เตรียมขึ้นระหว่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 8% โดยน้ำหนัก กับเอทานอลในอัตราส่วน 90:10 โดยปริมาตร โดยใช้หลอดหยดเพื่อ ให้เกิดเป็นเม็ดวัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล

3) แช่เม็ดวัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนีย ที่หยดได้เอาไว้ในสารละลายผสมเป็นเวลา 2 วัน เพื่อให้ได้เม็ดวัสดุเชิงประกอบที่มีรูปแบบที่เป็นเม็ดอย่างสมบูรณ์ ไม่แตกยุ่ย

4) กรองเม็ดวัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียที่ได้ แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นจนมีภาวะเป็นกลาง (ที่ pH ประมาณ 7) ซึ่งตรวจสอบโดยการใช้กระดาษพีเอช วัดค่าพีเอชของน้ำที่อยู่เหนือเม็ดวัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล

5) ทำการอบเม็ดวัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง และอีกภาวะหนึ่งจะทำการอบวัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนีย ด้วย

วิธีโซลเจลโดยตรง ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพื่อศึกษาผลของการอบผนึกที่อุณหภูมิสูงต่อความเป็นผลึกไทเทเนียที่เตรียมจากวิธีโซลเจลในวัสดุเชิงประกอบ จากนั้นเก็บเม็ดวัสดุเชิงประกอบแต่ละชนิดลงในขวดแก้ว

6) นำเอาวัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจลทั้ง 2 ประเภท ที่เตรียมได้มาทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อม และทำการวิเคราะห์เฟสและผลึกของวัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล ด้วยเทคนิคเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน และศึกษาโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาวัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเช่นเดียวกันกับการทดสอบของเม็ดวัสดุดูดซับไคโตซาน

3.4.4 การเตรียมเม็ดวัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียเชิงการค้าA100

1) คำนวณปริมาณไทเทเนียเป็นกรัมที่มีอยู่ในสารละลายไทเทเนียโซล ที่นำมาเตรียมในวัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนีย โดยตั้งสมมติฐานว่าสารตั้งต้น คือ ไทเทเนียมเททระไอโซโพรพอกไซด์ที่ใช้ ได้เปลี่ยนไปเป็นไทเทเนียโดยสมบูรณ์ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณประกอบด้วย สารเริ่มต้นปฏิกิริยาไทเทเนียมเททระไอโซโพรพอกไซด์ (TIP) มีน้ำหนักโมเลกุล 383.867 กรัม/โมล (g/mol) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) มีน้ำหนักโมเลกุล 79.867 กรัม/โมล (g/mol) และสารเริ่มต้นปฏิกิริยาไทเทเนียมเททระไอโซโพรพอกไซด์ (TIP) มีความหนาแน่น 0.96 กรัมต่อปริมาตร (g/cm^3) จากผลการคำนวณสามารถสรุปปริมาณผงไทเทเนียเชิงการค้า ที่จะนำมาเตรียมเป็นวัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียเชิงการค้าได้ตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ปริมาณไทเทเนียเชิงการค้าที่นำมาใช้ในการเตรียมวัสดุเชิงประกอบที่เทียบกับไทเทเนียที่ได้มาจากวิธีโซลเจล

สารละลายไทเทเนียโซล (มิลลิลิตร)	ผงไทเทเนียเชิงการค้า (กรัม)
อัตราส่วน 20% ของไทเทเนียโซลจากการเตรียมไทเทเนียมเททระไอโซโพรพอกไซด์ (TIP) 10%	0.399
อัตราส่วน 40% ของไทเทเนียโซลจากการเตรียมไทเทเนียมเททระไอโซโพรพอกไซด์ (TIP) 10%	0.799
อัตราส่วน 20% ของไทเทเนียโซลจากการเตรียมไทเทเนียมเททระไอโซโพรพอกไซด์ (TIP) 20%	0.798
อัตราส่วน 40% ของไทเทเนียโซลจากการเตรียมไทเทเนียมเททระไอโซโพรพอกไซด์ (TIP) 20%	1.597

2) นำไทเทเนียเชิงการค้าตามจำนวนกรัมที่คำนวณได้ ค่อยๆนำมาผสมลงในสารละลายไคโตซานตามอัตราส่วนดังแสดงเอาไว้ในตารางที่ 3.1 หลังจากนั้นทำการเตรียมวัสดุเชิงประกอบดังกล่าวเช่นเดียวกับการเตรียมเม็ดวัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล และทำการทดสอบต่างๆ เช่นเดียวกันกับวัสดุดูดซับไคโตซานและวัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล

3.4.5 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมรีแอกทีฟของวัสดุดูดซับประเภทต่างๆ

ก่อนทำการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมของวัสดุดูดซับประเภทต่างๆ ในขั้นแรกต้องทำการเตรียมกราฟมาตรฐานของสีย้อมที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งในการศึกษานี้สีย้อมรีแอกทีฟเรด 35 ได้ถูกเลือกมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมของวัสดุดูดซับประเภทต่างๆ

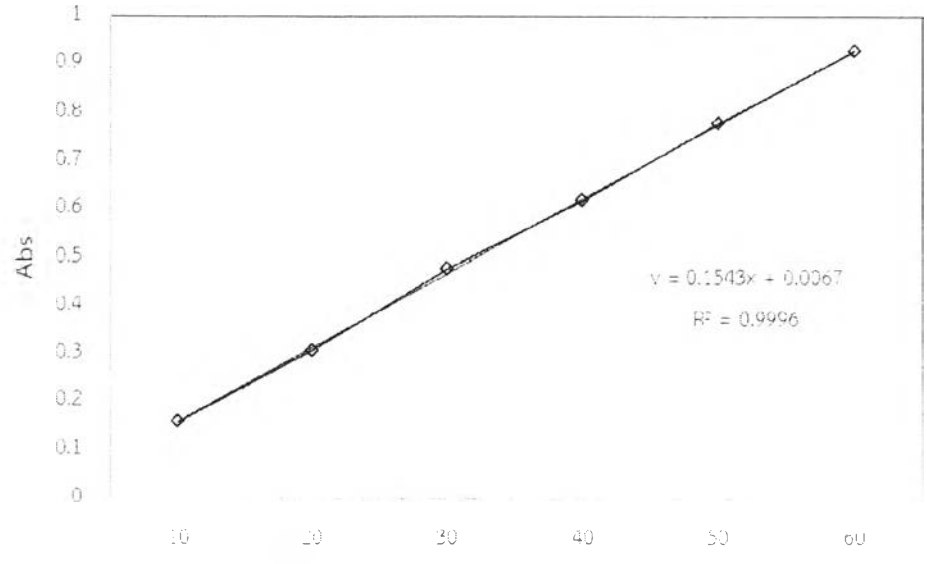
3.4.5.1) เตรียมกราฟมาตรฐานของสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟ

1) เตรียมสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟเรด 35 ที่ความเข้มข้น 60 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อนำมาหาค่าความยาวคลื่นที่สูงที่สุดของการดูดกลืนแสง (absorbance) ของสีย้อมรีแอกทีฟนี้ ในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร จากผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงสรุปได้ว่า ความยาวคลื่นที่ให้การดูดกลืนแสงมากที่สุดของสีย้อมนี้คือ ณ ความยาวคลื่น 512 นาโนเมตร

2) เตรียมความเข้มข้นของสีย้อมรีแอกทีฟเรดที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน คือที่ 10 20 30 40 50 และ 60 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากนั้นนำแต่ละความเข้มข้นมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 512 นาโนเมตร แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ในแต่ละความเข้มข้นของสีย้อมมาสร้างกราฟความเข้มข้นมาตรฐาน (calibration curve) ดังแสดงเอาไว้ในรูปที่ 3.5

ตารางที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 512 นาโนเมตรที่ความเข้มข้นต่างๆของสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟ

ความเข้มข้นของสีย้อม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)
10	0.16
20	0.31
30	0.48
40	0.62
50	0.78
60	0.93



รูปที่ 3.5 กราฟความเข้มข้นมาตรฐานของสีย้อมรีแอกทีฟเรด 35

3.4.5.2) ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมรีแอกทีฟของเม็ดวัสดุดูดซับประเภทต่างๆ

1) เตรียมสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟเรด 35 ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 60 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

2) นำ 2 กรัมของวัสดุดูดซับแต่ละประเภทมาแช่ลงในบีกเกอร์ที่มีสารละลายสีย้อม 10 มิลลิลิตร

3) จากนั้นนำบีกเกอร์ที่มีวัสดุดูดซับและสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟไปวางไว้ในภาวะมืด ก่อนทำการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมเป็นเวลา 30 นาที

4) หลังจาก 30 นาทีในภาวะมืด นำเอาบีกเกอร์ที่มีทั้งวัสดุดูดซับและสารละลายสีย้อมมาอังด้วยแสงยูวีภายใต้เครื่อง color assessment cabinet เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และทุกๆ 1 ชั่วโมง จะทำการดูดสารละลายสีย้อมปริมาณเล็กน้อย ขึ้นมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 512 นาโนเมตร

5) หลังจากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาทำการเทียบค่าการดูดกลืนแสงของสีย้อมในกราฟความเข้มข้นมาตรฐานเพื่อเทียบเป็นความเข้มข้นของสีย้อม เมื่อได้ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่เหลืออยู่ในบีกเกอร์แล้ว จึงนำไปคำนวณหาความเข้มข้นของสีย้อมที่วัสดุดูดซับได้ดูดเข้าไป

6) จากนั้นนำค่าที่ได้มาวาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซ็นต์ของสีย้อมที่ถูกดูดซับเทียบกับเวลา (ชั่วโมง) ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยที่มาจากการทดลองที่ทำเหมือนกันทั้งหมด 3 ครั้ง

โดยวัสดุดูดซับที่ทำการศึกษาประกอบด้วย

1. วัสดุดูดซับไคโตซาน
2. วัสดุดูดซับเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียที่เตรียมด้วยวิธีโซลเจล ที่ความเข้มข้น 10% ของไทเทเนียมเททระไอโซโพรพอกไซด์ (TIP)
   2.1 วัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล ที่อัตราส่วนไคโตซานต่อไทเทเนียโซล 60:40 ที่ไม่ผ่านการบ่ม
   2.2 วัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล ที่อัตราส่วนไคโตซานต่อไทเทเนียโซล 80:20 ที่ไม่ผ่านการบ่ม
   2.3 วัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล ที่อัตราส่วนไคโตซานต่อไทเทเนียโซล 60:40 ที่ผ่านการบ่ม
   2.4 วัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล ที่อัตราส่วนไคโตซานต่อไทเทเนียโซล 80:20 ที่ผ่านการบ่ม
3. วัสดุดูดซับเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียที่เตรียมด้วยวิธีโซลเจล ที่ความเข้มข้น 20% ของไทเทเนียมเททระไอโซโพรพอกไซด์ (TIP)
   3.1 วัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล ที่อัตราส่วนไคโตซานต่อไทเทเนียโซล 60:40 ที่ไม่ผ่านการบ่ม
   3.2 วัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล ที่อัตราส่วนไคโตซานต่อไทเทเนียโซล 80:20 ที่ไม่ผ่านการบ่ม
   3.3 วัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล ที่อัตราส่วนไคโตซานต่อไทเทเนียโซล 60:40 ที่ผ่านการบ่ม
   3.4 วัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล ที่อัตราส่วนไคโตซานต่อไทเทเนียโซล 80:20 ที่ผ่านการบ่ม
4. วัสดุดูดซับเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียเชิงการค้า ที่ปริมาณผงไทเทเนียเทียบเท่ากับไทเทเนียที่ความเข้มข้น 10% ของ TIP
   4.1 วัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียเชิงการค้าที่อัตราส่วนไคโตซานต่อผงไทเทเนีย 60:40 ที่ไม่ผ่านการบ่ม
   4.2 วัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียเชิงการค้าที่อัตราส่วนไคโตซานต่อผงไทเทเนีย 80:20 ที่ไม่ผ่านการบ่ม
5. วัสดุดูดซับเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียเชิงการค้าที่ปริมาณผงไทเทเนียเทียบเท่ากับไทเทเนียที่ความเข้มข้น 20% ของ TIP
   5.1 วัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียเชิงการค้าที่อัตราส่วนไคโตซานต่อผงไทเทเนีย 60:40 ที่ไม่ผ่านการบ่ม
   5.2 วัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียเชิงการค้าที่อัตราส่วนไคโตซานต่อผงไทเทเนีย 80:20 ที่ไม่ผ่านการบ่ม

655535597

3.4.5.3) ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมรีแอกทีฟซ้ำของวัสดุดูดซับแต่ละประเภทในภาวะที่มีแสงยูวี

นำวัสดุดูดซับประเภทต่างๆ มาทำการดูดซับสีย้อมรีแอกทีฟซ้ำ โดยการใช้เม็ดวัสดุดูดซับชุดเดิมที่ผ่านการดูดซับสีย้อมรีแอกทีฟมาแล้วในครั้งแรก (เป็นเวลา 8 ชั่วโมง) มาดูดซับสีย้อมซ้ำในครั้งที่ 2 โดยจะทำการทดลองโดยใช้ปริมาณน้ำย้อม 10 มิลลิลิตรที่ความเข้มข้นเท่าเดิม ต่อเม็ดวัสดุดูดซับจำนวน 2 กรัมเช่นเดิม แล้วทำการเก็บน้ำสีย้อมตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ทุกๆ 1 ชั่วโมงเป็นเวลา 8 ชั่วโมง เพื่อหาความเข้มข้นของสีย้อมที่เปลี่ยนไป จากนั้นทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับสีย้อมซ้ำครั้งที่สองกับการดูดซับครั้งแรกของวัสดุดูดซับประเภทต่างๆ

3.4.6 ศึกษาไอโซเทิร์มการดูดซับสีย้อมของวัสดุดูดซับประเภทต่างๆ

ทำการวิเคราะห์ระบบการดูดซับสีย้อมโดยอาศัยพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ 2 รูปแบบ คือ การดูดซับของแลงเมียร์ (langmuir isotherm) และการดูดซับของฟรุนดลิช (freundlich isotherm) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่สมดุลกับจำนวนของตัวถูกดูดซับที่มีการดูดซับที่อุณหภูมิคงที่ โดยทำการทดลองดังนี้

1) เตรียมสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟเรด 35 ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 5 ความเข้มข้นคือ 50 60 70 80 และ 90 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

2) นำวัสดุดูดซับแต่ละประเภทจำนวน 2 กรัม มาแช่ในบีกเกอร์ที่มีสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟปริมาตร 10 มิลลิลิตรทั้ง 5 ความเข้มข้นเป็นเวลา 8 ชั่วโมง

3) หลังจากครบ 8 ชั่วโมงแล้ว ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตร-โฟโตมิเตอร์ (UV/VIS spectrophotometer) ของสารละลายสีย้อมรีแอกทีฟ ที่ความยาวคลื่น 512 นาโนเมตรทั้ง 5 ความเข้มข้น แล้วทำการเทียบค่าการดูดกลืนแสงของสีย้อมที่ได้กลับไปเป็นค่าความเข้มข้นของสีย้อม โดยใช้กราฟความเข้มข้นมาตรฐาน

4) นำค่าความเข้มข้นที่วัดได้ มาคำนวณหาค่าปริมาณสีย้อมที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักตัวดูดซับเมื่อเข้าสู่สมดุล (Q_e)

5) จากนั้นทำการวิเคราะห์ไอโซเทิร์มของการดูดซับสีย้อมของวัสดุดูดซับประเภทต่างๆ สำหรับไอโซเทิร์มการดูดซับแบบแลงเมียร์ (langmuir isotherm) จะทำการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง C_e/Q_e (แกนy) กับ C_e (แกนx) โดย C_e คือ ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมที่เหลือหลังการดูดซับที่สมดุล (mg/L) และสำหรับไอโซเทิร์มการดูดซับแบบฟรุนดลิช (freundlich isotherm) จะทำการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\log Q_e$ (แกนy) กับ $\log C_e$ (แกนx)

ซึ่งวัสดุดูดซับที่นำมาใช้ในการศึกษาไอโซเทิร์มประกอบด้วย

1. วัสดุดูดซับไคโตซาน

2. วัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล ที่ความเข้มข้น 10% ของ TIP ที่อัตราส่วนไคโตซานต่อไทเทเนียโซล 80:20 ที่ไม่ผ่านการบ่ม

3. วัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียด้วยวิธีโซลเจล ที่ความเข้มข้น 20% ของ TIP ที่อัตราส่วนไคโตซานต่อไทเทเนียโซล 80:20 ที่ไม่ผ่านการบ่ม

4. วัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียเชิงการค้าที่ปริมาณผงไทเทเนียเทียบเท่ากับไทเทเนียที่ความเข้มข้น 10% ของ TIP ที่อัตราส่วนไคโตซานต่อไทเทเนียเชิงการค้า 80:20

5. วัสดุเชิงประกอบไคโตซาน/ไทเทเนียเชิงการค้าที่ปริมาณผงไทเทเนียเทียบเท่ากับไทเทเนียที่ความเข้มข้น 20% ของ TIP ที่อัตราส่วนไคโตซานต่อไทเทเนียเชิงการค้า 80:20

65553597