



การกำจัดสีรีแอกทีฟโดยใช้เปลือกหอยที่ผ่านการเผา

Removal of Reactive Dyes by Burned Activated Shell

Sompit Deeboonno, Kittipong Suweero and Prachoom Khamput

สมพิศ ดีบุญโน, กิตติพงษ์ สุวีโร และ ประช่อม คำพุด

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

E-mail : kibkayka@hotmail.com, choomy_gtc@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดูดซับสีรีแอกทีฟด้วยเปลือกหอยแครงและเปลือกหอยนางรมที่ผ่านการเผา จากการทดลองพบว่าระยะเวลาสมดุลในการดูดซับสีของเปลือกหอยแครงและเปลือกหอยนางรม เท่ากับ 40 และ 60 นาที ตามลำดับ เมื่อนำแบบจำลองปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง และแบบจำลองปฏิกิริยาอันดับสองมาใช้อธิบายจลนพลศาสตร์การดูดซับพบว่าแบบจำลองปฏิกิริยาอันดับสองสามารถใช้ได้ดีกว่าแบบจำลองปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง และไอโซเทอมของการดูดซับสามารถอธิบายได้ เมื่อใช้แบบจำลองของแลงเมียร์ และฟรอนด์ลิช โดยเปลือกหอยแครงมีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงกว่าเปลือกหอยนางรม ซึ่งมีค่าความจุสูงสุด (Q_{max}) เท่ากับ 0.5235 และ 0.4672 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และมีค่าคงที่ความจุในการดูดซับ (K_p) เท่ากับ 0.3765 และ 0.1810 ลิตรต่อกรัม ตามลำดับ แต่ถ้าต้องการบำบัดแบบต่อเนื่องแล้ว ตัวดูดซับที่เป็นเปลือกหอยนางรมที่ผ่านการเผาจะเหมาะสมกว่าเนื่องจากค่าคงที่ที่แสดงถึงพลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยา ($1/n$) ของเปลือกหอยนางรมเผาสูงกว่า โดยมีค่าคงที่ที่แสดงถึงพลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยาเท่ากับ 0.1510 และ 0.3576 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ดูดซับ; เปลือกหอยแครง; เปลือกหอยนางรม; สีรีแอกทีฟ; ไอโซเทอม

Abstract

This research aims to study the adsorption of reactive dyes by burned activated Cockle shells and Oyster shells. From the experiment, it was found that the equilibration time for adsorption of burned activated Cockle shells and Oyster shells were 40 and 60 minutes respectively. The kinetic models, pseudo-first order and pseudo-second order were applied to examine the kinetics of adsorption. The kinetic experimental data properly correlated with pseudo-second order kinetic model more than pseudo-first order. The adsorption Isotherms could be well explained by Langmuir and Freundlich models. The burned activated Cockle shells were higher adsorption efficiency than Oyster shells. The adsorption capacities (Q_{max}) of burned activated Cockle shells and Oyster shells were 0.5235 and 0.4672

mg/g respectively, and sorption capacity (K_p) were 0.3765 and 0.1810 l/g respectively, but burned activated Oyster shells was proper for treated continuous flow than Cockle shells due to the higher adsorption intensity ($1/n$) of Oyster shells. The adsorption intensity were 0.1510 and 0.3576 respectively.

Keywords : adsorption; charcoal; cockle shells; oyster shells; reactive dyes; isotherms

บทนำ

อุตสาหกรรมฟอกย้อมและสิ่งทอ เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีการพัฒนาขยายตัวอย่างรวดเร็ว จึงก่อให้เกิดน้ำเสียเป็นจำนวนมาก ซึ่งโดยทั่วไปน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมจะมีสีเจือปนอยู่ค่อนข้างสูง และกำจัดได้ยาก ก่อให้เกิดความไม่สวยงามทางด้านทัศนียภาพ ขัดขวางการเดินทางของแสงซึ่งจำเป็นต่อการสังเคราะห์แสงของพืชทำให้การผลิตออกซิเจนลดลง จึงส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำและสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดมลพิษกับแหล่งน้ำและมีปริมาณสารพิษตกค้างเนื่องจากสีย้อมบางชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง ซึ่งโดยทั่วไปน้ำเสียฟอกย้อมจะมีค่าบีโอดีประมาณ 100-1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าซีโอดีประมาณ 500-1,200 มิลลิกรัมต่อลิตร และในน้ำเสียจะมีสีย้อมปริมาณแตกต่างกันไปตั้งแต่ร้อยละ 5-50 ขึ้นอยู่กับประเภทของสีย้อมที่ใช้ [1]

การกำจัดสีในน้ำเสียโดยทั่วไปแล้วทำได้หลายวิธี เช่น การย่อยสลายโดยกระบวนการทางชีวภาพ การแลกเปลี่ยนไอออน การตกตะกอนด้วยสารเคมี การดูดซับ การกรอง และการออกซิไดซ์ เป็นต้น ซึ่งในแต่ละวิธีก็ยังไม่มีการสรุปว่าวิธีใดที่จะมีประสิทธิภาพของการกำจัดสีได้อย่างแน่ชัด [2] ในวิธีการกำจัดสีที่กล่าวมาวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ คือ การดูดซับ (Adsorption) ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีระบบการดำเนินงานไม่ซับซ้อน จึงสามารถนำไปใช้ได้กับอุตสาหกรรมขนาดย่อมได้

การศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่การดูดซับ เพื่อกำจัดสีย้อมรีแอคทีฟในน้ำเสียฟอกย้อม [3] เนื่องจากเป็นสีที่ไม่สามารถถูกกำจัดได้ในกระบวนการขั้นต้นด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี และในกระบวนการขั้นที่สองด้วยวิธี

ทางชีววิทยา [4] โดยใช้เปลือกหอยที่ผ่านการเผาและมีการกระตุ้นเพื่อเป็นตัวกลางสำหรับการดูดซับ เนื่องจากเปลือกหอยมีโครงสร้างเป็นรูพรุน และมีองค์ประกอบหลักคือแคลเซียมอยู่ประมาณร้อยละ 70 [5] จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นวัสดุในการดูดซับสี เพราะแคลเซียมมีประจุบวกจึงน่าจะมีความสามารถในการดูดซับสีย้อมรีแอคทีฟซึ่งมีประจุลบได้ดี [6] นอกจากนี้ยังเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่เหลือจากการบริโภคซึ่งหาได้ง่าย งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาการนำของเสียมาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและสามารถลดปริมาณขยะมูลฝอยได้อีกด้วย

แผนการวิจัย

การสังเคราะห์ตัวอย่างน้ำสี

ทำการสังเคราะห์น้ำสี โดยการควบคุมให้มีเฉพาะสีย้อมรีแอคทีฟ และสารเคมีที่จำเป็นต่อการย้อมจริง รวมถึงการควบคุมสถานะในกระบวนการให้เลียนแบบการย้อมจริง โดยสีย้อมรีแอคทีฟที่ใช้เป็นโทนสีแดง เนื่องจากประกอบด้วยสารอะโซมาติกซึ่งเป็นสารที่มีความคงตัวสูงและกำจัดได้ยาก [6] โดยสังเคราะห์ให้มีความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และใช้ความเข้มข้นนี้ตลอดการทดลอง

การเตรียมวัสดุดูดซับ

วัสดุดูดซับที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ เปลือกหอยนางรมและเปลือกหอยแครงที่ผ่านการเผา ซึ่งมีวิธีการเตรียมดังนี้

1. นำเปลือกหอยแครงและเปลือกหอยนางรมมาล้างทำความสะอาด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2. นำเปลือกหอยไปแช่น้ำเกลือที่อิ่มตัว ซึ่งมีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 26 โดยน้ำหนักเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อเป็นการกระตุ้นเปลือกหอยทั้ง 2 ชนิด

3. นำมาบดและทำการคัดขนาดของเปลือกหอยด้วยเครื่องเขย่าสำหรับคัดแยกขนาดพร้อมตะแกรงคัดแยกโดยให้มีขนาดอยู่ที่ 35 เมช (0.5 มิลลิเมตร)

การศึกษาหาระยะเวลาสมดุลของการดูดซับสี

1. นำเปลือกหอยนางรมและเปลือกหอยแครงที่ผ่านการเผา และคัดขนาดแล้ว ปริมาณ 10 กรัม ใส่ลงในสารละลายสีที่มีความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตร

2. นำไปเขย่าที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แล้วเก็บสารละลายตัวอย่างที่ระยะเวลาต่างๆ ดังนี้คือ 5, 10, 15, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 และ 160 นาที

3. เก็บตัวอย่างน้ำที่ระยะเวลาต่างๆ มากรองเพื่อแยกสารละลายออกจากตัวดูดซับ จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ค่าการดูดกลืนแสง 510 นาโนเมตร เพื่อหาความเข้มข้นสีที่อยู่ในสารละลาย

4. เขียนกราฟระหว่างประสิทธิภาพการดูดซับสีเทียบกับเวลาเพื่อหาระยะเวลาสมดุลของการดูดซับสี

ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการดูดซับสี

การศึกษาลักษณะพลศาสตร์ของการดูดซับสี สามารถอธิบายปรากฏการณ์การดูดซับที่เกิดขึ้น โดยใช้แบบจำลอง 2 แบบ คือ แบบจำลองปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (Pseudo-first order model) และแบบจำลองปฏิกิริยาอันดับสอง (Pseudo-second order model) ซึ่งอธิบายได้ดังสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ

1. แบบจำลองปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (Pseudo-first order model)

$$\log(Q_c - Q_t) = \log Q_c - (k_f/2.303)t \quad (1)$$

2. แบบจำลองปฏิกิริยาอันดับสอง (Pseudo-second order model)

$$t/Q_t = 1/(k_s Q_c^2) + t/Q_c \quad (2)$$

$$h = k_s Q_c^2$$

เมื่อ Q_c คือ ความจุการดูดซับสีของเปลือกหอยที่สถานะสมดุล (มิลลิกรัมต่อกรัม)

Q_t คือ ปริมาณตัวถูกดูดซับต่อหนึ่งหน่วยตัวดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัม)

k_f คือ ค่าคงที่อัตราเร็วของแบบจำลองปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (ต่อนาที)

k_s คือ ค่าคงที่อัตราเร็วของแบบจำลองปฏิกิริยาอันดับสอง (กรัมต่อมิลลิกรัม-นาที)

h คือ อัตราการดูดซับเริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อกรัม-นาที)

t คือ เวลา (นาที)

การศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับ (Adsorption Isotherm)

1. เตรียมสารละลายสีที่มีความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

2. ใส่วัสดุดูดซับจากเปลือกหอยนางรมและเปลือกหอยแครงปริมาณ 1, 3, 5, 7 และ 10 กรัม

3. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ตามระยะเวลาสมดุลที่ได้จากการทดลองในหัวข้อการศึกษาหาระยะเวลาสมดุลของการดูดซับสี

4. นำสารละลายที่ได้ไปกรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศเพื่อกำจัดตะกอนคอลลอยด์และตะกอนแขวนลอยที่เกิดจากเปลือกหอย ออกจากน้ำสีสังเคราะห์ จากนั้นหาความเข้มข้นของสีที่เหลือ (C_e)

5. เขียนกราฟหาความสัมพันธ์โดยแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาไอโซเทอมได้แก่ สมการการดูดซับแบบแลงเมียร์และสมการการดูดซับแบบฟรุนดลิช [7]

ผลการวิจัยและวิจารณ์

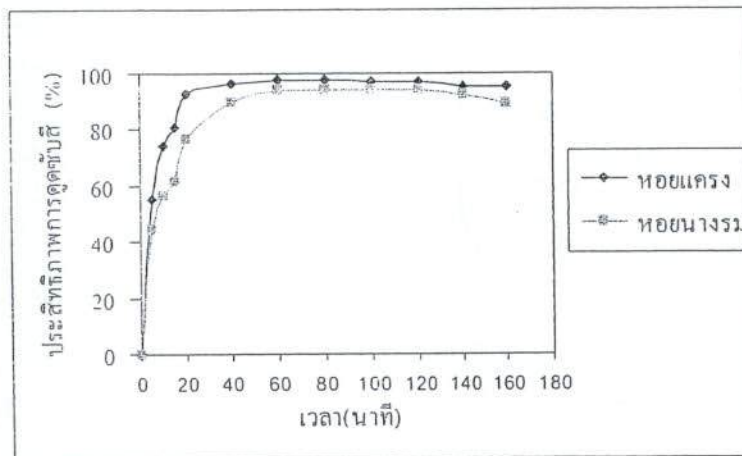
ผลการศึกษาระยะเวลาสมดุล

ระยะเวลาสมดุลของการดูดซับสีโดยเปลือกหอยนางรมและเปลือกหอยแครงที่ผ่านการเผา แสดงดังรูปที่ 1 จากรูปที่ 1 พบว่าสมดุลของการดูดซับสีของเปลือกหอยแครงและเปลือกหอยนางรมที่ผ่านการเผามีระยะเวลาเท่ากับ 40 และ 60 นาที ตามลำดับ โดยการดูดซับสีจะเกิดขึ้นได้ดีในช่วง 20 นาทีแรก หลังจากนั้นประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแล้วค่อนข้างคงที่แสดงให้เห็นว่าเวลาสัมผัสมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการดูดซับเพียงช่วงหนึ่งเท่านั้น ซึ่งถ้าระยะเวลาสัมผัสเลยจากช่วงนี้ไปก็จะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับเลย เนื่องจากในช่วงเริ่มต้นตัวดูดซับมีพื้นที่ผิวที่ยังว่างอยู่ในปริมาณมากจึงสามารถดูดซับสีได้อย่างรวดเร็ว

หลังจากนั้นความสามารถในการดูดซับสีข้อมจะเริ่มเกิดขึ้นช้าลงเพราะพื้นที่บริเวณผิวของตัวดูดซับถูกปกคลุมด้วยโมเลกุลของสีข้อม โดยเปลือกหอยแครงจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับสีสูงกว่าเปลือกหอยนางรม กล่าวคือ มีประสิทธิภาพการดูดซับสีร้อยละ 97.41 และ 94.13 ตามลำดับ

การศึกษาจลนพลศาสตร์การดูดซับสี

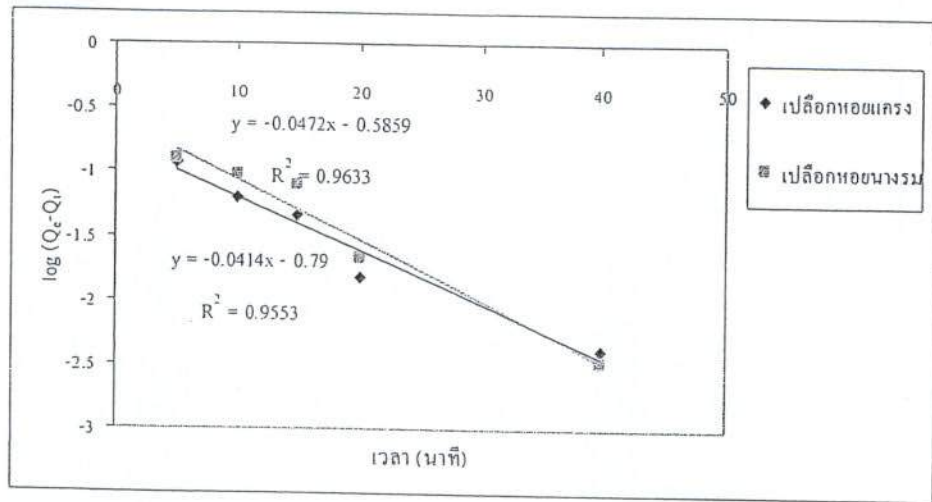
ศึกษาหาอัตราการดูดซับสีข้อมรีแอดทีฟของเปลือกหอยแครงและเปลือกหอยนางรมเผา โดยค่า Q_c สำหรับใช้ในการคำนวณเลือกที่เวลา 80 นาที มาทำไอโซเทอมการดูดซับสีเพื่อให้มั่นใจว่าถึงระยะเวลาสมดุลที่แท้จริง และเลือกค่า Q_c ที่เวลา 5, 10, 15, 20 และ 40 นาที ตามลำดับ ได้ความสัมพันธ์ที่เกิดจากการดูดซับสีซึ่งแสดงค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้ดังตารางที่ 1



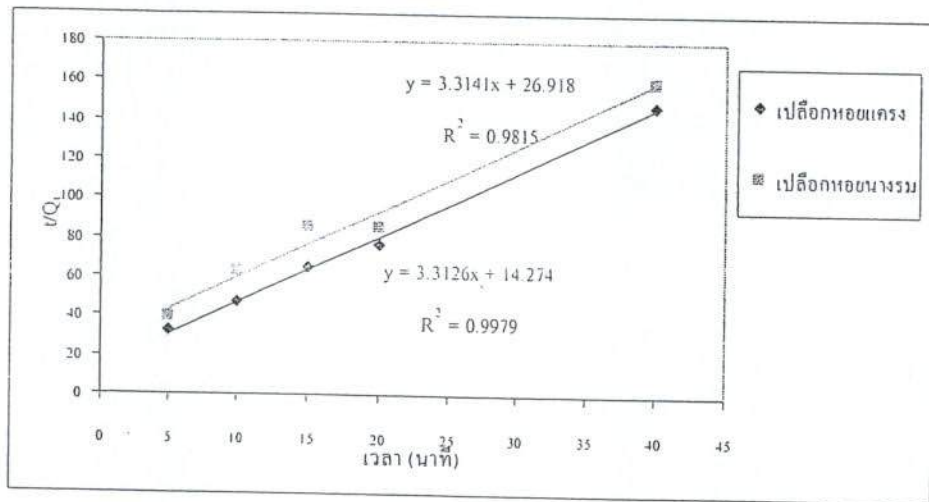
รูปที่ 1 เวลาสมดุลของการดูดซับสีข้อมโดยใช้เปลือกหอย

ตารางที่ 1 ค่าจลนพลศาสตร์การดูดซับสีของเปลือกหอยที่ผ่านการเผา

ชนิดของ ตัวดูดซับ	แบบจำลองปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง				แบบจำลองปฏิกิริยาอันดับสอง				
	$\text{Log}(Q_c - Q_t) = \log Q_c - (k_f/2.303)t$				$v/Q_t = 1/(k_f Q_c^2) + v/Q_c$				
	Q_c (มิลลิกรัมต่อกรัม)		k_f (ต่อนาที)	R^2	Q_c (มิลลิกรัมต่อกรัม)		k_f (กรัมต่อมิลลิกรัม-นาที)	h (มิลลิกรัมต่อกรัม-นาที)	R^2
คำนวณ	ทดลอง	คำนวณ			ทดลอง				
หอยแครง	0.162	0.2746	0.0953	0.9553	0.3019	0.2746	0.2320	0.0211	0.9815
หอยนางรม	0.259	0.2538	0.1087	0.9633	0.307	0.2538	0.1231	0.0112	0.9979



รูปที่ 2 ปฏิกริยาอันดับหนึ่งของการดูดซับสีย้อมรีแอดทีฟ



รูปที่ 3 ปฏิกริยาอันดับสองของการดูดซับสีย้อมรีแอดทีฟ

จากตารางที่ 1 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ของแบบจำลองปฏิกริยาอันดับสองมีค่าใกล้เคียง 1 มากกว่าแบบจำลองปฏิกริยาอันดับหนึ่ง ดังนั้นการดูดซับสีย้อมรีแอดทีฟของเปลือกหอยแครงและเปลือกหอยนางรมที่ผ่านการเผาจึงมีสมบัติทางจลนพลศาสตร์การดูดซับสอดคล้องกับแบบจำลองปฏิกริยาอันดับสอง แสดงว่าอัตราการดูดซับขึ้นอยู่กับบริเวณเกิดพันธะที่ว่าง อัตราการดูดซับเกี่ยวข้องกับปฏิกริยาทางเคมีซึ่งเกี่ยวกับแรงในการแลกเปลี่ยนหรือใช้ไอเล็กตรอนระหว่างสารดูดซับและวัสดุดูดซับร่วมกัน [8] โดยมีค่าคงที่อัตราเร็ว

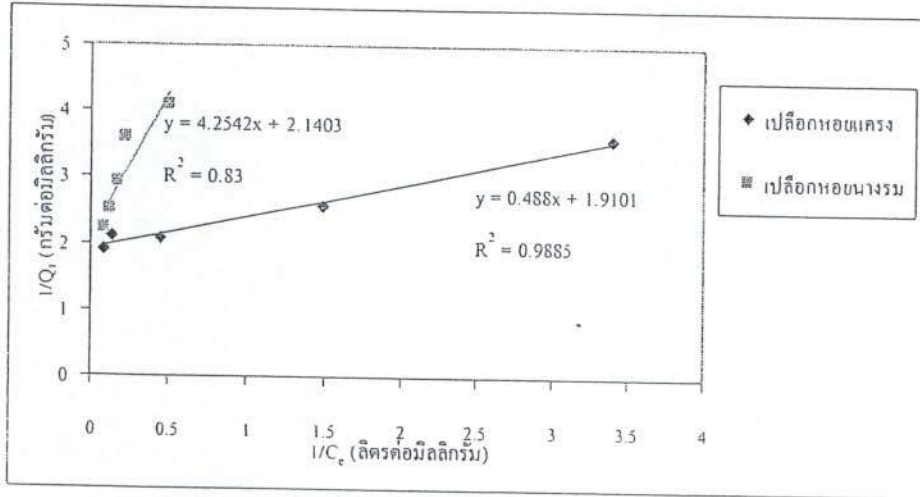
ของปฏิกริยาอันดับสองเท่ากับ 0.2320 และ 0.1231 กรัมต่อมิลลิกรัม-นาท ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างของค่าคงที่อัตราเร็วของปฏิกริยาอันดับสองของตัวดูดซับทั้งสองชนิด อาจเกิดจากความแตกต่างของโครงสร้างภายในรูพรุนและพื้นที่บริเวณผิวของตัวดูดซับมีหมู่ฟังก์ชัน (Active Site) ที่สามารถดูดซับสีย้อมได้ในปริมาณที่ไม่เท่ากัน ส่วนค่าอัตราเร็วในช่วงเริ่มต้นของการดูดซับสีย้อมรีแอดทีฟ พบว่าเปลือกหอยแครงมีค่าอัตราเร็วในช่วงเริ่มต้นของการดูดซับมากกว่าเปลือกหอยนางรม โดยมีค่าเท่ากับ 0.0211 และ 0.0112 มิลลิกรัมต่อกรัม-

นาที่ ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเปลือกหอยแครงสามารถดูดซับสีย้อมรีแอกทีฟในช่วงเริ่มต้นได้มากกว่าเปลือกหอยนางรมที่ผ่านการเผาเกือบ 2 เท่า จึงทำให้สามารถดูดซับสีย้อมรีแอกทีฟได้เร็วกว่า

การศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับสี

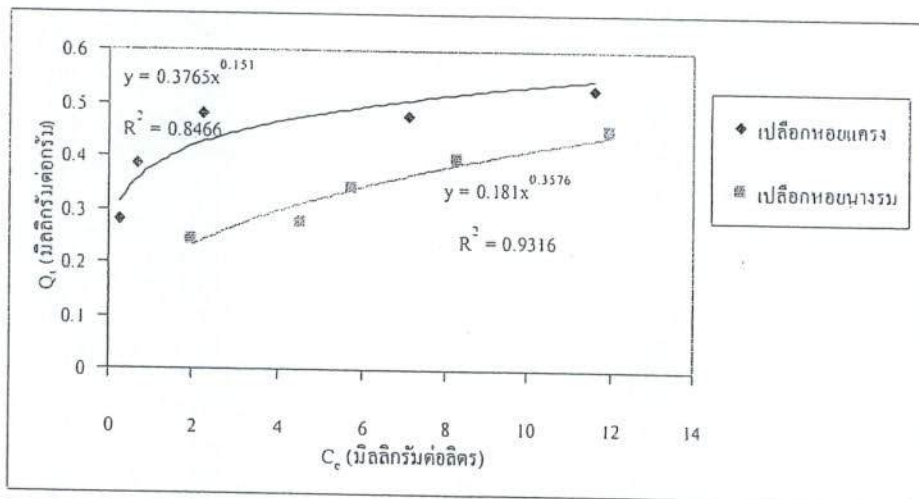
ผลการศึกษาไอโซเทอมการดูดซับสีแสดงดังรูปที่ 4 รูปที่ 5 และตารางที่ 2

1) แลงเมียร์ไอโซเทอม



รูปที่ 4 แลงเมียร์ไอโซเทอมของการดูดซับสีรีแอกทีฟ

2) ฟรุนดิชไอโซเทอม



รูปที่ 5 ฟรุนดิชไอโซเทอมของการดูดซับสีรีแอกทีฟ

ตารางที่ 2 ไอโซเทอมของการดูดซับสรีแอกทีฟของเปลือกหอยที่ผ่านการเผา

ชนิดของตัวดูดซับ	แลงเมียร์ไอโซเทอม			ฟรุนดลิชไอโซเทอม		
	$1/Q_t = (1/Q_{max} K_{ads})(1/C_e) + (1/Q_{max})$			$Q_t = K_f C_e^{1/n}$		
	R^2	Q_{max} (มิลลิกรัมต่อกรัม)	K_{ads} (ลิตรต่อมิลลิกรัม)	R^2	$1/n$	K_f (ลิตรต่อกรัม)
หอยแครงเผา	0.9885	0.5235	3.9144	0.8466	0.1510	0.3765
หอยนางรมเผา	0.8300	0.4672	0.5031	0.9316	0.3576	0.1810

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าการดูดซับสรีแอกทีฟด้วยเปลือกหอยแครงเผาเข้ากันได้ดีกับสมการการดูดซับแบบแลงเมียร์มากกว่าเปลือกหอยนางรมเผา สามารถอธิบายได้ว่าการดูดซับเกิดที่พื้นผิวของเปลือกหอยแครงเผาในตำแหน่งที่แน่นอนแต่ละโมเลกุลเกิดการดูดซับบนผิวแบบชั้นเดียวไม่ซ้อนทับกัน และแต่ละพื้นผิวของเปลือกหอยแครงเผามีลักษณะแบบเดียวกัน ซึ่งค่าความจุสูงสุด (Q_{max}) ของเปลือกหอยแครงและเปลือกหอยนางรมเผามีค่าเท่ากับ 0.5235 และ 0.4672 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และมีค่าคงที่สมดุลของการดูดซับ (K_{ads}) เท่ากับ 3.9144 และ 0.5031 ลิตรต่อมิลลิกรัม ตามลำดับ

เปลือกหอยนางรมเผาเข้ากันได้ดีกับสมการการดูดซับแบบฟรุนดลิช เนื่องจากพื้นผิวของเปลือกหอยนางรมมีลักษณะขรุขระซึ่งตรงกับสมมติฐานของสมการการดูดซับแบบฟรุนดลิชว่าตัวดูดซับจะไม่เป็นเนื้อเดียวกันตลอด (พื้นผิวของตัวดูดซับมีลักษณะขรุขระ) [9] โดยสมการการดูดซับแบบฟรุนดลิชใช้ในการช่วยพิจารณาเลือกตัวดูดซับว่าชนิดใดที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับมากกว่าโดยพิจารณาจากค่าไอโซเทอม ซึ่งจะเห็นว่าค่าไอโซเทอมของเปลือกหอยแครงเผาสูงกว่าเปลือกหอยนางรมเผา โดยมีค่าคงที่ที่สัมพันธ์กับความสามารถในการดูดซับ (K_f) เท่ากับ 0.3765 และ 0.1810 ลิตรต่อกรัม ตามลำดับ แต่ถ้าต้องการบำบัดแบบต่อเนื่องแล้ว (Continuous flow) ตัวดูดซับที่เป็นเปลือกหอยนางรมจะเหมาะสมกว่าเนื่องจากมีค่าคงที่ที่แสดงถึงพลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยา ($1/n$) มากกว่าเปลือกหอยแครง โดยมีค่า

ที่แสดงถึงพลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยา ($1/n$) เท่ากับ 0.1510 และ 0.3576 ตามลำดับ ซึ่งตัวดูดซับทั้งสองชนิดมีค่าคงที่ที่แสดงถึงพลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยา ($1/n$) น้อยกว่า 1 อธิบายถึงปริมาณพื้นผิวบนตัวดูดซับที่มีปริมาณจำกัดที่จะใช้ในการดูดซับ [9]

สรุป

ระยะเวลาสมดุลในการดูดซับสรีแอกทีฟของเปลือกหอยแครงและเปลือกหอยนางรมที่ผ่านการเผา อยู่ที่เวลา 40 และ 60 นาที ตามลำดับ เนื่องจากโมเลกุลสีสามารถแทรกเข้าสู่รูพรุนของวัสดุดูดซับได้ในระยะเวลาต่างกัน สมบัติทางจลนพลศาสตร์การดูดซับสอดคล้องกับแบบจำลองปฏิกิริยาอันดับสอง โดยมีค่าคงที่อัตราเร็วของปฏิกิริยาอันดับสองเท่ากับ 0.2320 และ 0.1231 กรัมต่อมิลลิกรัม-นาที ตามลำดับ

ค่าไอโซเทอมของการดูดซับสามารถอธิบายว่าเปลือกหอยแครงเผามีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงกว่าเปลือกหอยนางรมเผา โดยมีค่าความจุสูงสุดเท่ากับ 0.5235 และ 0.4672 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และมีค่าคงที่สมดุล (K_{ads}) เท่ากับ 3.9144 และ 0.5031 ลิตรต่อมิลลิกรัม ตามลำดับ แต่ถ้าต้องการบำบัดแบบต่อเนื่องแล้ว ตัวดูดซับที่เป็นเปลือกหอยนางรมจะเหมาะสมกว่าเนื่องจากมีค่าคงที่ที่แสดงถึงพลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยา ($1/n$) มากกว่าเปลือกหอยแครง โดยมีค่าเท่ากับ 0.1510 และ 0.3576 ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Thailand Energy and Environmental Network. Pollution from the textile industry. (Online) Available : <http://teenet.tei.or.th/Knowledge/weave2.html> (21 February 2011). (in Thai)
- [2] Noinansai, S., Budthawong, S. and Vinitnantharat, S. 2007. Adsorption efficiency improvement of water treatment sludge for natural color adsorption in aqueous solution. Proceeding of Energy, Environmental and Materials Conference. 31 August 2007. The Twin Tower Hotel. Bangkok. T-173. (in Thai)
- [3] Ngowsuwan, C. Adsorption of basic dye and reactive dye by waste sludge. 2005. Thesis. Environmental Technology. School of Energy and Materials. King Mongkut's University of Technology Thonburi. Bangkok. (in Thai)
- [4] Vinitnantharat, S., Kasunk, S., Ngowsuwan, C., Sirirut, S. and Klankrong, S. 2008, "Surface modification of low cost adsorbents for removal of basic and reactive dyes", The 6th UNU & GIST Joint Programme Workshop, October 21-23, Gwangju Institute of Science and Technology, Gwangju, Republic of Korea.
- [5] Sonuch, P., Panichaporn, S. and Thumatacho, S. The comparison of calcium in meretrix lusoria and arca granulose shell by Spectrophotometry and Titrate with EDTA. (Online) Available : http://www.slideshare.net/pitch_mwit/project-217757 (30 July 2011). (in Thai)
- [6] Akethumarith, S. 1998. The treatment of dyes in textile wastewater by chemical method. Thesis. Graduate School. Chulalongkom University. Bangkok. (in Thai)
- [7] Weber, W.J.Jr. 1981. Application of adsorption to wastewater treatment. W.W.Jr.,eds. T.N. : Enviro Press, Inc.
- [8] Lang, W., Dachma, C., Srathongken, D., Sirisunsaneeyakul, S. and Sakairi, N. Biosorption of nonylphenol by immobilized non-viable fungal biomass. (Online) Available : http://pindex.ku.ac.th/file_research/poster%20TRF.pdf (15 November 2011). (in Thai)
- [9] Faust, S.D. and Aly, O.M. 1987. Adsorption processes for water treatment. Butterworths. Boston, USA.