

การดูดซับสารละลายสีย้อม Congo Red โดยวัสดุทางธรรมชาติ



นางสาวน้อม
นายประจวบ
นางสาวพรพรรณ

จังหวัด
อินทระญาติ
อินทรีใจเอื้อ

๒/๗
๒๖/๒/๗
๒๕๔๘

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 61795

วัน,เดือน,ปี 21 ก.ค. 2549

b. 115๑๘๔๑ x
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

The Adsorption of Congo Red dye using Natural materials

Miss Nim Jongthep
Mr. Prajuab Intayat
Miss Pornphan Ingaiuer

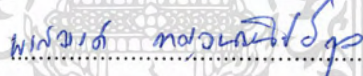
A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
For the degree of Bachelor of (Chemical Engineering)
Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

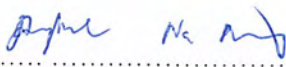
ปริญญานิพนธ์เรื่อง การดูดซับสารละลายสีย้อม Congo Red โดยวัสดุธรรมชาติ
โดย นางสาวนั้ม จงเทพ
นายประจวบ อินทะญาติ
นางสาวพรพรรณ อินทร์ใจเอื้อ
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. พรสวรรค์ กาญจนวณิชย์กุล
ดร. สุธาสินี เนรมิตตกพงศ์

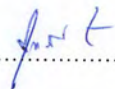
ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(ดร.พรสวรรค์ กาญจนวณิชย์กุล)


.....กรรมการ
(รศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา)


.....กรรมการ
(ผศ.ดร.ดวงกมล ณ ระนอง)


.....กรรมการ
(ดร.สุธาสินี เนรมิตตกพงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การดูดซับสารละลายสีย้อม Congo Red โดยวัสดุธรรมชาติ

โดย นางสาวน้อม จงเทพ 45015701

นายประจวบ อินทะญาติ 45015703

นางสาวพรพรรณ อินทร์ใจเอื้อ 45015704

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. พรสวรรค์ กาญจนวนิชย์กุล

ดร. สุธาสินี เนรมิตตกพงศ์

ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

โครงการนี้ทำการศึกษาการดูดซับสารละลายสีย้อม Congo red โดยใช้วัสดุทางธรรมชาติที่หาได้ง่ายจำพวก ต้นข่า ชั่งข้าวโพด ต้นผักตบชวา ต้นบอนและต้นกล้วย จากการทดลองโดยใช้วัสดุเหล่านี้ ขนาด 20-60 เมช ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าต้นข่ามีความสามารถในการดูดซับสูงสุด รองลงมาคือต้นผักตบชวา ต้นบอน ชั่งข้าวโพด และต้นกล้วยตามลำดับ ซึ่งอาจเนื่องจากต้นข่ามีพื้นที่ในการดูดซับมากกว่าวัสดุชนิดอื่น เมื่อศึกษาต้นข่าพบว่าพฤติกรรมการดูดซับของต้นข่าเป็นไปตามแบบจำลองการดูดซับของ แลงเมียร์ และความสามารถในการดูดซับต้นข่าจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีค่ามากขึ้นและอุณหภูมิในการดูดซับลดลง อาจเนื่องมาจากเกิดอัตราการคายซับเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title The Adsorption of Congo Red dye using natural materials
By Miss Nim Jongthep ID.45015701
Mr. Prajob Intayat ID.45015703
Miss Phonpun Ingaiuer ID.45015704
Advisor Dr. Pornsawan Kanchanawanichkun
Dr. Suthasinee Neramittagapong
Report for Bachelor Degree of Chemical Engineering
Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

This Project was studied the adsorption of Congo Red dye using natural materials; galingale, corncob, water hyacinth, restless and banana tree. Experiments have performed using 20-60 mesh of adsorbent at temperature of 25°C and initial concentration of 35 mg/l. The results showed that galingale was the best adsorbent and the adsorption efficiency of the others decreased as order of galingale, corncob, water hyacinth, restless and banana tree. This result implied that galingale should have the largest adsorption surface area. Further study showed that the adsorption behavior of galingale could be explained by Langmuir adsorption model and its adsorption efficiency increased with initial concentration of Congo Red and decreased with temperature of adsorption. The decrease of desorption rate when temperature increases might be the reason for the decrease of adsorption efficiency with temperature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความช่วยเหลือจากคณะอาจารย์ และบุคคลหลายฝ่าย คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ

ดร.พรสวรรค์ กาญจนวนิชย์กุล ภาควิชาเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำต่าง ๆ ในการค้นคว้า เสนอแนะแนวทางในการแก้ปัญหาของการทำโครงการ รวมทั้งตรวจแก้รายงาน ทำให้โครงการนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ดร.สุธาสิณี เนรมิตตพงษ์ ภาควิชาเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำต่าง ๆ ในการค้นคว้า เสนอแนะแนวทางในการแก้ปัญหาของการทำโครงการ รวมทั้งตรวจแก้รายงาน ทำให้โครงการนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

อาจารย์ บุญชัย โชติวิริยวานิชย์ ภาควิชาเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ข้อมูลในการทำโครงการและแนะนำความรู้เกี่ยวกับสี

เจ้าหน้าที่ทุกท่านของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ และภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อำนวยความสะดวกในระหว่างการทำโครงการนี้

หากมีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำขออภัยและขออภัยมา ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ

นางสาว นิ่ม จงเทพ

นาย ประจวบ อินทะญาติ

นางสาว พรพรรณ อินทรีใจเอื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	IV
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	V
กิตติกรรมประกาศ	VI
สารบัญ	VII
สัญลักษณ์และคำย่อ	XI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	
2.1 การดูดซับ	3
2.2 ประเภทการดูดซับ	3
2.3 กลไกการดูดซับ	4
2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ	5
2.5 ไอโซเทอมของการดูดซับ	6
2.6 แบบจำลองการดูดซับที่อุณหภูมิคงที่	7
2.7 ผลของอุณหภูมิ ต่ออัตราการดูดซับ	10
บทที่ 3 การทดลอง	12
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 การศึกษาความสามารถในการดูดซับของวัสดุธรรมชาติ	15
4.2 การศึกษาลักษณะพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ	17
4.3 การศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นที่มีผลต่อการดูดซับ และ Adsorption isotherm ของต้นข่า	18
4.4 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการดูดซับของต้นข่า ขนาด Mesh number 20-60	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ	23
เอกสารอ้างอิง	24
ภาคผนวก	26
ภาคผนวก ก	26
สีย้อม	26
ลักษณะการดูดซับ	26
ชนิดของตัวดูดซับที่ใช้ในเชิงการค้า	27
ชนิดของสีย้อม	29
สีย้อมและการบำบัดสีในน้ำทิ้ง	30
การบำบัดสีในน้ำทิ้ง	31
ภาคผนวก ข	33
ข.1 การหาความเข้มข้นของสารละลายสี Congo red	33
ข.2 แสดงความเข้มข้นเริ่มต้นในการดูดซับดูดซับสารละลายสี Congo red กับเวลา	34
ภาคผนวก ค	35
ค.1 แสดงผลของความเข้มข้นเริ่มต้นต่อการดูดซับโดยวัสดุทางธรรมชาติ	35
ภาคผนวก ง	37
ง.1 ของความเข้มข้นเริ่มต้นต่อการดูดซับโดยต้นข้าว ขนาด Mesh number 20-60	37
ง.2 ตารางแสดงผลที่ใช้หา Asorption isotherm ของการดูดซับสารละลาย สี Congo red โดยต้นข้าวขนาด Mesh number 20-60	38
ภาคผนวก จ	39
จ.1 ตารางแสดงผลของอุณหภูมิต่อการดูดซับโดยต้นข้าว	39
สารบัญตาราง	
ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของตัวดูดซับกับปริมาณสีที่ถูกดูดซับต่อ น้ำหนักของตัวดูดซับ	16
ตารางที่ 4.2 ค่าคงที่ของสมการ Langmuir กับ Freundlich	21
ตารางที่ ก.3 ชนิดของตัวดูดซับที่ใช้ในเชิงการค้า	27
ตารางที่ ข.1 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารละลายสี Congo red	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 พารามิเตอร์แสดงผลของขนาดตัวดูดซับ	35
ตารางที่ ง.1 พารามิเตอร์แสดงผลของตัวดูดซับโดยต้นข้าว	37
ตารางที่ ง.2 พารามิเตอร์แสดงผล Asorption isotherm ของการดูดซับโดยต้นข้าว	38
ตารางที่ จ.1 พารามิเตอร์แสดงผลของตัวดูดซับโดยต้นข้าว อุณหภูมิต่าง ๆ กัน 40	
สารบัญภาพ	
รูปที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างของสี Congo red	3
รูปที่ 2.2 กลไกการดูดซับ	5
รูปที่ 2.3 ลักษณะเส้นไอโซเทอมของการดูดซับทางกายภาพแบบต่าง ๆ	7
รูปที่ 2.4 ลักษณะของ Langmuir isotherm ในรูปแบบของกราฟเส้นตรง	9
รูปที่ 2.5 ลักษณะของ Freundlich adsorption isotherm	10
รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของค่าคงที่กับอุณหภูมิ	11
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความเข้มข้นที่เหลือ ต่อความเข้มข้นเริ่มต้นกับเวลา	15
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมาณสีที่ย้อมที่ถูกดูดซับ ต่อน้ำหนักตัวดูดซับกับเวลา	16
รูปที่ 4.3 ลักษณะพื้นที่ผิวของวัสดุทางธรรมชาติ	17
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความเข้มข้นที่เหลือ ต่อความเข้มข้นเริ่มต้นกับเวลาโดยใช้ต้นข้าวดูดซับสี Congo red	18
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมาณสีที่ย้อมที่ถูกดูดซับ ต่อน้ำหนักตัวดูดซับกับเวลา	19
รูปที่ 4.6 Adsorption isotherm ของตัวดูดซับขนาด Mesh number 20-60 ที่อุณหภูมิห้อง	19
รูปที่ 4.7 Langmuir adsorption isotherm ของต้นข้าว ขนาด Mesh number 20-60 ที่อุณหภูมิห้อง	20
รูปที่ 4.8 Freundlich adsorption isotherm ของต้นข้าว ขนาด Mesh number 20-60 ที่อุณหภูมิห้อง	20
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมาณสารละลายสี Congo red ที่เหลือต่อความเข้มข้นเริ่มต้นกับเวลา ที่อุณหภูมิ 25 , 37 และ 47 องศาเซลเซียส	21
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมาณสีที่ย้อมที่ถูกดูดซับ ต่อน้ำหนักต้นข้าวกับเวลาที่อุณหภูมิ 25 , 37 และ 47 องศาเซลเซียส	21
รูปที่ ข.1 กราฟเทียบมาตรฐานของสารละลายสี Congo red	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.2 แสดงความเข้มข้นเริ่มต้นในการดูดซับดูดซับ
สารละลายสี Congo red กับเวลา

34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์และคำย่อ

- C : ความเข้มข้นของสารละลายที่เวลาต่างๆ (มิลลิกรัมต่อกรัม)
- C_e : ความเข้มข้นที่สภาวะสมดุล (มิลลิกรัมต่อกรัม)
- C_0 : ความเข้มข้นเริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อกรัม)
- E_a : พลังงานกระตุ้น (จูลต่อโมล)
- K_a : ค่าคงที่ของการดูดซับ (นาที่⁻¹)
- K_d : ค่าคงที่ของการคายซับ (นาที่⁻¹)
- k_f : ค่าคงที่ของอัตราการแพร่ภายในโมเลกุลของตัวดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัม*นาที่^{-0.5})
- k_1 : ค่าคงที่อัตราสำหรับปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (นาที่⁻¹)
- K_A : ค่าคงที่สำหรับสมการแลงเมียร์
- K_f : ค่าคงที่ของสมการฟลอยลิด
- n : ค่าคงที่
- p : ความดันย่อย (บรรยากาศ)
- p_0 : ความดันไออิ่มตัว (บรรยากาศ)
- q : ปริมาณที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักตัวดูดซับที่สภาวะสมดุล (มิลลิกรัมต่อกรัม)
- q_m : ปริมาณที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักตัวดูดซับที่สภาวะอิ่มตัว (มิลลิกรัมต่อกรัม)
- q_t : ปริมาณที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักตัวดูดซับที่เวลาต่าง ๆ (มิลลิกรัมต่อกรัม)
- q_1 : ปริมาณที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักตัวดูดซับที่สภาวะสมดุล สำหรับการดูดซับ อันดับหนึ่ง
- q_2 : ปริมาณที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักตัวดูดซับที่สภาวะสมดุล สำหรับการดูดซับ อันดับสอง
- r_a : อัตราการดูดซับต่อหน่วยพื้นที่ทั้งหมด
- r_d : อัตราการคายซับต่อหน่วยพื้นที่ทั้งหมด
- R : ค่าคงที่ของก๊าซ (จูลต่อโมล* เคลวิน)
- R^2 : สัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบน
- T : อุณหภูมิ (เคลวิน) เวลา (นาที่)
- T : เวลา (นาที่)
- θ : สัดส่วนของพื้นที่ผิวที่ผิวที่ถูกปกคลุมด้วยตัวที่ถูกดูดซับต่อพื้นที่ผิวที่ใช้ดูดซับทั้งหมด
- A : แฟกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

ในปัจจุบันกระบวนการดูดซับมีความสำคัญในอุตสาหกรรมมากขึ้น ในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย เป็นกระบวนการแยกสารทั้งทางกายภาพและทางเคมี ซึ่งการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ฟอกย้อมมีหลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นวิธีทางชีววิทยา ทางกายภาพ ทางเคมี การแลกเปลี่ยนไอออน การตกตะกอนด้วยสารเคมี การออกซิไดซ์ การดูดซับ เป็นต้น ส่วนใหญ่นิยมใช้ ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) เป็นตัวดูดซับ เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีราคาค่อนข้างแพง และสิ้นเปลืองพลังงานในการที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ ดังนั้นคณะผู้จัดทำได้สนใจวัสดุทางธรรมชาติที่มีความสามารถในการดูดซับ สารละลายสีย้อมมาใช้ แทนวัสดุที่ใช้ในการดูดซับเดิมที่มีราคาแพง เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและมี ราคาน้อยกว่าแต่มีประสิทธิภาพเท่าเทียมกัน ดังนั้นจึงทดลองใช้ ชั่งข้าวโพด ต้นข้าว ต้นบอน ผักตบชวา และต้นกล้วย เพื่อมาศึกษาว่าวัสดุชนิดใดมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารละลายสีย้อมได้ ดีที่สุดใน 5 ชนิดดังกล่าวมา

โครงการนี้เป็นการทดลองเบื้องต้น เพื่อศึกษาชนิดของวัสดุทางธรรมชาติ โดยทดลองที่ ห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาชนิดของวัสดุทางธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพต่อการดูดซับสารละลายสีย้อม ในน้ำเสีย เพื่อเป็นประโยชน์ในการเลือกชนิดของวัสดุทางธรรมชาติ และใช้ในการดูดซับสารละลายสี ย้อมให้เหมาะสมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับสารละลายสีย้อม Congo Red ด้วยวัสดุทาง ธรรมชาติ
2. เพื่อเปรียบเทียบชนิดวัสดุทางธรรมชาติ ในการดูดซับสารละลายสีย้อม
3. เพื่อหา เวลา ความเข้มข้น และอุณหภูมิ ที่เหมาะสมในการดูดซับสารละลายสีย้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ศึกษาการดูดซับสารละลายสีย้อม Congo red ด้วยซังข้าวโพด ต้นข้าว ต้นบอน ผักตบชวา ต้นกล้วย และเลือกตัวดูดซับที่มีความสามารถในการดูดซับได้ดีที่สุดในสภาวะอุณหภูมิห้อง (25°C) ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสีย้อม น้ำหนักตัวดูดซับ ความเร็วรอบในการกวนทั้งหมดเท่า ๆ กัน
2. ศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ คือ สภาวะอุณหภูมิ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสีย้อม และเวลา ที่มีผลต่อการดูดซับโดยต้นข้าว
3. หาไอโซเทอมของการดูดซับ (Adsorption isotherm) ที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของการดูดซับได้โดยต้นข้าว

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

1. ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีการดูดซับ ที่เกี่ยวข้องกับสารละลายสีย้อมเตรียมวัสดุ
2. เตรียมอุปกรณ์สารเคมี ที่ใช้ในการทดลอง
3. ศึกษาขั้นตอน ในการทดลอง
4. ทำการทดลองเก็บข้อมูลในการทดลอง
5. สรุปผลและเขียนรายงานข้อเสนอแนะในการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อนำวัสดุทางธรรมชาติมาทำให้เกิดประโยชน์
2. เป็นแนวทางในการพัฒนาและประยุกต์ใช้ในการกำจัดสารละลายสีย้อมที่ถูกปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 การดูดซับ [1]

การที่อะตอมหรือโมเลกุลของสารที่ยึดอยู่กับผิวของอีกสารหนึ่ง ตัวถูกดูดซับ (Adsorbate) ตัวดูดซับ (Adsorbent) ปริมาณการดูดซับจะขึ้นกับลักษณะโครงสร้างของตัวดูดซับคุณสมบัติทางเคมีของตัวถูกดูดซับและของตัวดูดซับ

ซึ่งโครงสร้างสี Congo red ($C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$) มีลักษณะดังนี้



รูปที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างของสี Congo red [1]

2.2 ประเภทของการดูดซับ [1-4]

แบ่งการดูดซับได้สองประเภท คือ การดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption) การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption)

2.2.1 การดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption)

การยึดติดของโมเลกุลของตัวถูกดูดซับกับโมเลกุลผิวหน้าของตัวดูดซับจะเป็นแรงค่อนข้างอ่อน เช่น แรงแวนเดอวาล์ว (Van der waals forces) แรงไดโพล - ไดโพล (dipole - dipole forces) โดยโมเลกุลตัวดูดซับจะเหมือนเดิม

ลักษณะการเกาะจับด้วยแรงทางกายภาพ

1. เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่มีประจุตรงกันข้าม
2. เกิดจากโมเลกุลไม่มีขั้ว
3. เกิดจากโมเลกุลมีขั้วเข้ามาใกล้ที่ไม่มีขั้วแล้วเกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดประจุตรงกันข้าม

แล้วเกิดการดึงดูดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption)

จะเกี่ยวข้องกับแรงหรือพันธะเคมีของตัวถูกดูดซับกับพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี การเกาะของตัวถูกดูดซับที่ผิวของตัวดูดซับจะเหมือนแรงที่ใช้ในการยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมภายในโมเลกุล การดูดซับทางเคมีต้องอาศัยพลังงานเข้าร่วมด้วย

ข้อแตกต่าง ของการดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมี

1. การดูดซับทางกายภาพไม่มีการถ่ายเทหรือการใช้อิเล็กทรอนิกส์ร่วมกัน สามารถผันกลับได้ที่อุณหภูมิเดียวกัน
2. การดูดซับทางกายภาพสามารถเกิดได้ทั่ว ๆ ไป บนผิวตัวดูดซับไม่มีบริเวณจำเพาะภายใต้สภาวะความดัน และอุณหภูมิที่เหมาะสมจะเกิดการดูดซับได้หลายชั้น การดูดซับทางเคมีจะเกิดในบริเวณจำเพาะเท่านั้น
3. ความร้อนที่ได้จากการดูดซับทางกายภาพจะน้อยกว่าทางเคมี

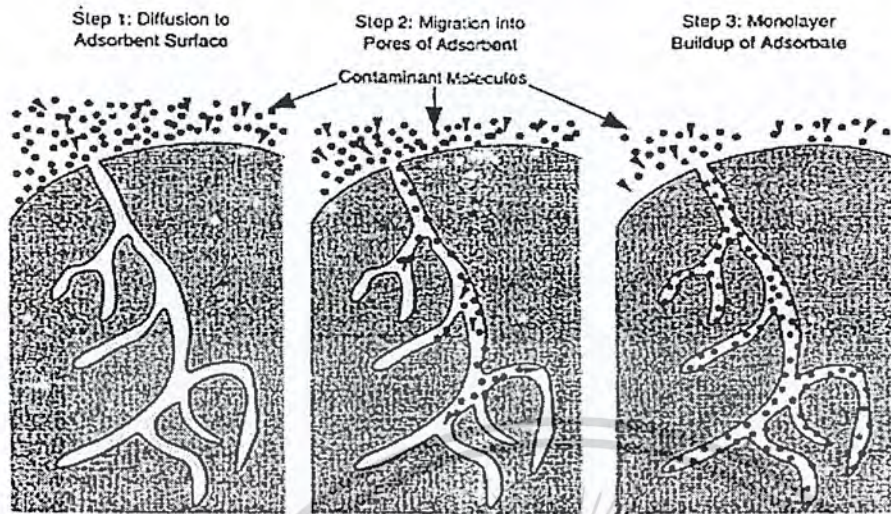
2.3 กลไกการดูดซับ [2-6]

กลไกการดูดซับเกิดขึ้น 3 ระยะดังแสดงในรูปที่ 2.2 คือ

1. โมเลกุลของตัวดูดซับจะไปเกาะที่ผิวรอบนอก
2. โมเลกุลของตัวดูดซับจะถูกดูดซับและแพร่เข้าไปในรูพรุนของตัวดูดซับ
3. เกิดการดูดซับติดผิวในรูพรุน ระหว่างตัวดูดซับและพื้นที่ผิวแรงทางกายภาพหรือทางเคมี

การดูดซับเกิดขึ้นอย่างเป็นขั้นตอน ในขั้นตอนแรกการแพร่กระจายในโมเลกุลของก๊าซและไอน้ำเข้าไปสู่วัสดุของสารดูดซับ ในขั้นตอนที่สอง โมเลกุลของสารพิษจะเคลื่อนที่จากพื้นที่ผิวเล็กๆ ของผิววนอก ไปยังโพรงช่องว่างภายในของสารดูดซับ การดูดซับจะเกิดในโพรงช่องว่างเหล่านี้ เพราะความเหมาะสมระหว่างรูปร่างของโมเลกุลของก๊าซและไอน้ำกับลักษณะของพื้นที่ผิวของสาร คือ พื้นที่ในขั้นตอนที่สาม โมเลกุลของสารมลพิษจะเกาะติดที่ผิวในโพรงช่องว่าง ดังแสดงในรูปที่

2.2



รูปที่ 2.2 กลไกการดูดซับ [5]

การดูดซับที่สมดุล คือการจัดให้อยู่ในสภาพที่อัตราการเคลื่อนที่หนีจากผิวของสารดูดซับของโมเลกุลของก๊าซหรือไอเท่ากับอัตราที่เคลื่อนที่เข้าไปในผิวของสารดูดซับ การวัดปริมาณไอที่มากที่สุดที่อาจถูกดูดซับ อยู่ที่การกำหนดสภาพการทำงาน ถึงแม้ว่าจำนวนโมเลกุลจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการดูดซับ แต่สิ่งสำคัญที่สุดสำหรับระบบการควบคุมสำหรับมลพิษอากาศนี้คือ อุณหภูมิ

โดยปกติทั่วไป ข้อมูลในการดูดซับ Adsorption isotherm ซึ่ง Isotherm คือเส้นกราฟแสดงความสามารถของสารดูดซับกับความดันของสารมลพิษ ที่อุณหภูมิคงที่ ประสิทธิภาพของสารดูดซับปกติให้อยู่ในรูปร้อยละของน้ำหนัก หรือเป็นกรัม

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ (Factors affecting adsorption) [2, 3, 6]

2.4.1 ธรรมชาติของตัวดูดซับ (Nature of adsorbent)

พื้นที่และโครงสร้างของรูพรุน (surface area and pore structure) ความสามารถในการดูดซับมากขึ้นเมื่อพื้นที่ผิวมากขึ้น โครงสร้างของรูพรุนมีส่วนช่วยให้พื้นที่ผิวมีความสามารถในการดูดซับมากขึ้น แต่ขนาดโมเลกุลของตัวถูกดูดซับไม่สามารถเข้าไปในรูพรุน ความสามารถในการดูดซับลดลง

ขนาดของตัวดูดซับ (Adsorption size) ตัวดูดซับที่ไม่มีรูพรุนพื้นที่ผิวจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดลดลงซึ่งทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มมากขึ้น ถ้ารูพรุนมีมากการดูดซับจะขึ้นกับรูพรุนมากกว่าขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ธรรมชาติของตัวถูกดูดซับ (Nature of the adsorbate) [2-3, 9-10]

ความสามารถในการละลาย เมื่อมีการดูดซับเกิดขึ้น โมเลกุลของตัวถูกดูดซับจะถูกดึงออกจากน้ำไปเกาะติดกับตัวดูดซับ ตัวถูกดูดซับที่ละลายน้ำได้ (หรือแตกตัวเป็นไอออน) ย่อมมีแรงยึดติดเหนียวกับน้ำได้อย่างเหนียวแน่นจึงถูกดูดซับได้ยาก ตัวถูกดูดซับที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อยสามารถเกาะติดตัวดูดซับได้ดีค่ากล่าวนี้ไม่เป็นจริงเสมอไป

น้ำหนักโมเลกุลและขนาดของโมเลกุล เมื่อน้ำหนักโมเลกุลและขนาดของโมเลกุลของตัวถูกดูดซับเพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มน้ำหนักโมเลกุลส่งผลให้ความสามารถในการละลายลดลง

ความมีขั้วของโมเลกุล ความสามารถในการดูดซับจะลดลงเมื่อสภาพมีขั้ว (Polarity) เพิ่มขึ้น เพราะการเพิ่มสภาพมีขั้วจะทำให้ความสามารถในการละลายเพิ่มมากขึ้น

2.4.3 ผลของอุณหภูมิ (Effect of temperature)

ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น อัตราเร็วของการดูดซับก็เพิ่มขึ้น แต่ความสามารถในการดูดซับก็จะลดลง เนื่องจากการดูดซับส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยาแบบคายความร้อน

2.5 ไอโซเทอมของการดูดซับ (Adsorption isotherm) [4-6]

เป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักตัวดูดซับ และความเข้มข้นของสารที่ถูกละลายที่เหลืออยู่ในสารละลายในสภาวะสมดุลที่อุณหภูมิคงที่หนึ่ง ๆ เมื่อนำเอาความเข้มข้นของสารละลายที่เหลืออยู่ไปเขียนกราฟ กับปริมาณของสารที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักตัวดูดซับ จะได้ไอโซเทอมของการดูดซับซึ่งสามารถนำไปใช้หาความสามารถของตัวดูดซับ ในการดูดซับสารและสามารถใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพ ในการดูดซับของตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ ได้

ไอโซเทอมของการดูดซับทางกายภาพสามารถแบ่งออกได้ 5 กลุ่มดังนี้

1. Langmuir ได้มาจาก Langmuir equation รูปร่างไอโซเทอมที่พบมากในตัวดูดซับที่มีรูพรุนที่มีขนาดเล็กมากและมีพื้นที่ผิวภายนอกน้อยมาก การดูดซับเป็นแบบชั้นเดียว ดังรูปที่

2.3 ก

2. S-shaped isotherm หรือ sigmoid จะพบในตัวดูดซับที่ไม่มีรูพรุนหรือมีรูพรุนขนาดใหญ่ มีการดูดซับเพียงชั้นเดียวอย่างสมบูรณ์ ดังรูปที่ 2.3 ข. จุด B จะเป็นตำแหน่งที่มีการดูดซับเพียงชั้นเดียวอย่างสมบูรณ์และเริ่มการดูดซับแบบหลายชั้น

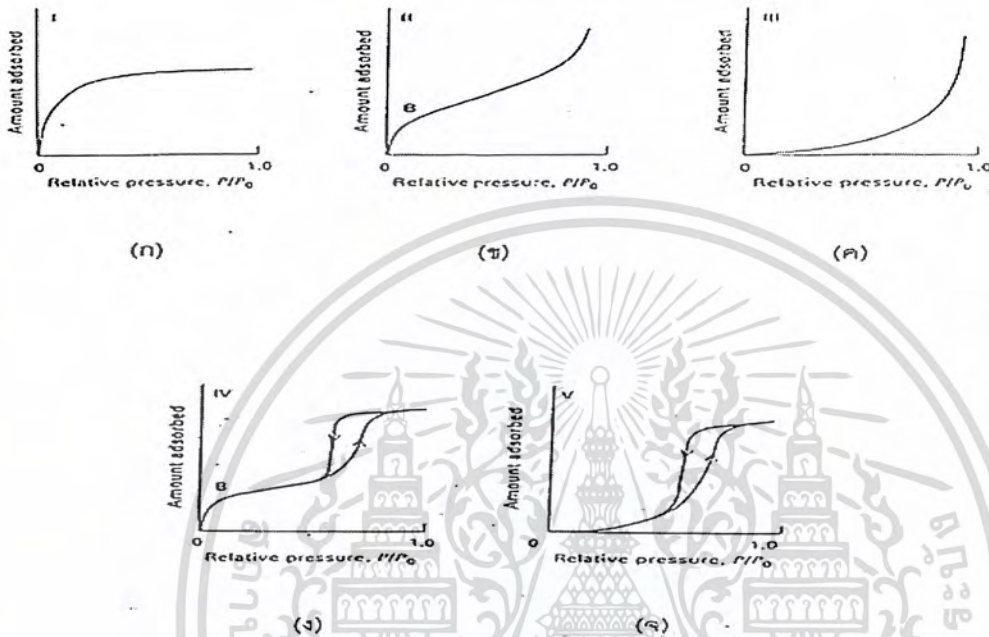
3. Convex isotherm เกิดขึ้นในกรณีที่มีการดูดซับระหว่างตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับมีแรงดึงดูดที่อ่อน ทำให้ตัวถูกดูดซับไม่เปียกผิวของตัวดูดซับ เช่นไอน้ำบนกราฟไฟต์ ดังรูปที่ 2.3 ค

4. เหมือนกับแบบ sigmoid จะพบในตัวดูดซับที่มีขนาดของรูพรุนอยู่ในช่วงประมาณ 2-50 นาโนเมตร ที่ค่า P / P_0 ต่ำ ลักษณะเส้นไอโซเทอมจะเหมือนกับแบบ sigmoid เมื่อค่า Capillary

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

condensation มีค่าเพิ่มมากขึ้นจะเกิด Capillary condensation ขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิด Hysteresis effect ขึ้น ดังรูปที่ 2.3 ง. ไอโซเทอมชนิดนี้จะพบกับตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรม

5. เหมือนกับแบบ Convex isotherm แต่จะเกิด Capillary condensation ที่ P/P_0 สูง ๆ ไอโซเทอมชนิดนี้จะพบได้ยาก ดังรูปที่ 2.3 จ



รูปที่ 2.3 ลักษณะเส้นไอโซเทอมของการดูดซับทางกายภาพแบบต่างๆ [6]

2.6 แบบจำลองการดูดซับที่อุณหภูมิต่ำ (Models for adsorption isotherm) [6]

สามารถใช้ได้ทั้งการดูดซับทางกายภาพและทางเคมี แต่มีข้อแม้

1. จะต้องมีส่วนที่แท้จริง
2. การดูดซับสามารถผันกลับได้ โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในตัวถูกดูดซับที่เกิดขึ้นเมื่อทำการดูดซับและการคายหลาย ๆ ครั้ง

2.6.1 แบบจำลองการดูดซับ (Langmuir adsorption isotherm)

ทฤษฎีมีแนวคิดมาจากแบบจำลองชั้นเดียว ดังนี้

1. ที่ทุกตำแหน่งผิวสัมผัส สามารถดูดซับโมเลกุลได้
2. ไม่มีแรงกระทำระหว่างตัวถูกดูดซับ
3. พลังงานกลไกของการดูดซับทุก ๆ โมเลกุลบนผิวตัวดูดซับเกิดขึ้นเหมือนกัน
4. การดูดซับของโมเลกุลในแต่ละพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ จะเกิดแบบชั้นเดียว ระบบดูด

ซับได้ถูกวิเคราะห์ด้วยทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้รูปของสมการอย่างง่าย แล้วนำสมการมาวาดกราฟเพื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ได้ ซึ่งเป็นแนวทางที่นำมาใช้ในการคำนวณออกแบบระบบดูดซับ การวิเคราะห์ระบบดูดซับได้มีผู้วิเคราะห์คือ Langmuir และ Freundlich

สมการของ Langmuir สำหรับระบบดูดซับโดยสมการนี้มีเงื่อนไขว่าการดูดซับจะคิดเฉพาะผิวชั้นเดียว และโมเลกุลของสารถูกดูดซับไม่มีการเคลื่อนที่อิสระบนผิว

กำหนดให้

$$\theta = q/q_m \quad (2.1)$$

โดยที่ θ คือ สัดส่วนของพื้นที่ผิวที่ผิวที่ถูกปกคลุมด้วยตัวที่ถูกดูดซับต่อพื้นที่ผิวที่ใช้ดูดซับทั้งหมด

Q คือ ปริมาณของสารถูกดูดซับ / ปริมาณของตัวดูดซับ

q_m คือ ปริมาณของสารถูกดูดซับ / ปริมาณของตัวดูดซับ ณ สภาวะสมดุล

อัตราการดูดซับต่อพื้นที่ทั้งหมด

$$r_a = k_a C (1 - \theta) \quad (2.2)$$

โดยที่ k_a คือ ค่าคงที่ของการดูดซับ (นาที⁻¹)

C คือ ความเข้มข้นที่สภาวะสมดุล (มิลลิกรัมต่อกรัม)

อัตราการคายซับต่อหน่วยพื้นที่ทั้งหมด

$$r_d = k_d \theta \quad (2.3)$$

โดยที่ k_d คือ ค่าคงที่ของการคายซับ (นาที⁻¹)

ที่สภาวะสมดุล อัตราการดูดซับเท่ากับอัตราการคายซับ

$$k_a C (1 - \theta) = k_d \theta \quad (2.4)$$

$$\theta = \frac{k_a C}{(k_d + k_a C)} \quad (2.5)$$

ถ้ากำหนดให้

$$K_A = k_a/k_d \quad (2.6)$$

จะได้สมการ

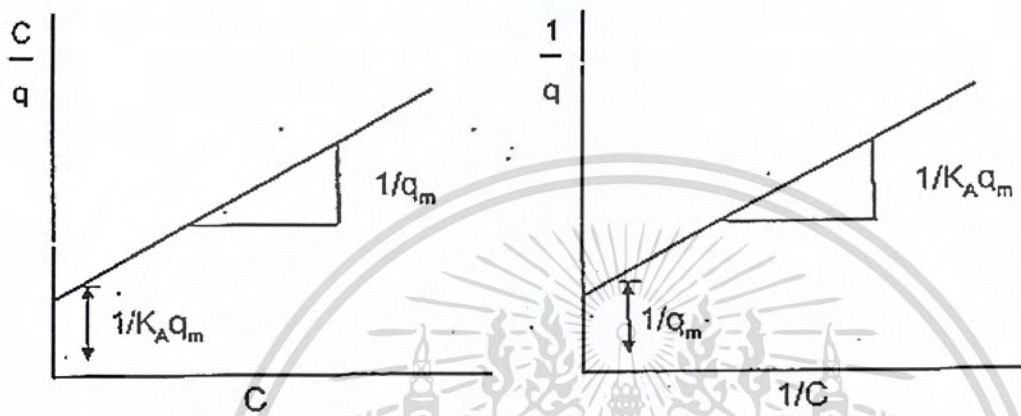
$$q = \frac{q_m K_A C}{1 + K_A C} \quad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$1/q = 1/q_m + (1/K_A q_m)1/C \quad (2.8)$$

$$C/q = C/q_m + 1/K_A q_m \quad (2.9)$$

ค่า q_m และค่า K_A สามารถหาได้จากความชันและจุดตัดแกนของกราฟรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ลักษณะของ Langmuir adsorption isotherm ในรูปแบบของกราฟเส้นตรง

สมการของ Freundlich adsorption isotherm สมการสำหรับระบบดูดซับ ซึ่งสมการนี้เป็นที่นิยมใช้กันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้กับสารละลายที่ค่อนข้างเจือจางและมีความเข้มข้นค่อนข้างต่ำ

$$q = K_F C^{1/n} \quad (2.10)$$

K_F = ค่าคงที่

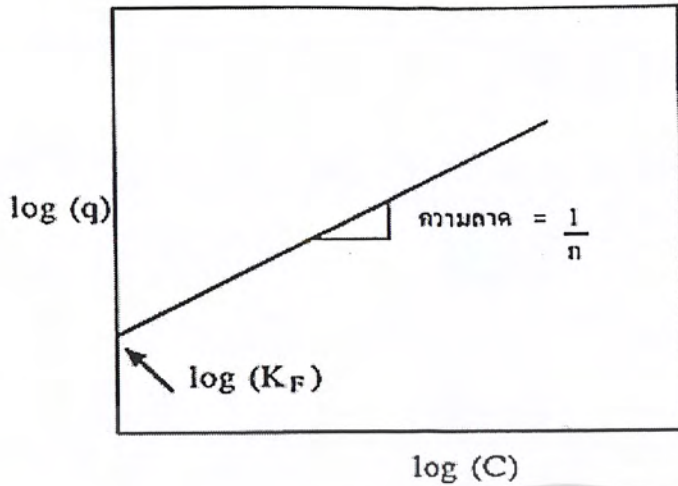
n = ค่าคงที่

เพื่อให้สามารถคำนวณหาค่า K_F และ n ได้ด้วยวิธีกราฟ จึงจำเป็นต้องใช้ Logarithm มาจัดรูปสมการ

$$\text{Log}(q) = \text{log}(K_F) + 1/n \text{log}(C) \quad (2.11)$$

จากสมการ (2.11) ถ้าเขียนกราฟระหว่าง $\text{log } q$ กับ $\text{ln } C$ จะได้เส้นตรงซึ่งสามารถหาค่า K_F และ n ได้จากจุดตัดแกนและความชันของเส้นตรง ดังแสดงในรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ลักษณะของ Freundlich adsorption isotherm [6]

2.7 ผลของอุณหภูมิ ต่ออัตราการดูดซับ

ผลของอุณหภูมิที่มีผลที่มีต่ออัตราการดูดซับ พบว่าค่าคงที่อัตราขึ้นกับอุณหภูมิ เอส อาร์เรเนียส (S. Arrhenius) เป็นผู้เสนอความสัมพันธ์ระหว่างค่า k กับ t

$$K = Ae^{-E_a/RT} \quad (2.12)$$

โดยที่ A คือ แฟกเตอร์ความถี่ของการชน

E_a คือ พลังงานกระตุ้น (จูล/โมล)

R คือ ค่าคงที่ของก๊าซมีค่า = 8.3143 (จูล / โมล*เคลวิน)

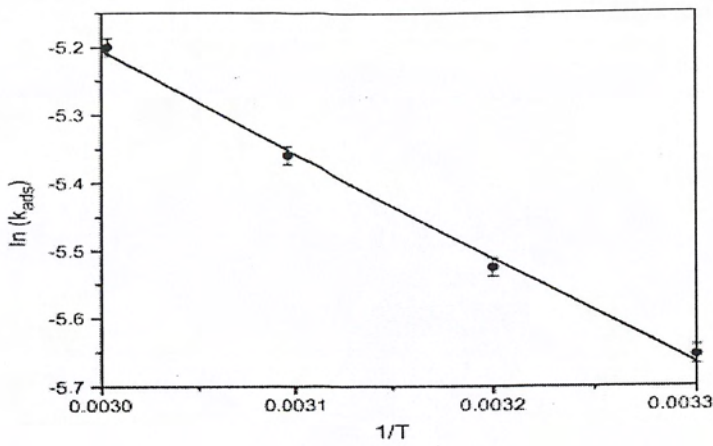
T คือ อุณหภูมิ (เคลวิน)

จากสมการที่ (2.12) ในรูปของลอการิทึม จะได้

$$\ln k = \ln A - E_a/RT \quad (2.13)$$

นำสมการ (2.13) มาเขียนกราฟระหว่าง $\ln k$ กับ $1/T$ จะได้เส้นตรงตามรูป 2.6 สามารถหาค่า E_a

ได้จากความชันของกราฟ



รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของค่าคงที่กับอุณหภูมิ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องยูวี – วิสิเบิลสเปกโทรโตมิเตอร์ (UV-Visible Spectrophotometer)
2. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
3. เครื่องกวน
4. เครื่องปั่นสาร
5. ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) 100,250 และ 500 ml
6. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) 125 และ 250 ml
7. ปีกเกอร์ (Beakers) 50,100 และ 250 ml
8. ช้อนตักสาร (Spatula)
9. หลอดหยอด (Dropper)
10. หลอดทดลอง (Test tube)
11. ที่ใส่หลอดทดลอง (Rack)
12. แท่งแก้วคั่นสาร (Stirring rod)
13. ขวดจืดน้ำกลั่น (Wash bottom)
14. กรวย (Funnel)
15. ปิเปต (Pipet) 1, 5 และ 10 ml
16. หลอดและเข็มฉีดยา
17. กระจกนาฬิกา
18. ถ้วยกระเบื้อง
19. ตู้อบ (Oven)
20. โถดูดความชื้น (Desiccators)
21. Magnetic bar

3.2 สารเคมีและวัสดุที่ใช้

1. ดินกล้วย
2. ดินข่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ต้นบอน
4. ผักตบชวา
5. ชั่งข้าวโพด
6. สี Congo red

3.3 การดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนการเตรียมตัวดูดซับ

1. นำต้นข้าว ต้นกล้วย ต้นบอน ผักตบชวา และชั่งข้าวโพด มาล้างให้สะอาดแล้วหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นก็นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นสารจนละเอียด
2. นำตัวดูดซับทั้ง 5 ชนิดที่ได้ไปล้างด้วยน้ำสะอาด จนกว่าสีของน้ำล้างที่ได้จะใส
3. นำตัวดูดซับทั้ง 5 ชนิดไปอบในตู้อบ (Oven) จนแห้งที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส จะได้ตัวดูดซับที่แห้ง
4. นำไปเก็บในโถดูดความชื้น (Desiccators) เพื่อทำการทดลองต่อไป

การทดลองตอนที่ 1 ศึกษา ความสามารถในการดูดซับของวัสดุทั้ง 5 ชนิด ที่อุณหภูมิห้อง

1. เตรียมสารละลายสี Congo red ในปริมาตร 200 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. ชั่งชั่งข้าวโพดน้ำหนัก 1 กรัม ขนาด Mesh number 20-60 ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ จากข้อ 1
3. นำไปปั่นจนที่ความเร็วรอบเท่ากัน จับเวลา แล้วดูดสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่เวลาต่าง ๆ บันทึกผลการทดลอง
4. ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-3 แต่เปลี่ยนตัวดูดซับจากชั่งข้าวโพดเป็นต้นข้าว ต้นบอน ต้นผักตบชวา และต้นกล้วยตามลำดับ
5. นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟเทียบมาตรฐาน (Calibration curve)

การทดลองตอนที่ 2 ศึกษา Adsorption isotherm

1. เตรียมสารละลายสี Congo Red ที่ความเข้มข้น 30 ,93 ,250 , 359 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ในปริมาตร 500 มิลลิลิตรใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 1000 มิลลิลิตร
2. ชั่งต้นข้าว ขนาด Mesh number 20-60 นหนัก 1.0 กรัม ใส่ลงในขวดขนาด 1000 มิลลิลิตร แล้วเก็บสารละลายตัวอย่างที่เวลาต่าง ๆ นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง จนครบเวลา 3 ชั่วโมง
3. นำผลที่ได้สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความเข้มข้นที่เหลือต่อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้นเริ่มต้น (c/c_0) กับเวลา (t) และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสีย้อมที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักตัวดูดซับ (q) กับเวลา (t)

4. นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟเทียบมาตรฐาน (Calibration curve)
5. ใช้เวลาบ่มกวน 3 วัน จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง

การทดลองตอนที่ 3 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับทั้ง 5 ชนิด

1. นำตัวดูดซับทั้ง 5 ไปลดขนาด Mesh number 20-60
2. นำไปศึกษาขนาดลักษณะพื้นผิว โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน
3. นำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับลักษณะโดยรวม ที่มีผลต่อการดูดซับสารละลายสี

Congo red

การทดลองตอนที่ 4 ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการดูดซับของต้นข้า

1. ทำการทดลองเช่นเดียวกับตอนที่ 1 โดยใช้อุณหภูมิของสารละลายที่ 25, 37 และ 47 องศาเซลเซียส
2. นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟเทียบมาตรฐาน (Calibration curve)
3. นำผลที่ได้สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความเข้มข้นที่เหลือต่อความเข้มข้นเริ่มต้น (c/c_0) กับเวลา (t) และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสีย้อมที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักตัวดูดซับ (q) กับเวลา (t) เพื่อหาอันดับปฏิกิริยา

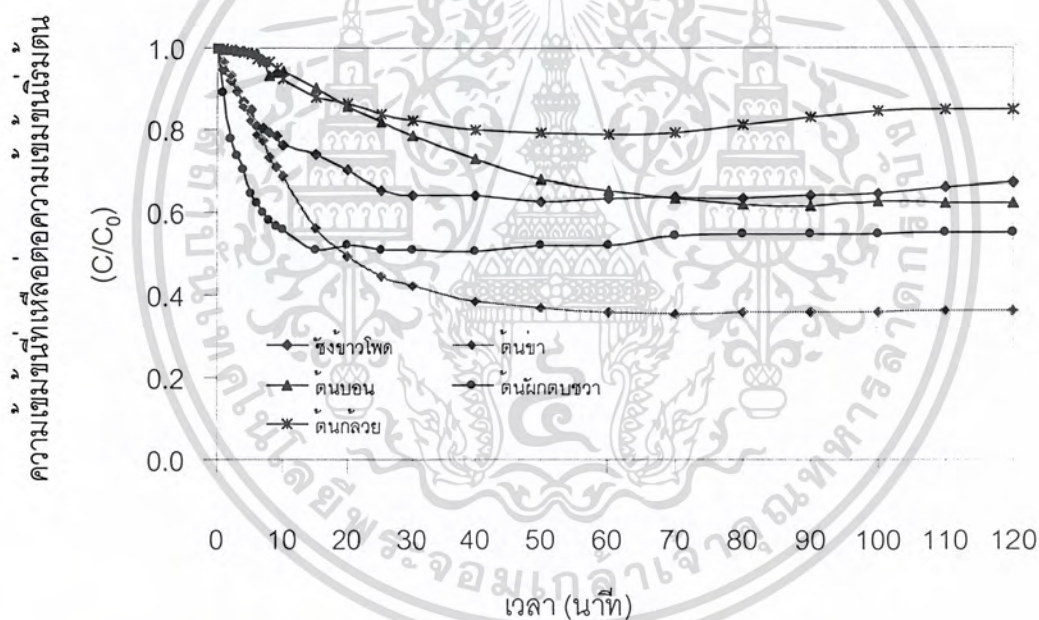
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและอภิปรายผล

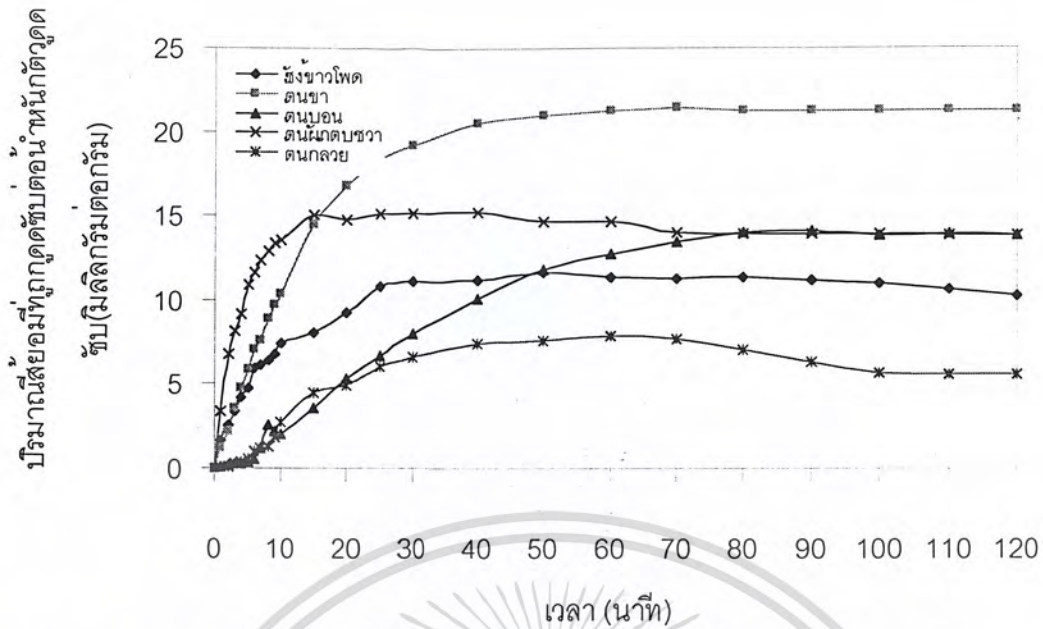
4.1 การศึกษาความสามารถในการดูดซับของวัสดุธรรมชาติ

จากการทดลองเพื่อหาความสามารถในการดูดซับของวัสดุธรรมชาติ 5 ชนิด คือต้นข่า ต้นผักตบชวา ต้นบอน ชั่งข้าวโพด และต้นกล้วย ขนาด Mesh number 20-60 พบว่าความสามารถในการดูดซับสารละลายสี Congo red ที่อุณหภูมิห้องของวัสดุนั้นแตกต่างกันดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 โดยมีความสามารถในการดูดซับเรียงลำดับดังนี้ ต้นข่า > ต้นผักตบชวา > ชั่งข้าวโพด > ต้นบอน > ต้นกล้วย

ต้นข่ามีความสามารถในการดูดซับสูงที่สุด โดยมีปริมาณสีที่ถูกดูดซับ 4.29 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ ส่วนวัสดุอื่นนั้นแสดงดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความเข้มข้นที่เหลือต่อความเข้มข้นเริ่มต้นกับเวลา



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมาณสีย้อมที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักตัวดูดซับกับเวลา

การศึกษาปริมาณของสีที่ถูกดูดซับไว้ในตัวดูดซับ จากรูปที่ 4.1 สามารถนำมาหาปริมาณของสีที่ถูกดูดซับได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 เมื่อนำกราฟทั้งสองมาเปรียบเทียบกันจะเห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไป 50 นาทีดินข่าเริ่มมีการดูดซับน้อยลงและเมื่อเทียบกับรูปที่ 4.2 จะพบว่าปริมาณของสีที่ถูกดูดซับมีค่าสูงสุดประมาณ 20 มิลลิกรัมต่อกรัมของตัวดูดซับ

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของตัวดูดซับกับปริมาณสีที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัม) ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 7 มิลลิกรัมต่อกรัม

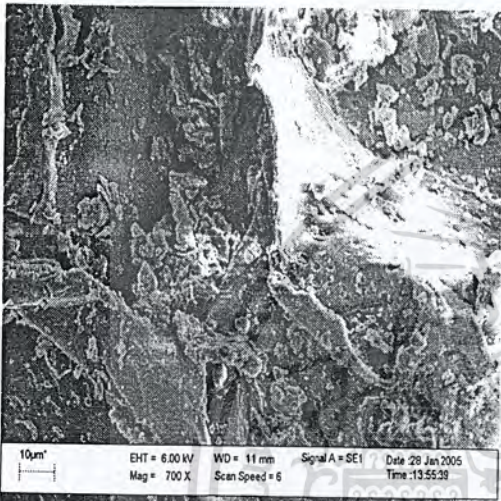
ชนิด	ปริมาณสีที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับ * (มิลลิกรัมต่อกรัม)
ดินข่า	4.29
ผักตบชวา	3.03
ดินบอน	2.83
ขังข้าวโพด	2.31
ดินกล้วย	1.58

* เวลาที่ใช้ในการดูดซับ 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาลักษณะพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ

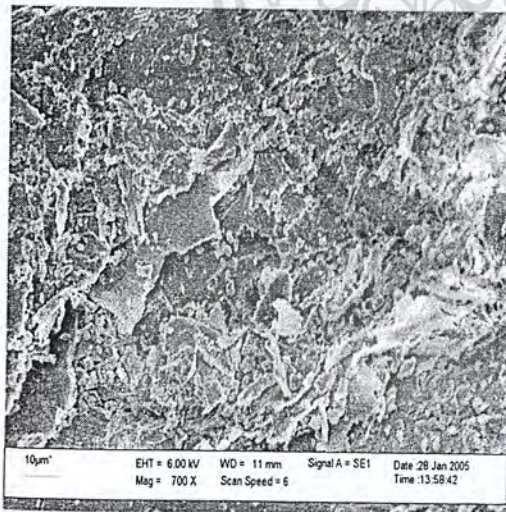
จากการศึกษาลักษณะพื้นที่ผิววัสดุทางธรรมชาติด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน กำลังขยายขนาด 10 ไมโครเมตรจากรูปที่ 4.3 ข. และ ง. จะพบว่าต้นผักตบชวาและต้นข้าวตามลำดับมีพื้นที่ผิวสัมผัสหลายชั้นและมีผิวสัมผัสมาก จะทำให้มีความสามารถในการดูดซับมาก ส่วนขังข้าวโพดและต้นบอนจากรูปที่ 4.3 ก. และ ค. มีลักษณะพื้นที่ผิวเรียบ ทำให้ผิวสัมผัสน้อย จึงทำให้ความสามารถในการดูดซับน้อยลง ดังรูปที่ 4.3



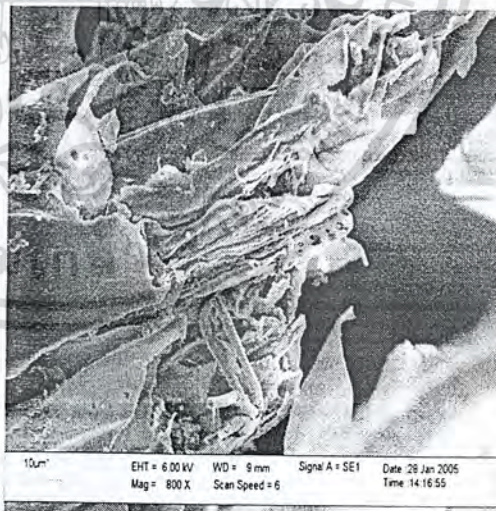
ก. ขังข้าวโพด



ข. ต้นผักตบชวา



ค. ต้นบอน



ง. ต้นข้าว

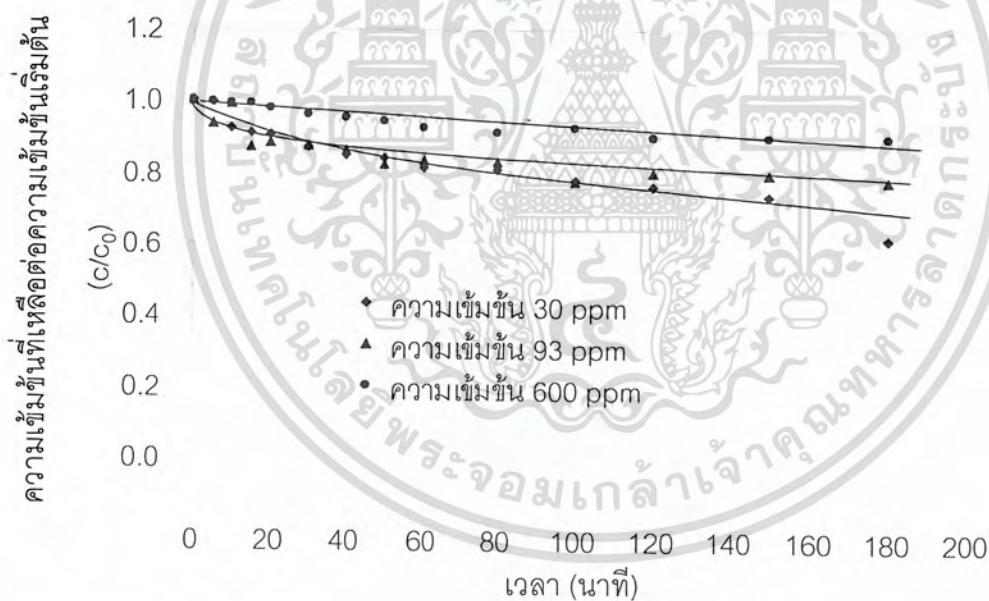
รูปที่ 4.3 ลักษณะพื้นที่ผิวของวัสดุทางธรรมชาติ ก. ขังข้าวโพด ข.ต้นผักตบชวา ค.ต้นบอนและ ง. ต้นข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 61795
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นที่มีผลต่อการดูดซับ และ Adsorption isotherm ของ ต้นข้าว

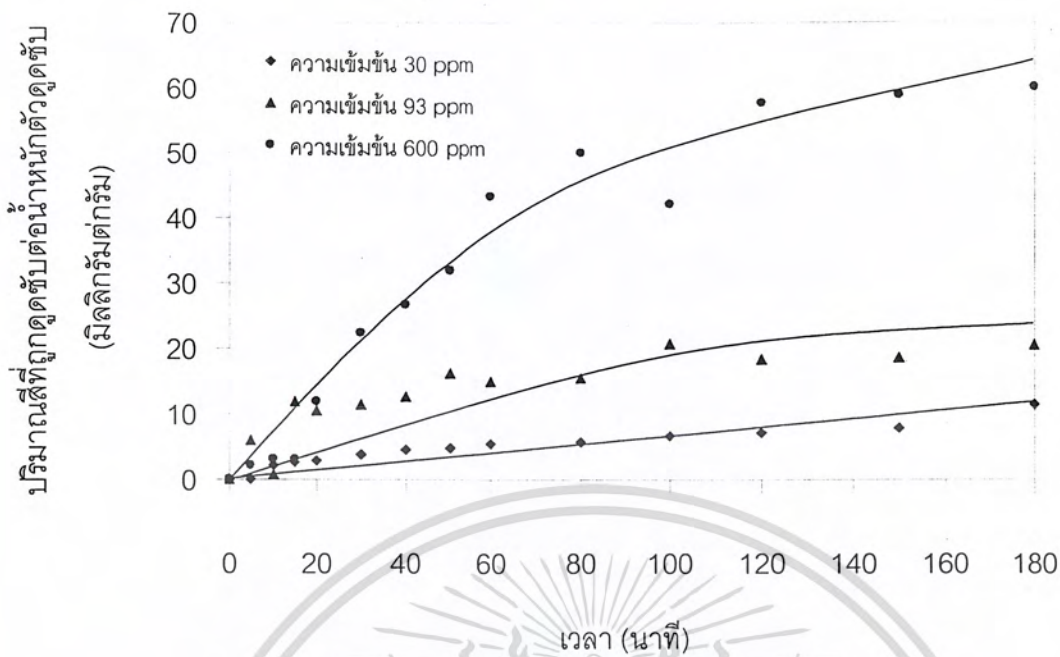
จากการศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นที่มีผลต่อการดูดซับสารละลายสีย้อม Congo red ของ ต้นข้าวขนาด Mesh number 20-60 จะพบว่าเมื่อความเข้มข้นมากขึ้น ความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.6 แสดงถึง Adsorption isotherm ซึ่งสร้างจากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มีการดูดซับจนถึงจุดสมดุล โดยมีการกวนอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 3 วัน พบว่ามีลักษณะของ Isotherm ใกล้เคียงกับแบบจำลอง Langmuir และเมื่อนำข้อมูล Adsorption isotherm ในรูปที่ 4.6 เพื่อไปสร้างแบบจำลอง Langmuir adsorption isotherm และแบบจำลอง Freundlich adsorption isotherm โดยแบบจำลอง Langmuir adsorption isotherm จะเขียนระหว่างความเข้มข้นของสารละลายที่เหลือต่อปริมาณการดูดซับ (c/q) กับความเข้มข้นของสารละลายที่เหลือ ดังรูปที่ 4.7 ส่วนแบบจำลอง Freundlich adsorption isotherm จะเขียนระหว่าง $\ln q$ กับ $\ln c$ ดังรูปที่ 4.8

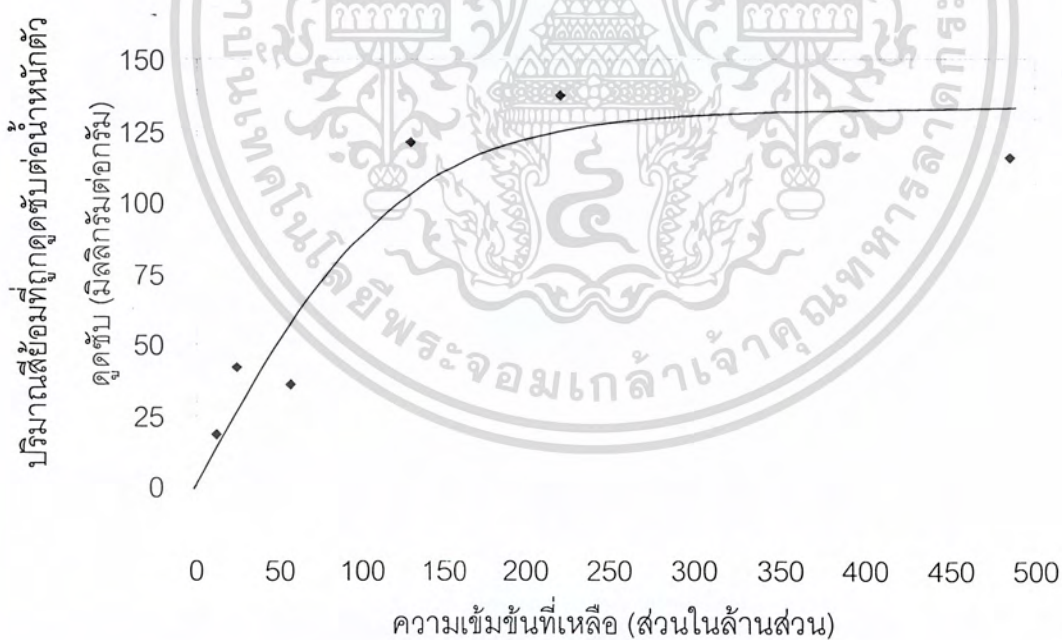


รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความเข้มข้นที่เหลือต่อความเข้มข้นเริ่มต้นกับเวลาโดยใช้ต้นข้าวดูดซับสี Congo red

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

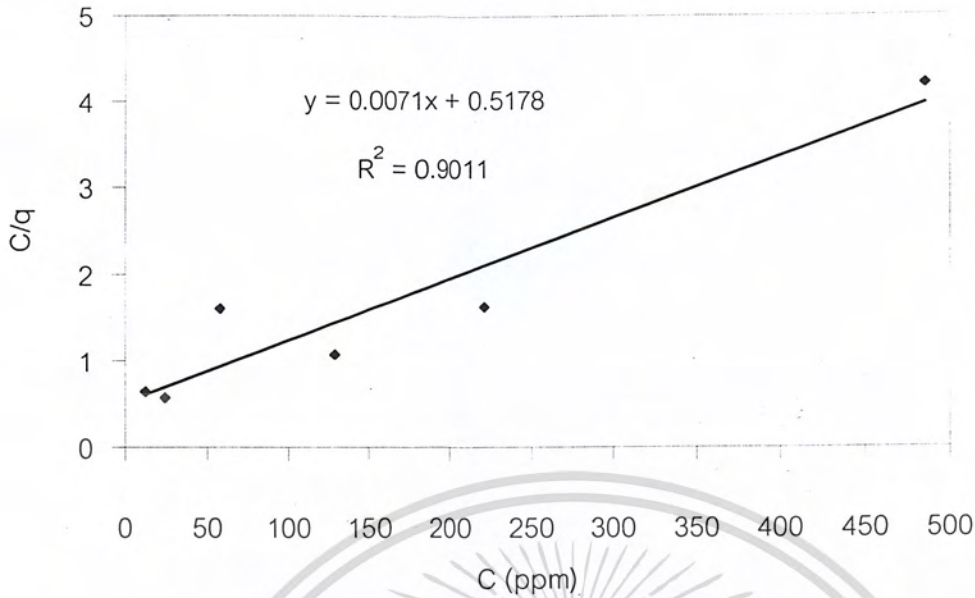


รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมาณสีย้อมที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักตัวดูดซับกับเวลา

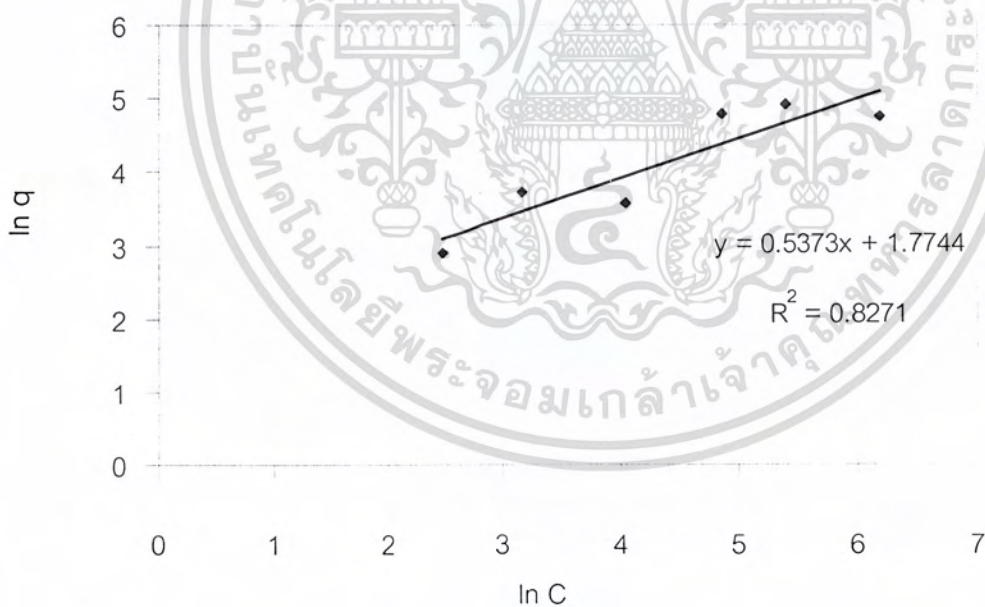


รูปที่ 4.6 Adsorption isotherm ของตัวดูดซับขนาด Mesh number 20-60 ที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 Langmuir adsorption isotherm ของต้นข้าวขนาด Mesh number 20-60 ที่ อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 4.8 Freundlich adsorption isotherm ของต้นข้าวขนาด Mesh number 20-60 ที่ อุณหภูมิห้อง

จากรูปที่ 4.7 และ 4.8 สามารถคำนวณค่าคงที่ในการดูดซับของแต่ละชนิดได้ดังแสดงใน ตารางที่ 4.2 พบว่าสัมประสิทธิ์การเบี่ยงเบน (R^2) ของ Langmuir กับ Freundlich ใกล้เคียงกัน

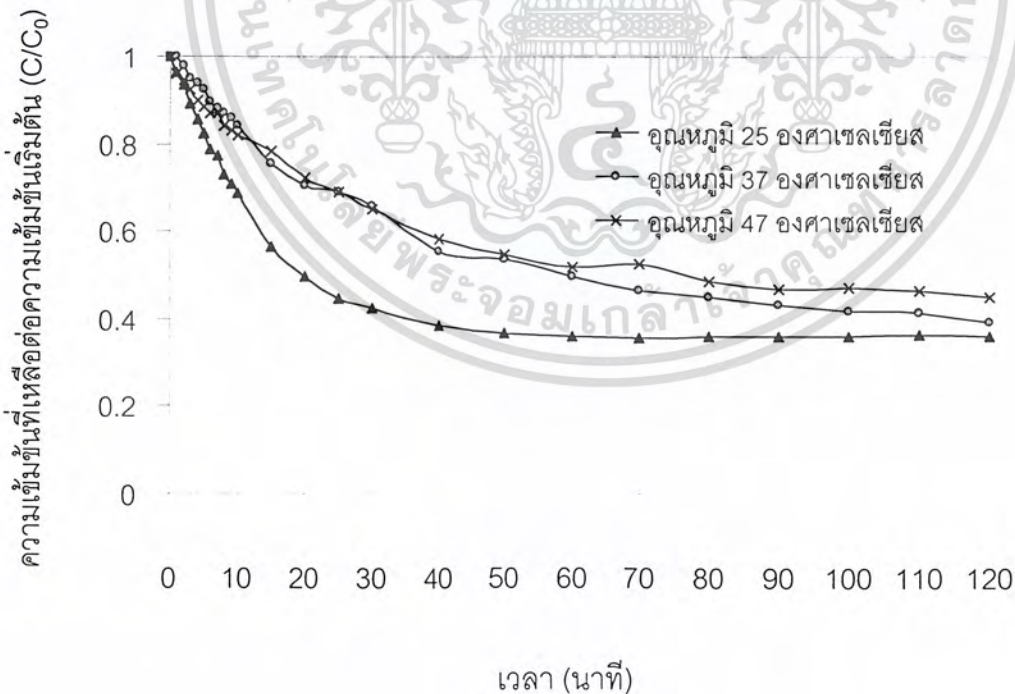
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่าคงที่ของสมการ Langmuir กับ Freundlich ของการดูดซับสารละลายสีย้อม Congo red โดยต้นข้าวขนาด Mesh number 20-60

Langmuir constant			Freundlich constant			
K_A	q_m	R^2	K_F	n	R^2	
0.014	140.85	0.901	5.897	1.86	0.827	

4.4 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการดูดซับของต้นข้าวขนาด Mesh number 20-60

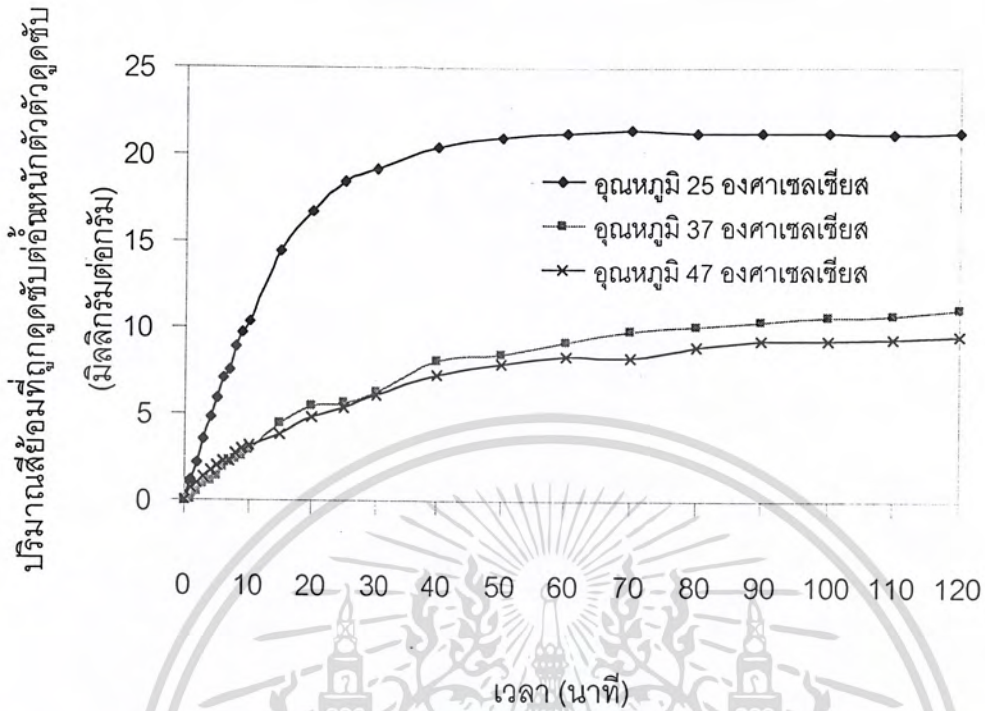
จากการทดลอง การดูดซับจะทำได้มากขึ้นถ้าอุณหภูมิต่ำและ จะน้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นที่ภายใต้ความดันคงที่ จากรูปที่ 4.9 และ รูปที่ 4.10 น้ำหนักของตัวดูดซับ อาจจะไม่เพียงพอมาจากการคายซับ (desorption) มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูง



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมาณสารละลายสี Congo red ที่เหลือต่อความ

เข้มข้นเริ่มต้นกับเวลา ที่อุณหภูมิ 25 , 37 และ 47 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมาณสีย้อมที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักต้นข้ากับเวลาที่อุณหภูมิ 25 , 37 และ 47 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่แตกต่างของต้นข้า กับปริมาณสีที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัม) ขนาด Mesh number 20-60

อุณหภูมิ องศาเซลเซียส	ปริมาณสีที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับ* (มิลลิกรัมต่อกรัม)
25	21.24
37	12.23
47	9.15

*เวลาที่ใช้ในการดูดซับ 2 ชั่วโมง

สรุปผลการทดลองข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาความสามารถในการดูดซับสีของวัสดุแต่ละชนิดที่สภาวะอุณหภูมิห้องโดยวัดได้จากความเข้มข้นของสารละลายสีที่เหลืออยู่ จะพบว่าในช่วงแรกจะเกิดการดูดซับได้อย่างรวดเร็วจนเวลาผ่านไปขณะหนึ่งการดูดซับเริ่มคงที่โดยสังเกตได้จากความเข้มข้นของสีที่เหลืออยู่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แสดงว่าตัวดูดซับเริ่มอิ่มตัวทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับลดลงจากการทดลองทำการดูดซับโดยใช้วัสดุธรรมชาติทั้ง 5 ชนิดพบว่า ต้นข่ามีความสามารถในการดูดซับสารละลายสี Congo red ได้ดีที่สุดรองลงมาคือ ต้นผักตบชวา ต้นบอน ช้างข้าวโพด และต้นกล้วยตามลำดับ

ประสิทธิภาพของตัวดูดซับทั้ง 5 ชนิด แสดงให้เห็นว่าต้นข่าปริมาณ 1 กรัม สามารถดูดซับสารละลายสีได้ 4.29 มิลลิกรัม ผักตบชวา 3.03 มิลลิกรัม ต้นบอน 2.89 มิลลิกรัม ช้างข้าวโพด และต้นกล้วยดูดซับได้ 2.31 และ 1.58 มิลลิกรัมตามลำดับ

ศึกษาพื้นที่ผิวของตัวดูดซับทั้ง 5 ชนิด พบว่าต้นข่ามีความสามารถในการดูดซับสูงสุดและตามด้วยต้นผักตบชวา ต้นบอน ช้างข้าวโพด และต้นกล้วยตามลำดับ ซึ่งอาจเนื่องจากต้นข่ามีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่าตัวดูดซับชนิดอื่น

Adsorption isotherm ของต้นข่าเป็นไปตามแบบจำลองของ Langmuir Adsorption isotherm

และความสามารถในการดูดซับต้นข่าจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมีค่ามากขึ้นและอุณหภูมิในการดูดซับลดลง อาจเนื่องมาจากเกิดอัตราการคายซับเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

5.2 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะในการทดลองต่อไป

- 1.1 ไม่สามารถทราบความเร็วรอบที่แท้จริงในการทดลอง
- 1.2 หากทำการทดลองควรหาจลนพลศาสตร์ของการดูดซับ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในสภาวะ

สมดุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

1. สีย้อม

สีย้อมเป็นสารที่ละลายน้ำได้ หรือสามารถทำให้ละลายน้ำได้ การย้อมสีติดได้ดีขึ้นอยู่กับตัวสีกับเส้นใย การรวมตัวของสีย้อมกับเส้นใย ได้ดีกว่าการรวมตัวของสีกับน้ำ อิทธิพลต่อการติดสีต่อเส้นใย

- พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond)
- แรงวานเดอร์วาลส์ (Vander waal's)
- แรงไอออนิก (Ionic forces)
- พันธะโควาเลนต์ (Covalent bond)

การย้อมติดของเส้นใยกับโมเลกุลของสี มีด้วยกัน 2 แรง แรงที่ทำให้การยึดติดกันได้ดีคือ พันธะโควาเลนต์ (Covalent bond) อิทธิพลต่อรูปร่างและขนาดของโมเลกุล ก็มีผลต่อการยึดติดของสีย้อม โมเลกุลสีย้อมยิ่งเล็กลงเท่าไรก็สามารผ่านช่องว่างเข้าไปในเส้นใยได้ดีมากขึ้นเท่านั้น ทำให้การย้อมติดดีขึ้นเท่านั้น และลักษณะของสีย้อมกว้างและแบบความยาวมาก ๆ จะทำให้การติดสีมีความคงทนมาก

2. ลักษณะการดูดซับ

รูปร่างของการดูดซับอาจจะอาจเป็นทรงที่ไม่เสมอกัน หรือทรงกระบอกทรงกลม จะต้องเหมาะสมในการบรรจุในเบด (bed) ตามปริมาณที่ต้องการซึ่งคำนวณจากพื้นที่ของตัวดูดซับ และ pressure drop ความดันที่ตกคร่อมได้เหมาะสม เพื่อให้ของไหลไหลได้ตลอดทั่วทั้งคอลัมน์ ซึ่งการพิจารณาตัวดูดซับมาใช้ในเชิงการค้าต้องคำนึงถึง

พื้นที่ภายในต้องมีปริมาณมาก

พื้นที่ที่จะใช้งานจะต้องมีรูพรุนใหญ่พอที่จะให้โมเลกุลเข้าไปดูดซับได้ หรือขนาดเล็กเกินไปสำหรับให้โมเลกุลที่ไม่ต้องการดูดซับ

อายุการใช้งานไม่ควรเร็วเกินไป

มีความแข็งแรงพอในเชิงกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Mckay, G., Blair, H.S. and Gardener, Adsorption of Dyes on Chitin. I. Equilibrium Studies. Journal of Applied Polymer Science, Vol.27,pp.3043-3057.
2. Charles, N., Satterfield, 1991, Heterogeneous Catalysis in Industrial Practice. 2nd ed., New York : McGraw-Hill Book Company,31-50.
3. Noll, K.E., Gounarios, V. and Hou, W., 1992, Adsorption Technology for Air and Water pollution Control. Michigan, Lewis, pp.199-216.
4. Oscik, J., Adsorption. New York, John Wiley & Sons, pp.157-193.
5. ยวดี เดชวิทย์ และสายใจ นารอดสมบุญ. ผลของโซเดียมคลอไรด์ และซิงค์คลอไรด์ ต่อการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2541.
6. วิภาวิณี นวลทวี และศรีประภา กล้วยไม้ ณ อรุณยา. การบำบัดสีไคเรคท์ด้วยผักตบชวา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2540.
7. อัจฉราพร ไสละสูต. คู่มือการย้อมสี. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : กรุงเทพฯเทคนิค 19 การพิมพ์. หน้า 149-153.
8. อภิสัทธ์ เนตรวงศ์. การกำจัดสีในน้ำทิ้งอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอโดยวิธีการดูดซับด้วยซีเมนต์ลอยในน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2538.
9. วิวรรณ ขจรเกียรติคุณ. การใช้ถังรองดูดซับน้ำเสียโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอในการบำบัดขั้นสุดท้าย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2539.
10. Ho, Y.S. and Mckay, G., 1998, Sorption of Dyes from Aqueous Solution by Peat. Chemical Engineering Journal, Vol.70, pp.115-124.
11. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. เคมีทั่วไป เล่ม 1. สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2535. หน้า 308-341.
12. ทบวงมหาวิทยาลัย. เคมี เล่ม 1. บริษัทอักษรเจริญทัศน์ อจท. จำกัด. 2540. หน้า 336-353.
13. อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ และคณะ. การดูดซับสีย้อมผ้าในน้ำด้วยถ่านคาร์บอนกัมมันต์ประเภทต่างๆ. การประชุมวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7. หน้า
14. สมชาย เอกธรรมสุทธิ. การกำจัดน้ำเสียจากโรงงานทอผ้าโดยวิธีทางเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2514.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. วิไลพร วณิชย์วโรดม. การบำบัดของน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมประเภทสิ่งทอโดยกระบวนการดูดซับด้วย Activated Carbon. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2538.
16. Pachal, B.D. and Roy,A.H.,1976,Treatment of Dye Waste with Granular Activated Carbon.Textile Chemist and Colorist Vol.8 No.4,pp.34-38.
17. Ghash,M.M..Wcodard,F.E.,Sproul,O.J.Knoelton, P.B. and Gvertin, P.D., 1978, Treatability Studies and Design Consideration for Textile Wastewater. Water and Waste Engineering, Vol.4, No.15,pp.35-51.
18. Chia-Chang Lin and Hwai –Shen Liu, 200, Adsorption in Centrifugal Field: Basic Dye Adsorption by Activated Carbon. Ind. Eng. Chem., Vol.39,No1,pp.161-167.
19. Emst, W.R. 1979,Adsorption of Textile Dyes from Aqueous Solution by Activated Carbon from Peanut Hulls. GRAI 7924, January, p.87.
20. Mitchell,M., Emst,W.R., Rasmusse, E.T.,Bangerzadeh, P. and Lightsey, G.R., 1978, Adsorption of Textile Dyes Activated Carbon Produced from Argricultural, Municipal and industrial Waste . Bullentin of Environment Contamination and Toxicology, Vol.19, No.3, pp. 307-311.
21. Villiers, R.V., 1972, Lime Classification and Activated Carbon Adsorption should be Usefull for Primary Treatment and Raw Municipal Wastewater.Water and Waste Engineering, Vol.1, No.9 pp.32-35.
22. Weber, W.J., 1972,Physicochemical System for Direct Wastewater Treatment, Vanderbilt University. Nashville,Tennessee, Environment Press, pp.13-25.
23. Mckay, G., Geundi, M.E.,and Nassar, 1986, Equilibrium Studies During the Removal of Dyestuff from Aqueos Solutions Using Bagasse Pith. Water Research, Vol.12, pp.1513-1520.
24. Mckay. G., Geundi, M.E., and Nassar, 1988, External Mass Transport Processes During the Adsorption of Dyes onto Baggasse Pith. Water Research, Vol.12 pp.1527-1533.
25. Geundi, M.E., 1991, Colour removal from Textile Effluents by Adsorption Techniques. Water Research.,Vol.25,No.3,pp.271-273.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ชนิดของตัวดูดซับที่ใช้ในเชิงการค้า

ชนิด	การใช้งาน
ซิลิกาเจล (silica gel)	ก๊าซ, สารทำความเย็น, สารละลายเชิงอินทรีย์, กำจัดความชื้นตัวกำจัดน้ำในอุปกรณ์ ควบคุมจุดน้ำค้าง (dew point) ในก๊าซธรรมชาติ
อะลูมินา (activated alumina)	ก๊าซ, สารทำความเย็น, สารละลายเชิงอินทรีย์, น้ำมัน ดัดแปลงที่อยู่ ในสภาวะแห้ง แยกสารไฮโดรคลอริกจากไฮโดรเจน แยกฟลูออรีน และสารประกอบโบรอนฟลูออรีนในระบบอัลคิลเลชัน
คาร์บอน (carbon)	ก๊าซไนโตรเจนในอากาศ แยกก๊าซไฮโดรเจนออกจากก๊าซสังเคราะห์ (syn -gas) กับกระบวนการไฮโดรจิเนชัน แยกเอทรีนออกจากมีเทน และไฮโดรเจน ไวนิลคลอไรด์โมโนเมอร์ (VCM) ออกจากอากาศ กำจัดกลิ่นออกจากก๊าซ น้ำไอของสารละลายยากกลับมาใช้ใหม่ กำจัด SO_x และ NO_x ทำให้ก๊าซมีเสถียรภาพ ใช้กับการทำความสะอาด off - gas เปลี่ยนสีของไซรับ, น้ำตาล และแป้งโมลัส ความบริสุทธิ์ของน้ำ รวมทั้งใช้ในการกำจัดฟีนอล สารประกอบฮาโลเจน ยาฆ่าแมลง คาโบแลคตัมและครอรีน
ซีโอไลต์ (zeolit)	ก๊าซออกซิเจนออกจากอากาศ การกำจัดความชื้นในก๊าซ การทำให้ก๊าซละของเหลวอยู่ในสภาพที่มีสภาพเป็นกรดที่ดีขึ้น การทำให้ก๊าซไฮโดรเจนมี ความบริสุทธิ์ แยกแอมโมเนีย และไฮโดรเจน การนำคาร์บอนไดออกไซด์กลับมาใช้ใหม่ แยกออกซิเจนและคาร์บอน กำจัดอะเซทีรีน โพรพิรีน และบิวเทนออกจากอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยกไซลีนและเอทิลเบนซีน

แยกพาราฟินที่เป็นโซตรงับที่มีสาขาออกจากกัน

แยกไอรีฟินและอะโรมาติกออกจากพาราฟิน

นำคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากมีเทน และ ไฮโดรเจน เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

ทำให้ off-gas มีความบริสุทธิ์

แยกครีซอล (cresols)

ทำให้ของเหลวที่เป็นอินทรีย์กับสารละลายอยู่ในสถานะแห้ง

แยกสารละลาย

ควบคุมมลภาวะรวมถึงการกำจัดปรอท SO_x และ NO_x ออกจากก๊าซ

การนำฟรอกโตลออกจากไซรับของข้าวโพดเพื่อนำกลับไปใช้งานใหม่

โพลีเมอร์ และเรซิน

การทำให้ น้ำมีความบริสุทธิ์ จะรวมถึงการกำจัดฟีนอล, คลอโรฟีนอล, อลคอกซอล, อะโรมาติก, PCB, ยาฆ่าแมลง, แอนติไบโอติก ที่มีหลายองค์ประกอบ, ไนโตร และ โคโรอะโรมาติก, น้ำยาทำความสะอาด, อิมัลซิไฟเออร์, น้ำยาย้อมผ้า กรดอะมิโน และโปรตีนที่มีความบริสุทธิ์

แยกกรดไขมันออกจากน้ำและโพรอิน

แยกอะโรมาติกออกจาก อะลิฟาติก

การนำโปรตีนและเอนไซม์นำกลับมาใช้ใหม่

ดินเหนียวผ่านกรด และ คอลัมน์

ปรับสภาพน้ำมันที่สามารถรับประทานได้
กำจัดสารที่มีสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ชนิดของสีย้อม

4.1 สีไดเรคท์ สีย้อมผ้าไดเรคท์บางครั้งถูกเรียกว่าสีย้อมฝ้าย ชื่อของสีชนิดนี้ได้มาจากการที่สีย้อมชนิดนี้เป็นสีสังเคราะห์ชนิดแรกที่ย้อมติดใยฝ้ายโดยซึมเข้าไปภายในเซลล์ลูโลสได้โดยตรง ไม่ต้องเติมสารช่วยย้อมใด ๆ ทั้งสิ้น แต่ในปัจจุบันการย้อมสีไดเรคท์ นี้จะใช้เกลือในการเพิ่มประสิทธิภาพในการย้อมให้สูงขึ้น สีย้อมพวกนี้ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบอะโซที่มึ่น้ำหนักโมเลกุลสูงและมีกรดซัลฟอนิก ซึ่งทำให้ตัวสีละลายน้ำได้

4.2 สีรีแอคทีฟ เป็นสีย้อมผ้าเซลลูโลสที่ดีที่สุด สามารถละลายน้ำได้ มีคุณสมบัติเป็นแอนไอออน โมเลกุลของสีจะทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกไซด์ในเซลลูโลส และเชื่อมโยงติดกันโดยพันธะโควาเลนต์ มีคุณสมบัติในการละลายและการดูดติดกับเส้นใย

4.3 สีย้อมโลหะ เป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลสและให้สีต่างกัน เมื่อย้อมแล้วต้องทำให้สารนี้ตกตะกอนภายในเส้นใยด้วย

4.4 สีย้อมอะโซอิก สีย้อมกลุ่มนี้นิยมใช้ย้อมกับเส้นใยเซลลูโลสเท่านั้น ตัวสีย้อมผ้าชนิดนี้เป็นสารประกอบอะโซเท่านั้น แต่ว่าสีไม่ละลายน้ำ

จำแนกตามชนิดของเส้นใยที่นำไปย้อมสี

สีย้อมฝ้าย ได้แก่ สีไดเรคท์ สีซัลเฟอร์

สีย้อมโพลีเอสเตอร์ ได้แก่ สีดิสเพอร์ส

สีย้อมไนลอน ไหม และขนแกะ ได้แก่ สีแอซิด

สีย้อมอะคริลิก ได้แก่ สีเบสิค

สีชนิดที่ละลายน้ำได้

สีแอซิด

สีเบสิค

สีไดเรคท์

สีแอคทีฟ

สีชนิดที่ละลายน้ำไม่ได้

สีดิสเพอร์ส

สีซัลเฟอร์

สีแว็ต

สีอะโซ

สีพิกเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สีย้อมและการบำบัดสีในน้ำทิ้ง

สีย้อมเป็นสารเคมีที่สกัดจากปิโตรเลียม สีหรือถ่านหินผ่านการสกัดจะได้สารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัวเช่น เบนซีน ไซลีน แอนทราซีน โทลูอิน แนฟทาลีน และพาราฟิน ซึ่งสารไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนเป็นสีย้อมรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งสีย้อมที่ผลิตขึ้นมาหลายชนิดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับเส้นใยและกระบวนการย้อมที่มีลักษณะแตกต่างกันไป การที่จะนำสีย้อมมาย้อมให้ได้ผลดีนั้น ขึ้นอยู่กับอำนาจการรวมตัวของสีกับเส้นใยซึ่งต้องมีอำนาจมากกว่าน้ำ เราจะสามารถทำให้เกิดสถานะเช่นนี้ขึ้นได้ เมื่อโมเลกุลของสีย้อมมีหมู่อะตอมซึ่งถูกจัดให้รวมตัวกันในลักษณะที่จะทำให้เกิดการดูดติดเส้นใยได้เอง (Substantity) กับเส้นใยแล้วเกิดพันธะ (Bond) ยึดกันแน่น อาจกล่าวได้อย่างกว้าง ๆ ว่ามีอิทธิพลเชิงเคมี 4 ชนิด ที่ทำให้สีดูดติดเส้นใย คือ พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) แรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der waals's force) แรงไอออน (Ionic force) และพันธะโควาเลนต์ (Covalent bond) กำลังแรงเหล่านี้มักทำหน้าที่เพียงลำพัง การดูดติดกันระหว่างโมเลกุลของสีย้อม กับโมเลกุลของเส้นใยอย่างน้อยต้องประกอบด้วย 2 ชนิดขึ้นไป

- กลุ่มไนโตรโซ (Nitroso Group)
- กลุ่มไนโตร (Nitro Group)
- กลุ่มอะโซ (Azo Group)
- กลุ่มเอทิลีน (Ethylene Group)
- กลุ่มคาร์บอนิล (Carbonyl Group)
- กลุ่มคาร์บอนิล กับ ไนโตรเจน (Carbonyl - Nitrogen Group)
- กลุ่มซัลเฟอร์ (Sulphur Group)

กลุ่มอะตอมต่าง ๆ เหล่านี้จะเป็นตัวเพิ่มสีให้แก่สารประกอบอะโรมาติกโดยการดูดกลืนแถบสีขาวได้บางแถบสีและปล่อยออกมาบางแถบแสงทำให้มนุษย์มองเห็นสีย้อมมีโทนสีแตกต่างกันไป

ความเป็นพิษของสีย้อมและมลพิษของสีย้อมโดยทั่วไปสีย้อมเป็นสารที่จัดได้ว่ามีความเป็นพิษต่ำ โดยไม่พบว่ามีอัตราการตายหรือเจ็บป่วยของผู้ทำงานในโรงงานฟอกย้อมสูงกว่าบุคคลอาชีพอื่นแต่อย่างใด สีย้อมอาจเข้าสู่ร่างกายของผู้ใช้ได้ 3 ทางคือทางจุกโดยการสูดดม ทางผิวหนัง โดยการสัมผัสและทางระบบทางเดินอาหารโดยปนเข้าไปกับอาหารการกินและก็เป็นที่น่าทราบดีว่าสารวัตถุพิษที่ใช้ในการสังเคราะห์สีย้อมมีจำนวนไม่น้อยที่มีความเป็นพิษสูงมากและมีหลายตัวเป็นสารก่อมะเร็งเช่น 2-naphthylamine และ benzidine ผลกระทบของสีย้อมต่อสิ่งแวดล้อมหรือสมบัติด้านมลพิษของสีย้อมนั้น พบว่าสีย้อมยากแก่การสลายตัวทางชีวภาพ แต่ความเป็นพิษต่อปลาค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตามปัญหาสำคัญของสีย้อมในน้ำทิ้ง ปัจจุบันนี้มิได้อยู่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ความเป็นพิษของสีย้อม สีย้อมเป็นสารที่มีสีเข้ม ดังนั้นมันอยู่ในน้ำปริมาณน้อยก็อาจทำให้เป็นที่รังเกียจของผู้พบเห็นได้ จึงต้องทำการกำจัดสีก่อนปล่อยสิ่งแวดล้อม

ปัญหาที่เกิดจากสีย้อมในน้ำทิ้งจากโรงงานสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ก่อให้เกิดความไม่สวยงามทางด้านทัศนียภาพ
2. สีย้อมที่เป็นสารอินทรีย์ย่อยสลายได้ทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำลดลง
3. ขัดขวางการเดินทางของแสงซึ่งจำเป็นต่อการสังเคราะห์แสงของพืช
4. การผลิตออกซิเจนลดลงเนื่องจากผลกระทบจากข้อ 3 ซึ่งส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำ
5. ความเป็นพิษของสีย้อมบางชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง

ทั้งหมดข้างต้นส่งผลให้สภาพของแหล่งน้ำไม่เหมาะต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

6. การบำบัดสีในน้ำทิ้ง

สิ่งเจือปนในน้ำทิ้งในโรงฟอกย้อมส่วนใหญ่จะเป็นสีย้อมและสารเคมีดังนั้นก่อนปล่อยน้ำทิ้งออกจากโรงงานต้องผ่านระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อกำจัดสารต่าง ๆ รวมทั้งสีที่ตกค้างก่อน วิธีการบำบัดสีมีหลายวิธีดังนี้

6.1 การตกตะกอนด้วยสารเคมี

เป็นกระบวนการกำจัดสีที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยมักใช้ร่วมกับการปรับค่าเป็นกรดต่าง สารตกตะกอนที่นิยมใช้คือ ปูนขาว สารส้ม เฟอร์รัสคลอไรด์ หรือเฟอร์รัสซัลเฟต เป็นต้น การกำจัดสีโดยกระบวนการตกตะกอนด้วยสารส้ม เป็นผลจากการทำให้โมเลกุลของสีถูกดูดซับบนอนุภาคของสารส้มทำให้ตะกอนของสีจมตัวลงในน้ำทิ้ง จากนั้นทำให้น้ำทิ้งเป็นกลางก่อนปล่อยลงท่อน้ำทิ้ง เทคนิคนี้สามารถกำจัดสีได้มีประสิทธิภาพ

6.2 กระบวนการบำบัดทางชีววิทยา

กระบวนการนี้อาศัยจุลินทรีย์ ในการลดสีโดยจุลินทรีย์ที่เติบโตขึ้นมาใหม่ จะมีการดูดซับสีไปด้วยทำให้สามารถบำบัดสีได้ แบ่งเป็น 2 ระบบ คือ ระบบตะกอนเร่ง เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา ซึ่งอาศัยจุลินทรีย์ในการทำลาย และระบบเติมอากาศ ระบบนี้คล้ายกับระบบตะกอนเร่งต่างกันเพียงบ่อนี้จะมีขนาดใหญ่ คุณภาพของน้ำเมื่อผ่านกระบวนการนี้จะมีค่า BOD ลดลง ประมาณร้อยละ 30 – 50

6.3 การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

เป็นกระบวนการดูดซับที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถใช้กำจัดสีได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่มีข้อจำกัดคือ ของเสี้ยวที่จะดูดซับต้องมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 400 ซึ่งโดยทั่วไป ของเสี้ยวในโรงงานจะมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า 400 และสูงกว่า 1200 ดังนั้นก่อนการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำจัดสีต้องทำการปรับขนาดของน้ำหนักโมเลกุลให้เหมาะสมเสียก่อนโดยปกติ เทคโนโลยีการดูดซับ ประยุกต์ใช้สำหรับการควบคุมพอกสารประกอบอินทรีย์ สารประกอบอินทรีย์ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 45 ถือว่าเป็น Adsorbate ที่ดี การดูดซับใช้ในการควบคุมการปล่อยมลพิษในหลายกระบวนการผลิตที่มีการใช้สารละลาย กระบวนการต่าง ๆ ที่มีการใช้สารเคมี สารดูดซับส่วนใหญ่ที่ใช้ในอุตสาหกรรม คือ Activated Carbon, Silica Gel, Activated Alumina (Alumina Oxide) และ Zeolites (Molecular Sieves) สารดูดซับที่มีคุณสมบัติเคมีตามธรรมชาติของสารที่นำมาผลิต พื้นที่ผิวของสาร รูปร่างและขนาดของช่องว่าง ปริมาตรของช่องว่าง คุณสมบัติที่สำคัญในการดูดซับของตัวดูดซับคือ ประจุไฟฟ้าที่ผิวสัมผัส ถ้าสารดูดซับมีประจุไฟฟ้าจะทำให้ไอน้ำเข้ามาเกาะและรบกวนกระบวนการดูดซับ เพราะความชื้นจะพบได้ทั่วไปในอากาศ ดังนั้นในการใช้สารดูดซับที่มีประจุจึงมักใช้ไม่ได้ผลสำหรับระบบการควบคุมมลพิษอากาศ แต่ Activated Carbon เป็นสารดูดซับที่มีประจุจึงไม่ถูกรบกวนโดยไอน้ำในกระบวนการดูดซับ จึงถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย

6.4 การออกซิไดซ์ด้วยโอโซน

โดยทั่วไปโมเลกุลสีย้อมจะมีหมู่โครโมฟอร์เป็นสารประกอบอินทรีย์เป็นพวกวงแหวน กับพันธะคู่หรือพันธะเดี่ยว ดังนั้น การทำลายโมเลกุลของสีต้องทำลายหมู่โครโมฟอร์เสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข.1 การหาความเข้มข้นของสารละลายสี Congo red

1. เตรียมสารละลายสี Congo red ที่ความเข้มข้นเจือจางมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี – วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible Spectrophotometer) เพื่อหาค่าการดูดกลืนแสงที่มีค่ามากที่สุด(λ_{max})เพื่อใช้ในการวัดในครั้งต่อ ๆ ไปซึ่งมีค่าความยาวคลื่นแสง 497 นาโนเมตร

2. เตรียมสารละลายสี Congo red ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ตั้งแต่ 0 ถึง 40 ppm

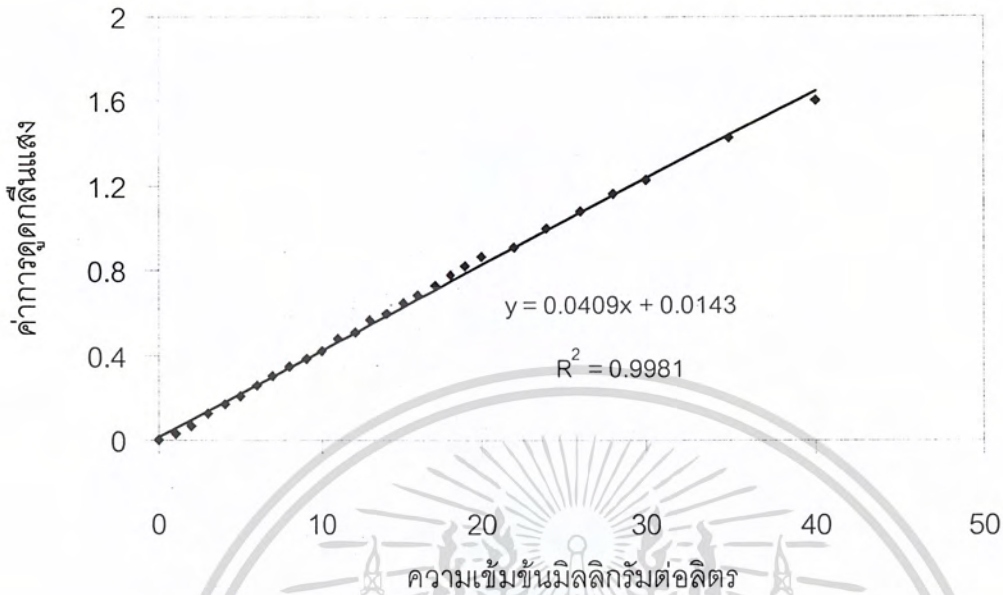
3. นำสารละลายที่ต้องการหาค่าความเข้มข้น นำไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (Absorbance) ด้วยเครื่อง (UV- Visible spectrophotometer) ที่(λ_{max}) 497 นาโนเมตร บันทึกผลการทดลอง

4. นำค่าที่ได้ไปพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกับค่าการดูดกลืนคลื่นแสงจะได้กราฟเทียบมาตรฐาน (Calibration curve)

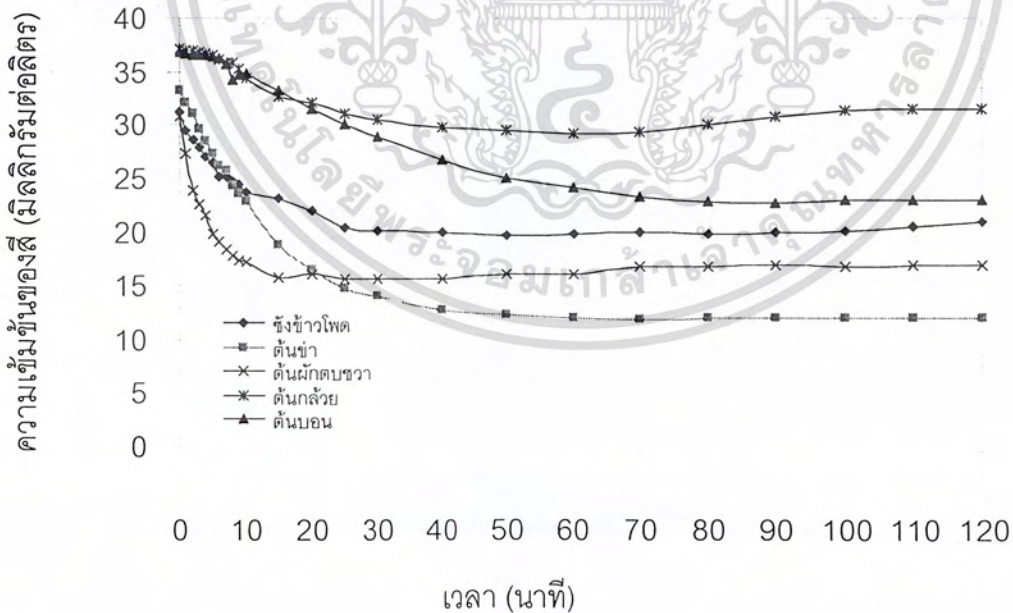
ตารางที่ ข.1 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารละลายสี Congo red

ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)	ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)
0	0	14	0.595
1	0.032	15	0.648
2	0.064	16	0.684
3	0.123	17	0.727
4	0.167	18	0.777
5	0.206	19	0.823
6	0.255	20	0.866
7	0.299	22	0.909
8	0.344	24	0.999
9	0.384	26	1.082
10	0.422	28	1.160
11	0.475	30	1.231
12	0.509	35	1.427
13	0.564	40	1.600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 กราฟเทียบมาตรฐานของสารละลายสี Congo red



รูปที่ ข.2 แสดงความเข้มข้นเริ่มต้นในการดูดซับดูดซับสารละลายสี Congo red กับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงผลของความเข้มข้นเริ่มต้นต่อการดูดซับโดยวัสดุทางธรรมชาติ

ตารางที่ ค.1 พารามิเตอร์แสดงผลของขนาดตัวดูดซับ โดยวัสดุทางธรรมชาติทั้ง 5 ชนิดขนาด Mesh number 20-60 ด้วยสารละลายสี Congo red ที่อุณหภูมิห้อง (25 °C)

เวลา นาที (min)	ค่าการดูดซับที่มีขนาดตัวดูดซับ (20-60 Mesh) สารละลายสีย้อม Congo Red มิลลิกรัมต่อลิตร (ppm)				
	ซังข้าวโพด	ต้นข้าว	ต้นบอน	ผักตบชวา	ต้นกล้วย
0	31.17	33.21	36.79	30.71	37.08
1	29.52	32.02	36.71	27.30	37.03
2	28.65	31.0	36.59	23.89	37.0
3	27.82	29.66	36.53	22.58	36.82
4	27.0	28.42	36.47	21.53	36.68
5	26.41	27.31	36.42	19.84	36.53
6	25.19	26.15	36.27	19.09	36.10
7	25.07	25.64	35.64	18.39	35.87
8	24.75	24.31	34.24	17.82	35.81
9	24.41	23.51	34.59	17.36	35.29
10	23.71	22.82	34.77	17.12	34.31
15	23.11	18.71	33.24	15.70	32.63
20	21.91	16.47	31.45	16.0	32.09
25	20.37	14.80	30.10	15.64	31.0
30	20.05	14.06	28.85	15.64	30.49
40	20.0	12.73	26.74	15.53	29.69
50	19.58	12.22	24.96	16.05	29.44
60	19.81	11.94	24.07	16.05	29.18
70	19.91	11.77	23.31	16.72	29.38
80	19.81	11.94	22.80	16.81	30.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ต่อ

90	19.98	11.94	22.67	16.83	30.77
100	20.14	11.94	22.98	16.79	31.40
110	20.56	12.01	22.91	16.88	31.51
120	20.930	11.97	22.96	16.91	31.45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การศึกษา Adsorption isotherm

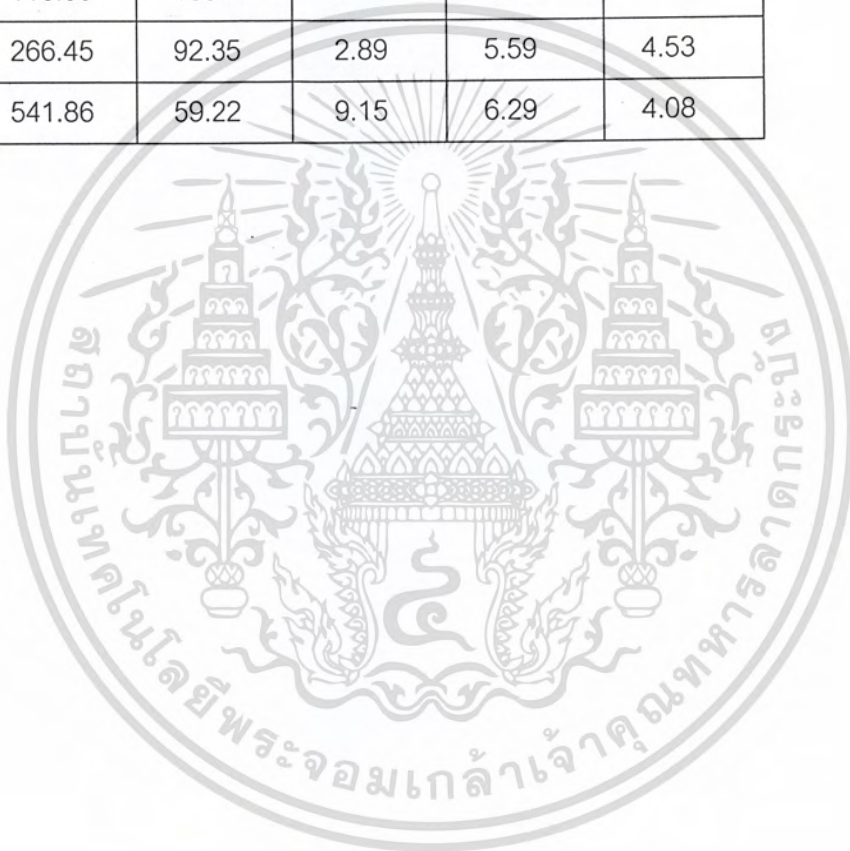
ตารางที่ ง.1 พารามิเตอร์แสดงผลของตัวดูดซับโดยต้นข้าวขนาด Mesh number 20 -60 ด้วยสารละลายสี congo red ที่อุณหภูมิห้อง (25 °C)

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเริ่มต้นมิลลิกรัมต่อลิตร (ppm)								
	30.0 ppm			93 ppm			600 ppm		
	C(ppm)	q(mg/g)	c/c ₀	C(ppm)	q(mg/g)	c/c ₀	C(ppm)	q(mg/g)	c/c ₀
0	30.08	0	1.0	92.82	0	1.0	601.08	0	1.0
5	30.05	0.030	0.999	86.75	6.070	0.935	598.96	2.12	0.996
10	27.82	2.260	0.925	92.11	0.715	0.992	597.92	3.16	0.995
15	27.46	2.620	0.913	81.0	11.820	0.873	597.92	3.16	0.995
20	27.26	2.820	0.906	82.25	10.570	0.886	589.06	12.02	0.980
30	26.26	3.820	0.873	81.50	11.320	0.878	578.65	22.43	0.963
40	25.52	4.560	0.848	80.25	12.570	0.865	574.48	26.60	0.956
50	25.33	4.750	0.842	76.67	16.150	0.826	569.27	31.81	0.947
60	24.60	5.480	0.818	77.78	15.040	0.838	557.75	43.33	0.928
80	24.41	5.670	0.812	77.33	15.490	0.833	551.16	49.92	0.917
100	23.53	6.550	0.782	72.0	20.820	0.776	558.91	42.17	0.930
120	23.01	7.070	0.765	74.44	18.380	0.802	543.41	57.67	0.904
150	22.22	7.860	0.739	74.22	18.600	0.800	542.25	58.83	0.902
180	18.57	11.51	0.617	72.44	20.380	0.780	541.09	59.99	0.900

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 พารามิเตอร์แสดงผล Asorption isotherm ของการดูดซับโดยต้นข้าวขนาด Mesh number 20-60 ด้วยสารละลาย Congo red

C_0 (ppm)	C (ppm)	q(mg/g)	c/q	ln c	ln(q)
30.08	11.76	18.32	0.64	2.46	2.91
65.57	23.76	41.81	0.57	3.17	3.73
92.82	57.14	35.68	1.60	4.05	3.57
250.0	110.59	139.41	0.79	4.71	4.94
358.8	266.45	92.35	2.89	5.59	4.53
601.08	541.86	59.22	9.15	6.29	4.08



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ตารางที่ จ.1 พารามิเตอร์แสดงผลของตัวดูดซับ โดยดันทำขนาด Mesh number 20-60
ด้วยสารละลายสี Congo red อุณหภูมิต่าง ๆ กัน

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ 37 °C			อุณหภูมิ 42 °C			อุณหภูมิ 47 °C		
	C (ppm)	q (mg/g)	c/c ₀	C (ppm)	q (mg/g)	c/c ₀	C (ppm)	q (mg/g)	c/c ₀
0	36.53	0	1.0	35.81	0	1.0	34.87	0	1.0
1	36.47	0.015	0.998	33.93	0.470	0.948	33.49	0.345	0.960
2	35.69	0.210	0.977	33.7	0.528	0.941	32.93	0.485	0.944
3	34.69	0.460	0.950	32.86	0.738	0.918	32.22	0.663	0.924
4	34.31	0.555	0.939	32.22	0.898	0.900	31.38	0.873	0.900
5	33.75	0.695	0.924	31.63	1.045	0.883	30.84	1.008	0.884
6	32.68	0.963	0.895	30.89	1.230	0.863	30.41	1.115	0.872
7	32.14	1.098	0.880	30.36	1.363	0.848	30.33	1.135	0.870
8	31.84	1.173	0.872	29.41	1.600	0.821	29.36	1.378	0.842
9	31.45	1.270	0.861	29.13	1.670	0.813	28.96	1.478	0.831
10	30.77	1.440	0.842	28.51	1.825	0.796	28.59	1.570	0.820
15	27.62	2.228	0.756	27.08	2.183	0.756	27.31	1.890	0.783
20	25.71	2.705	0.704	25.4	2.603	0.709	25.27	2.400	0.725
25	25.25	2.820	0.691	24.46	2.838	0.683	24.14	2.683	0.692
30	24.00	3.133	0.657	23.37	3.110	0.653	22.73	3.035	0.652
40	20.28	4.063	0.555	21.16	3.663	0.591	20.37	3.625	0.584
50	19.60	4.233	0.537	19.74	4.018	0.551	19.05	3.955	0.546
60	18.15	4.595	0.497	18.74	4.268	0.523	18.09	4.195	0.519
70	16.93	4.900	0.463	18.15	4.415	0.507	18.28	4.148	0.524
80	16.37	5.040	0.448	17.52	4.573	0.489	16.97	4.475	0.487
90	15.81	5.180	0.433	17.38	4.608	0.485	16.30	4.643	0.467
100	15.22	5.328	0.417	16.74	4.768	0.467	16.40	4.618	0.470

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 ต่อ

110	15.11	5.355	0.414	16.63	4.795	0.464	16.16	4.678	0.463
120	14.30	5.558	0.391	16.42	4.848	0.459	15.72	4.788	0.451



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้