



**การกำจัดรีซอร์ซินอลและพาราฟีนีลีน
ไดอะมีนในน้ำทิ้งสีย้อมผมด้วยเถ้าแกลบ
(Removal of Resorcinol and Para-
Phenylenediamine in Hair Coloring
Wastewater using Rice Husk Ashs)**

- *กรรณิการ์ ถนอมสิทธิ์*
- *รศ.รัตนา มหาชัย*
- *ศักดิ์สิทธิ์ จันทร์ไทย*



การกำจัดรีซอร์ซินอลและพาราฟีนีลีน ไดอะมีนในน้ำทิ้งสีย้อมผมด้วยเถ้าแกลบ

(Removal of Resorcinol and Para-Phenylenediamine in Hair Coloring Wastewater using Rice Husk Ashs)

- กรรณิการ์ ถนอมสิทธิ¹
- รศ.รัตนา มหาชัย²
- ศักดิ์สิทธิ์ จันทรไทย²

บทคัดย่อ

นำเถ้าแกลบดำและจี้เถ้าแกลบมาใช้ประโยชน์ในการกำจัดรีซอร์ซินอลและพาราฟีนีลีนไดอะมีนในน้ำทิ้งสีย้อมผม โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัสดุทั้งสอง ได้แก่ พีเอชของสารละลาย พื้นที่ผิวจำเพาะ พิสูจน์เอกลักษณ์ทางโครงสร้าง วิเคราะห์องค์ประกอบและการกระเจิงแสงรังสีเอกซ์ การทดลองแบบถังแช่ ทำการศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการดูดซับได้แก่ เวลา (t) น้ำหนักวัสดุ (m) การเปลี่ยนแปลงพีเอช (pH_{max}) ความเข้มข้นสารเริ่มต้น (C₀) และผลของสารลดแรงตึงผิว สภาวะการทดลองที่เหมาะสมได้แก่ เวลาที่ใช้ 10 วัน น้ำหนักวัสดุ 0.05 กรัม/ลิตรและพีเอชสูงสุดมีค่า 6 ใช้ไมเซลล์เฟรนคลิชในการวิเคราะห์ไอโซเทอร์มที่สมดุล ความจุของการดูดซับมีค่า 0.0083±0.0005, 0.0098±0.0006 มิลลิโมล/กรัม (8.349± 0.5087, 9.8199±0.6813 มิลลิกรัม/กรัม) สำหรับรีซอร์ซินอล และมีค่า 0.0179±0.0001, 0.0189±0.0001 มิลลิโมล/กรัม (17.9697±.7500, 18.9603±0.1138 มิลลิกรัม/กรัม) สำหรับพาราฟีนีลีนไดอะมีนเมื่อใช้เถ้าแกลบดำและจี้เถ้าแกลบตามลำดับ สำหรับวิธีการต่อเนื่องให้ค่าความจุการดูดซับ 0.0087, 0.0051 มิลลิโมล/กรัม (1.3300, 1.1777 มิลลิกรัมต่อกรัม) สำหรับรีซอร์ซินอลและมีค่า 0.0386, 0.0108 มิลลิโมล/กรัม (4.1791, 3.6144 มิลลิกรัมต่อกรัม) สำหรับพาราฟีนีลีนไดอะมีนด้วยวัสดุทั้งสองตามลำดับ สรุปได้ว่าวิธีการนี้สามารถนำไปใช้ทำเป็นระบบกำจัดน้ำทิ้งในสีย้อมผมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

¹ คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
² ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



Abstract

The feasibility of using black rice husk ash (BRHA) and fly rice husk ash (FRHA) for removal of resorcinol and para-phenylenediamine from hair coloring wastewater were investigated physical and chemical characteristic of BRHA and FRHA such as pH_{solution}, identification structure, elemental analysis and X-ray diffraction were studied. Batch experiments were carried out to determine the influence of parameters like contact time (t), adsorbent dose (m), variation pH (pH_{max}), initial concentration (Co) and effect of surfactant. The optimum conditions were found to be t 10 days, m 0.05 g/l and pH_{max} 6. Equilibrium isotherms were analyzed by Freundlich model. The adsorption capacities were 0.0083±0.0005, 0.0098±0.0006 mmole/g (8.349± 0.5087, 9.8199±0.6813 mg/g) for resorcinol and 0.0179±0.0001, 0.0189±0.0001 mmole/g (17.9697±.7500, 18.9603±0.1138 mg/g) for para-phenylenediamine using of BRHA and FRHA respectively. For column method the capacities were 0.0087, 0.0051 mmole/g for resorcinol and 0.0386, 0.0108 mmole/g for para-phenylenediamine at pH 6 by both sorbents respectively. Accordingly it is concluded that this study could be effective and practical for utilizing in hair coloring wastewater treatment.

บทนำ

ในชุมชนเมืองไม่ว่าจะเป็นเมืองขนาดเล็กหรือใหญ่ก็มีร้านเสริมสวยอยู่ในชุมชนน้ำทิ้งจากร้านเสริมสวยที่เกิดจากการข้อมสีผมและการตัดผมจะมีสารพิษได้แก่ รีซอร์ซินอลและพาราฟีนีลีนไดอะมีน เป็นต้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดน้ำเน่าเสีย และสารเหล่านี้่อาก่อให้เกิดโรคมะเร็งอีกด้วย

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. ศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัสดุดูดซับถ้ำแกลบดำจากโรงสีและถ้ำแกลบจากโรงอิฐ
2. ศึกษาวิธีวิเคราะห์ตัวดูดซับได้แก่ รีซอร์ซินอลและพาราฟีนีลีนไดอะมีน ด้วยเทคนิคอัลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตเมตรี (Ultraviolet spectrophotometry) และเทคนิควิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมตรี (Visible spectrophotometry)
3. ศึกษาพฤติกรรมการดูดซับของรีซอร์ซินอลและพาราฟีนีลีนไดอะมีนด้วยถ้ำแกลบดำและถ้ำแกลบ โดยทำแบบถึงแก่ หาสภาวะการที่ตกลงที่เหมาะสมได้แก่ เวลาที่ดูดซับเข้าสู่สมดุล น้ำหนักของวัสดุดูดซับ ผลของพีเอช (pH) ต่อการดูดซับ ผลของความเข้มข้นเริ่มต้นและผลลดแรงตึงผิว (Surfactant) ต่อการดูดซับ



วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

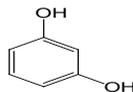
ปิยวรรณ หลีชาติ และคณะ (2545) บำบัดสีในน้ำเสียโดยใช้เกลบซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นตัวดูดซับ รัตนา มหาชัย และคณะ (2545) ได้ศึกษาการกำจัดสีย้อมด้วยวัสดุเกลบเผา โดยนำเอาเกลบดำจากโรงสีมาใช้กำจัดสีย้อมไหม สามารถกำจัดสีย้อมได้ร้อยละมากกว่า 90 และค่า COD มากกว่า 60 นครินทร์ แพรชชาย (2549) ได้ศึกษาวิธีกำจัดสีย้อมผ้าจากน้ำล้างสีย้อมผ้าโดยใช้เกลบที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาปรับสภาพผิวด้วยวิธีทางเคมีเป็นวัสดุดูดซับแทนการใช้ถ่านกัมมันต์ T.A. Albanis et al. (2000) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการกำจัดสีย้อมโดยใช้วัสดุของสารดูดซับผสมระหว่างขี้เถ้าและดินทรายด้วยวิธีการดูดซับแบบถั่งแซ่ และแบบคอลัมน์ โดยใช้ดินทรายผสมกับขี้เถ้า 20% สามารถดูดซับ Acid Yellow 7 53.0% Acid Yellow 23 44.9% Direct Yellow 28 99.2% Basic Yellow 28 96.8% และ Disperse Blue 79 88.5% แบบคอลัมน์ของดินทรายและขี้เถ้าผสมกัน 20% ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่า 33.8% สำหรับ Acid Yellow 7 38.33% Acid Yellow 23 59.4% Direct Yellow 28 84.2% สำหรับ Basic Yellow 28 98.2% และ Disperse Blue 79 60.3% ตามลำดับ Nagarethinam Kannan and Mariappan Meenakshi Sundaram (2001) ศึกษาการดูดซับในน้ำทิ้งจากโรงงานย้อมผ้าแบบถั่งแซ่ พิจารณาจากพารามิเตอร์ในการทดลองหลายปัจจัยพบว่า สีถูกกำจัดได้มากขึ้น เมื่อใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นลดลง และลดขนาด (Particle size) ของวัสดุดูดซับ และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาของการดูดซับ น้ำหนักวัสดุดูดซับที่พีเอชของสารละลายเริ่มต้น Shaobin Wang et al. (2005) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีกำจัดสีย้อมกลุ่ม สีเบสิก 3 สีคือ เมธิลินบลู คลิสตัลไวโอเลต และ รูดามีนบี โดยใช้ขี้เถ้าที่บำบัดด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ วิธีทางเคมี (Conventional chemical) โซโนเคมีคอล (Sonochemical) และไมโครเวฟ (Microwave) B.H. Hameed and F.B.M. Daud (2008) ศึกษาพฤติกรรมการดูดซับสีเบสิคบลูด้วยถ่านกัมมันต์ที่ได้จากเปลือกหุ้มเมล็ดยางพาราโดยศึกษาแบบถั่งแซ่ใช้สมการเฟรนดริชพบว่า การดูดซับเป็นแบบโมโนเลเยอร์ให้ค่าความจุการดูดซับ 227.27 มิลลิกรัมต่อกรัม Xiaoning Wang et al. (2008) ได้นำกากตะกอนมาทำเป็นถ่านกัมมันต์รูพรุนและประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียสีย้อมสีที่ใช้ทำการบำบัด ได้แก่ Acid brilliant scarlet โดยศึกษาตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อการดูดซับได้แก่ เวลาที่เหมาะสม ความเข้มข้นเริ่มต้น ปริมาณวัสดุดูดซับ ค่าพีเอช พบว่าเวลาที่เหมาะสมของการดูดซับที่ 15 นาที เมื่อใช้สีเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นไม่มีผลต่อการกำจัดสีย้อม ใช้เฟรนดริชอธิบายพฤติกรรมการดูดซับและหาค่าการดูดซับให้ $R^2 = 0.996$ และ 0.912 ตามลำดับ Uma R. Lakshmi (2009) ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของสีอินดิโกคามีนในสารละลายด้วยขี้เถ้าเกลบพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการทดลองที่ค่าพีเอช 5.4 เวลาที่ดูดซับเข้าสู่สมดุล 8 ชั่วโมง และน้ำหนักของวัสดุดูดซับ 10 กรัมต่อลิตร



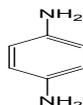
วัสดุและวิธีการ

วัสดุดูดซับ ได้แก่ ถ่านแกลบดำจากโรงสีและขี้เถ้าแกลบจากโรงอิฐ

สารเคมี รีซอร์ซินอล สูตรโมเลกุล C₆H₆O₂



พาราฟีนีลีนไดอะมีน สูตรโมเลกุล C₆H₈N₂



วัสดุและวิธีการ

1. การเตรียมวัสดุดูดซับ และศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมี

วัสดุดูดซับที่ใช้ ได้แก่ ถ่านแกลบดำจากโรงสีและขี้เถ้าแกลบจากโรงอิฐเผา โดยเก็บจากโรงสีและโรงอิฐในจังหวัดขอนแก่น นำวัสดุมาร่อนด้วยตะแกรงแบบหยาบ แล้วนำมาล้างทำความสะอาดแล้วตากให้แห้งและอบ นำมาบดร่อนผ่านตะแกรงร่อน อบที่ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เก็บไว้ในโถสุญญากาศ ความชื้น ถ่านแกลบดำโรงสีมีลักษณะสีดำ (Black rice husk ash, BRHA) ส่วนขี้เถ้าแกลบมีลักษณะสีเทา (Fly rice husk ash, FRHA) นำมาศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมี

พารามิเตอร์	วิธีการ/เครื่องมือ
1. วิเคราะห์สมบัติสถานะของแข็งของ ถ่านแกลบดำและขี้เถ้าแกลบ	นำถ่านแกลบดำและขี้เถ้าแกลบที่บดละเอียดบรรจุลงในเพลท นำไปวัดด้วยเครื่อง X-ray diffraction (XRD)
2. การหาพื้นที่ผิวจำเพาะของรูพรุนทั้งหมด	หาพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านแกลบดำและขี้เถ้าแกลบด้วยเครื่องมือ Gas surface area analyzer โดยการดูดก๊าซไนโตรเจนและอาศัยสมการของแลงเมียร์ และ BET คำนวณหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุทั้งหมด
3. การศึกษาเพื่อพิสูจน์เอกลักษณ์โครงสร้างของถ่านแกลบดำและขี้เถ้าแกลบด้วยเครื่อง FT-IR	นำวัสดุดูดซับทั้งสองมาศึกษาสมบัติทางเคมีเพื่อวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันในสูตรโครงสร้าง โดยนำตัวอย่างถ่านแกลบดำและขี้เถ้าแกลบวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR วัดที่เลขคลื่น (Wave number) 4000-400 ต่อเซนติเมตร



ตารางที่ 1 (ต่อ)

พารามิเตอร์	วิธีการ/เครื่องมือ
4. การหาปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเถ้าแกลบดำและเถ้าแกลบ	นำเถ้าแกลบดำและเถ้าแกลบมาอัดให้เป็นเม็ดด้วยเครื่องอัด แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องเอกซเรย์ ฟลูออเรสเซนซ์ สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (X-Ray fluorescence spectrophotometer, XRFS) แล้วคำนวณหาองค์ประกอบของธาตุในวัสดุคูดซับแต่ละชนิด
5. การหาพีเอชของสารละลายของวัสดุ (pH _{solution})	ชั่งวัสดุคูดซับแล้วเติมน้ำกลั่นและคนสารละลายตั้งทิ้งไว้ให้วัสดุตกตะกอน วัดพีเอชสารละลายของวัสดุที่แช่ด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์

2. ศึกษาวิธีการวิเคราะห์ตัวถุกคูดซับ ใช้เทคนิคอัลตราไวโอเลต สเปกโทรโฟโตเมตรี และเทคนิค วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตเมตรี

3. ศึกษาพฤติกรรมการคูดซับของรีซอร์ซินอลและพาราฟีนีลีนไดอะมีนด้วยเถ้าแกลบดำและเถ้าแกลบ (ก) วิธีแบบถังแช่

โดยการนำวัสดุคูดซับแช่ในตัวถุกคูดซับ แล้วทำการเขย่าด้วยเครื่องเขย่า พารามิเตอร์ที่ศึกษาได้แก่ เวลาที่คูดซับเข้าสู่สมดุล น้ำหนักของวัสดุคูดซับ ผลของพีเอชต่อการคูดซับผลของความเข้มข้นเริ่มต้นเพื่อสร้างไอโซเทอร์ม และผลของสารลดแรงตึงผิวต่อการคูดซับ

(ข) วิธีแบบคอลัมน์

โดยบรรจุวัสดุคูดซับลงในคอลัมน์แก้ว กำหนดความสูง ชั่งน้ำหนักวัสดุ แล้วผ่านตัวถุกคูดซับลงในคอลัมน์ ควบคุมอัตราการไหลผ่านของตัวถุกคูดซับ

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมี

1.1 จากการศึกษาวิเคราะห์สมบัติสถานะของแข็งของเถ้าแกลบดำและเถ้าแกลบด้วยเครื่อง XRD สเปกตรัมปรากฏพีคที่กว้างตั้งแต่ 21-23° และค่าสูงสุดที่ 22° (2θ) และพีคที่กว้างตั้งแต่ 29-30° และค่าสูงสุดที่ 29.5° (2θ) ของวัสดุทั้งสองตามลำดับ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของของแข็งอสัณฐาน เนื่องจากไม่มีระนาบของผลึกที่แน่นอน

1.2 จากการศึกษาพื้นที่ผิวจำเพาะของรูพรุนทั้งหมด พบว่าพื้นที่ผิวจำเพาะของเถ้าแกลบดำและเถ้าแกลบตามสมการแลงเมียร์ 71.24 m²/g, 20.73 m²/g และ 45.09 m²/g, 12.89 m²/g ตามสมการ BET ตามลำดับ

1.3 การศึกษาเพื่อพิสูจน์เอกลักษณ์โครงสร้างของเถ้าแกลบดำและเถ้าแกลบด้วยเครื่อง FT-IR เถ้าแกลบดำพบจำนวนคลื่นที่ 475, 793, 1091, 3405 cm⁻¹ และเถ้าแกลบพบจำนวนคลื่นที่ 486, 749, 1074,



3405 cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับหมู่ฟังก์ชัน O-Si-O (Bending), Si-O (Stretching), Si-O-Si(Stretching), Si-OH (Stretching) ตามลำดับ^[2]

1.4 การวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเถ้าแกลบดำและขี้เถ้าแกลบด้วยเครื่อง XRF แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเถ้าแกลบดำและขี้เถ้าแกลบด้วยเครื่อง XRF

วัสดุทดสอบ	ปริมาณธาตุ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)													
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO ₂	Fe ₂ O ₃	ZnO	BaO
เถ้าแกลบดำ	0.12	0.68	0.64	89.80	1.65	0.58	0.19	2.90	1.07	0.08	0.43	0.47	0.02	0.06
ขี้เถ้าแกลบ	0.05	0.37	0.16	87.83	0.48	0.11	-	1.84	0.80	0.06	0.30	0.16	0.01	-

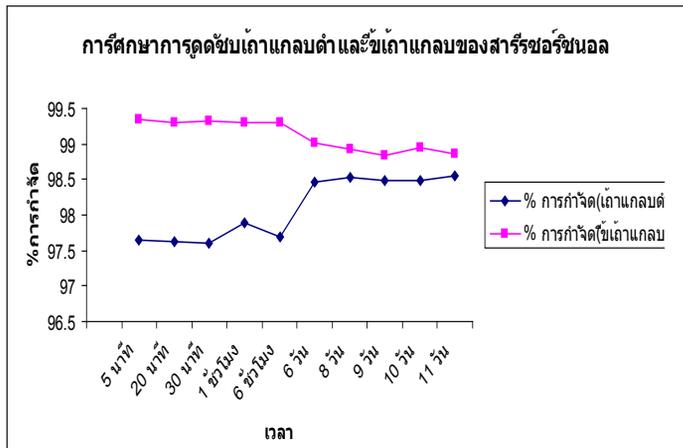
2. ผลการศึกษาการดูดซับ

2.1 วิธีแบบถังแช่

2.1.1 ผลของเวลา ศึกษาการดูดซับวัสดุเถ้าแกลบดำและขี้เถ้าแกลบของสารรีซอร์ซินอลและพาราฟีนีลีนไดอะมีน เปลี่ยนแปลงเวลาตั้งแต่เวลา 5 นาที ถึง 10 วัน ผลดังตารางที่ 3 และภาพที่ 1 (ก) และ(ข)

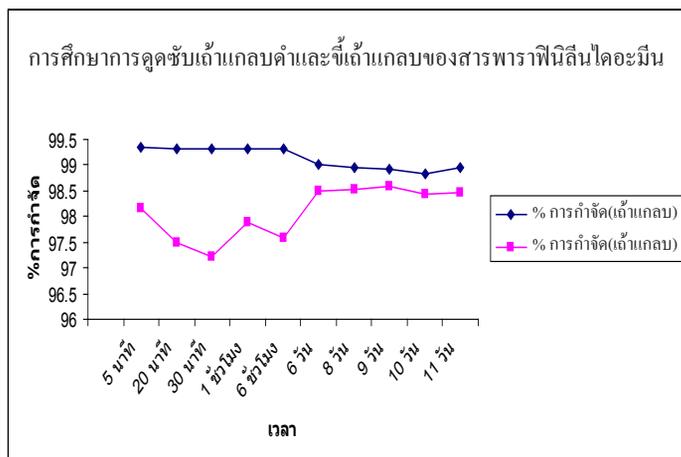
ตารางที่ 3 ผลของเวลาต่อการดูดซับของรีซอร์ซินอลและพาราฟีนีลีนไดอะมีน

เวลา	% การกำจัดของรีซอร์ซินอล		% การกำจัดของพาราฟีนีลีนไดอะมีน	
	เถ้าแกลบดำ	ขี้เถ้าแกลบ	เถ้าแกลบดำ	ขี้เถ้าแกลบ
5 นาที	97.65	99.34	99.34	98.17
20 นาที	97.62	99.31	99.31	97.5
30 นาที	97.61	99.33	99.33	97.23
1 ชั่วโมง	97.88	99.31	99.31	97.89
6 ชั่วโมง	97.69	99.31	99.31	97.57
6 วัน	98.47	99.01	99.01	98.5
8 วัน	98.53	98.92	98.94	98.52
9 วัน	98.49	98.84	98.92	98.58
10 วัน	98.49	98.95	98.84	98.42



ภาพที่ 1 (ก) แสดงผลของเวลาต่อการดูดซับของรีซอร์ซินอลเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลา

จากภาพที่ 1 (ก) ผลของเวลาต่อการดูดซับของรีซอร์ซินอลเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลา พบว่า ในวัสดุเถ้าแกลบดำเมื่อเวลามากขึ้น ร้อยละการกำจัดรีซอร์ซินอลเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และคงที่หลังเวลา 8 วัน ส่วนในวัสดุซีเถ้าแกลบ พบว่าค่าลดลงเล็กน้อยและคงที่เมื่อเวลา 8 วัน



ภาพที่ 1 (ข) แสดงผลของเวลาต่อการดูดซับของพาราฟีนีลีนไดอะมีน

จากภาพที่ 2 ผลของเวลาต่อการดูดซับของพาราฟีนีลีนไดอะมีนพบว่าในวัสดุซีเถ้าแกลบเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นร้อยละการกำจัดพาราฟีนีลีนไดอะมีนได้มากขึ้น และคงที่หลังเวลา 8 วัน ส่วนในวัสดุเถ้าแกลบดำร้อยละการกำจัดลดลงเล็กน้อยและคงที่เมื่อเวลา 8 วัน

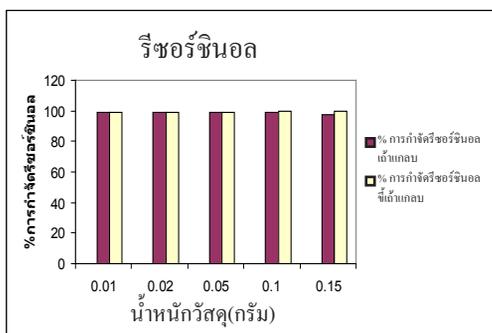


2.1.2 ผลของพีเอช ริซอร์ซินอลเข้มข้น 200 ppm และ พาราฟีนิลีนไดอะมีนเข้มข้น 150 ppm ในถั่วแกลบดำและขี้ถั่วแกลบ แล้วปรับ pH ด้วยกรดและเบส ที่ pH 4 , 6, 8, 10 และ 12 พบว่าที่ pH 6 สามารถตรวจวัดปริมาณการดูดซับ มีค่า 9952.886 ,2966.712 mg/l ตามลำดับ และริซอร์ซินอลเข้มข้น 200 ppm และพาราฟีนิลีนไดอะมีนเข้มข้น 200 ppm ปริมาณการดูดซับได้ดีที่สุดคือ 3950.43 และ 2960.578 mg/l ตามลำดับ ส่วนที่ pH อื่นๆ ไม่สามารถตรวจวัดปริมาณได้เนื่องจากสารเปลี่ยนโครงสร้างไป

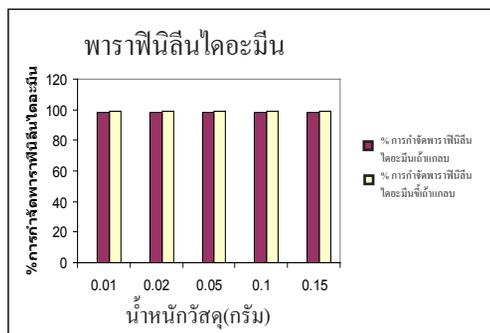
2.1.3 น้ำหนักวัสดุดูดซับ ทำการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักวัสดุดูดซับทั้งสองวัสดุ ตั้งแต่ 0.01- 0.15 กรัม ผลการศึกษาการดูดซับดังตารางที่ 4 และ ภาพที่ 2 (ก) และ (ข)

ตารางที่ 4 ผลของน้ำหนักวัสดุดูดซับที่มีผลต่อการดูดซับริซอร์ซินอลและพาราฟีนิลีนไดอะมีน

น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	%การกำจัดของริซอร์ซินอล ความเข้มข้น 50 ppm		%การกำจัดของพาราฟีนิลีนไดอะมีน ความเข้มข้น 100 ppm	
	ถั่วแกลบดำ	ขี้ถั่วแกลบ	ถั่วแกลบดำ	ขี้ถั่วแกลบ
0.01	98.96	98.66	98.56	98.78
0.02	98.93	98.91	98.49	98.82
0.05	98.86	99.18	98.46	98.99
0.10	98.82	99.47	98.19	99.18
0.15	97.55	99.64	98.10	99.30



ภาพที่ 2 (ก) แสดงผลของเวลาต่อการดูดซับของ ริซอร์ซินอลในถั่วแกลบดำและขี้ถั่วแกลบ

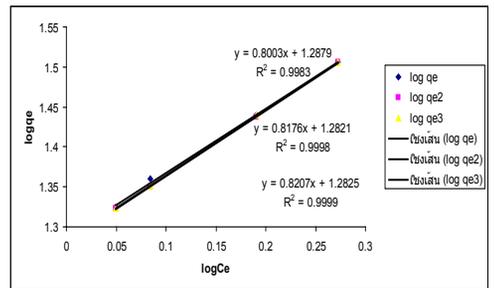
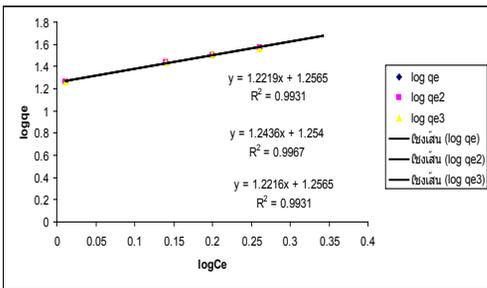
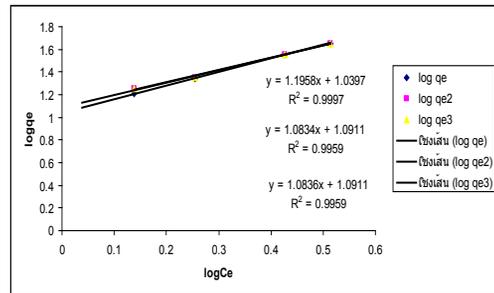
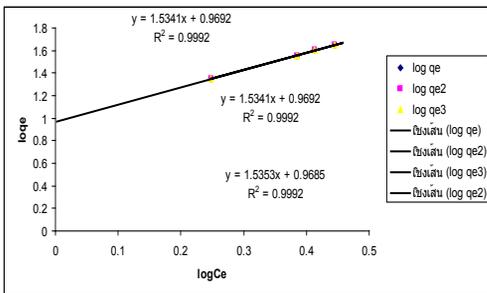


ภาพที่ 2 (ข) แสดงผลของเวลาต่อการดูดซับของ พาราฟีนิลีนไดอะมีนในถั่วแกลบดำและ ขี้ถั่วแกลบ



จากภาพที่ 2 พบว่าเมื่อใช้น้ำหนักวัสดุทั้งสอง 0.01 กรัม สามารถกำจัดรีซอร์ซินอลเข้มข้น 50 ppm และพาราฟีนีลีนไดอะมีนเข้มข้น 100 ppm ได้หมดเกือบ 100 %

2.1.4 ผลของความเข้มข้นเริ่มต้น ทำการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นเริ่มต้นของรีซอร์ซินอล ตั้งแต่ 75- 250 ppm และพาราฟีนีลีนไดอะมีน ตั้งแต่ 100-200 ppm ที่ pH 6 ผลการดูดซับคำนวณโดยอาศัย สมการเฟรนดริช ดังภาพที่ 3 (ก)-(ง) ผลสรุปข้อมูลดังตารางที่ 5



ภาพที่ 3 แสดงกราฟไอโซเทอร์มตามสมการเฟรนดริชของรีซอร์ซินอลในวัสดุ (ก) ถ้ำแกลบดำ (ข) ขี้ถ้ำแกลบและพาราฟีนีลีนไดอะมีนในวัสดุ (ค) ถ้ำแกลบดำ และ (ง) ขี้ถ้ำแกลบ

ตารางที่ 5 ผลสรุปค่าความจุการดูดซับของรีซอร์ซินอลและพาราฟีนีลีนไดอะมีนในวัสดุทั้งสอง

สาร	วัสดุดูดซับ	K_f (mg/g)	1/n	R^2
รีซอร์ซินอล	ถ้ำแกลบดำ	8.3449±0.5087	0.9±0.001	0.9992
	ขี้ถ้ำแกลบ	9.8199±0.6813	1.05±0.001	0.9972
พาราฟีนีลีนไดอะมีน	ถ้ำแกลบดำ	17.9697±0.7500	1.25±0.000	0.9943
	ขี้ถ้ำแกลบ	18.9603±0.1138	1.28±0.006	0.9993

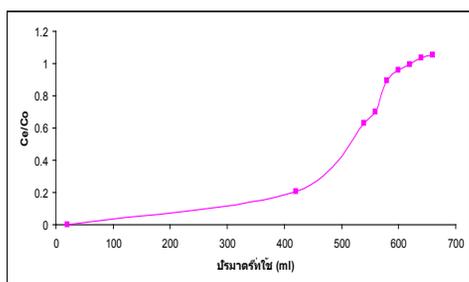


จากตารางที่ 5 แสดงว่าการดูดซับพาราฟิโนลินไดอะมีนและรีซอร์ซินอลในวัสดุซีเถ้าแกลบและ
เถ้าแกลบดำมีค่า 18.9603 ± 0.1138 กับ 17.9697 ± 0.7500 และ 9.8199 ± 0.6813 กับ 8.3449 ± 0.5087 มิลลิกรัม
ต่อกรัมตามลำดับโดยพบว่าวัสดุซีเถ้าให้ค่าความจุการดูดซับสารทั้งสองใกล้เคียงกับวัสดุเถ้าแกลบดำ

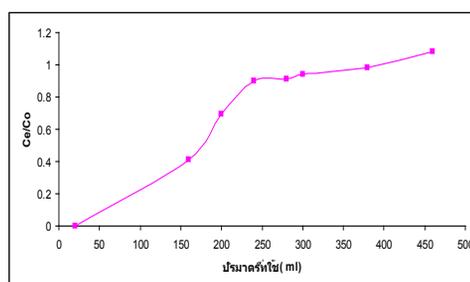
2.1.5 ผลของสารลดแรงตึงผิว เมื่อเติมสารลดแรงตึงผิว SDS ความเข้มข้นที่ 2.5-25 ppm
ผสมรีซอร์ซินอลเข้มข้น 150 ppm และพาราฟิโนลินไดอะมีน 150 ppm ในวัสดุเถ้าแกลบดำและซีเถ้าแกลบทำให้
ค่าการดูดซับเพิ่มขึ้นร้อยละ 96.44, 96.44 และ 96.82, 96.14 ตามลำดับ แต่เมื่อผสม SDS เข้มข้น 100-200 ppm
กับรีซอร์ซินอลเข้มข้น 150 ppm และพาราฟิโนลินไดอะมีน 100 ppm เข้มข้น 100 ppm ในเถ้าแกลบดำและซีเถ้า
แกลบจะทำให้ค่าการดูดซับลดลงร้อยละ 42.04, 36.36 และ 81.15, 78.43 ตามลำดับ

2.2 วิธีแบบคอลัมน์

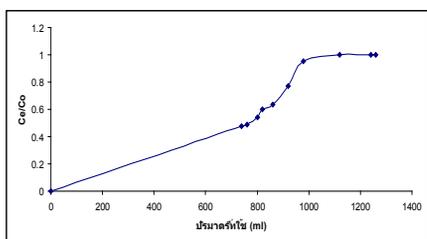
ใช้รีซอร์ซินอลเข้มข้น 150 ppm ปริมาตร 700 และ 500 มิลลิลิตร ของซีเถ้าแกลบดำ และ
ซีเถ้าแกลบและพาราฟิโนลินไดอะมีนเข้มข้น 350 ppm ปริมาตร 350 และ 350 มิลลิลิตร ของซีเถ้าแกลบดำ
และซีเถ้าแกลบตามลำดับ ผ่านลงในคอลัมน์เก็บสารที่ออกมา แล้วนำไปวิเคราะห์และนำไปสร้างเบรคทรูเคิร์ฟ
ดังภาพที่ 5 (ก) - (ง) และสรุปผลดังตารางที่ 6



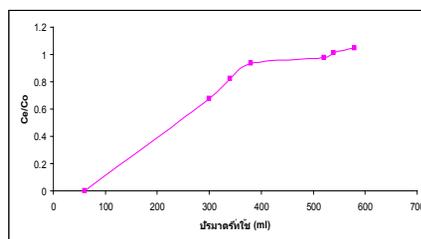
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 5 แสดงเบรคทรูเคิร์ฟของรีซอร์ซินอลในวัสดุ(ก) เถ้าแกลบดำ(ข) ซีเถ้าแกลบและพาราฟิโนลินไดอะมีน
ในวัสดุ (ค) เถ้าแกลบดำ และ (ง) ซีเถ้าแกลบ



ตารางที่ 6 แสดงผลค่าความจุการดูดซับที่ 50% เบรคทรูเกรฟของรีซอร์ซินอลและพาราฟีนิลีนไดอะมีน

สาร	วัสดุดูดซับ	K (mg/g)
รีซอร์ซินอล	ถ่านแกลบดำ	1.3300
	ขี้ถ่านแกลบ	1.1777
พาราฟีนิลีนไดอะมีน	ถ่านแกลบดำ	4.1791
	ขี้ถ่านแกลบ	3.6144

จากตารางที่ 6 แสดงว่าค่าความจุการดูดซับทำแบบคอลัมน์พบว่า รีซอร์ซินอลถูกดูดซับด้วยขี้ถ่านแกลบมีค่า 1.1777 mg/g ซึ่งดีกว่าในวัสดุถ่านแกลบซึ่งมีค่า 1.3300 mg/g ส่วนพาราฟีนิลีนไดอะมีนถูกดูดซับด้วยวัสดุถ่านแกลบดำมีค่า 4.1791 mg/g ซึ่งดีกว่าในขี้ถ่านแกลบซึ่งมีค่า 3.6144 mg/g

สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาสมบัติวัสดุถ่านแกลบดำและขี้ถ่านแกลบผลของ pH สารละลายมีค่า 8.03 และ 8.26 พื้นที่ผิวจำเพาะมีค่า 71.24, 20.73 ตามสมการแลงเมียร์ และมีค่า 45.09, 12.89 ตามสมการ BET ตามลำดับ ผลการพิสูจน์เอกลักษณ์ทางโครงสร้างจากสเปกตรัมของ FT-IR และการวิเคราะห์ห้วงคัมภ์ประกอบของธาตุยืนยันว่า วัสดุทั้งสองหมู่ไฮดรอกซิล Si-OH และซิลิโอกเซน Si-O-Si สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัตนา มหาชัย และคณะ (2545) ในโครงสร้างและเป็นของแข็งอสัณฐาน เมื่ออยู่ในสารละลายสามารถดูดซับสารได้

การศึกษาการดูดซับรีซอร์ซินอลและพาราฟีนิลีนไดอะมีนในสารละลายทำแบบถังแช่และคอลัมน์ การทำแบบถังแช่ได้ศึกษาสภาวะการทดลองที่เหมาะสมเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาในการดูดซับพบว่า การดูดซับมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาเล็กน้อยและจะดูดซับคงที่เมื่อเวลา 8 วัน เมื่อเปลี่ยนแปลงน้ำหนักวัสดุพบว่าใช้น้ำหนักวัสดุแต่ละชนิดหนัก 0.01 กรัม ใช้กับรีซอร์ซินอลเข้มข้น 50 ppm และพาราฟีนิลีนไดอะมีนเข้มข้น 100 ppm สามารถกำจัดได้หมดเกือบ 100% เมื่อปรับ pH สารละลายด้วยกรดและเบส พบว่าที่ pH 6 ทั้งรีซอร์ซินอลและพาราฟีนิลีนไดอะมีนสามารถตรวจวัดปริมาณได้ ส่วนที่ pH อื่นๆ สารทั้งสองเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและทำการสร้างไอโซเทอร์มตามสมการเฟรนดริชโดยมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นเริ่มต้น แล้วคำนวณหาค่าความจุการดูดซับของรีซอร์ซินอลในวัสดุถ่านแกลบดำและขี้ถ่านแกลบมีค่า 8.3499 ± 0.5087 , 9.8199 ± 0.6813 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ พาราฟีนิลีนไดอะมีนในวัสดุถ่านแกลบดำและขี้ถ่านแกลบมีค่า 17.9697 ± 0.7500 , 18.9603 ± 0.1138 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ สรุปได้ว่า วัสดุถ่านแกลบดำและขี้ถ่านแกลบสามารถดูดซับรีซอร์ซินอลและพาราฟีนินไดอะมีนได้ใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีโครงสร้างผิวเหมือนกันเมื่ออยู่ในสารละลาย นอกจากนี้ได้ศึกษาผลของตัวรบกวน ได้แก่ สารลดแรงตึงผิว SDS พบว่า เมื่อเติมสารลดแรงตึงผิว SDS ความเข้มข้นที่ 2.5-25 ppm ผสมรีซอร์ซินอลเข้มข้น 150 ppm และพาราฟีนิลีนไดอะมีน 150 ppm ในวัสดุถ่านแกลบดำและขี้ถ่านแกลบ ทำให้ค่าการดูดซับเพิ่มขึ้นร้อยละ 96.44, 96.44 และ 96.82, 96.14 ตามลำดับ เมื่อผสม SDS เข้มข้น 100-200 ppm กับรีซอร์ซินอลเข้มข้น 150 ppm และพาราฟีนิลีนไดอะมีน 100 ppm เข้มข้น



100 ppm ในถั่วแกลบดำและถั่วแกลบทำให้ค่าการดูดซับลดลงร้อยละ 42.04, 36.36 และ 81.15, 78.43 ตามลำดับ ผลการศึกษาการดูดซับแบบคอลัมน์เมื่อสร้างเบรคทรูเคิร์ฟ จำนวนค่าความจุของการดูดซับที่ 50% เบรคทรูเคิร์ฟของรีซอร์ซินอลในวัสดุถั่วแกลบดำและถั่วแกลบมีค่า 1.3300, 1.1777 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับ ของพาราฟิโนลีนไดอะมีนในวัสดุถั่วแกลบดำและถั่วแกลบมีค่า 4.1791, 3.6144 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าความจุการดูดซับแบบถังแชนซ์และแบบคอลัมน์ พบว่าค่าการดูดซับสารทั้งสองด้วยวัสดุทั้งสองชนิด ในคอลัมน์มีค่ามากกว่าแบบถังแชนซ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ T.A. Albanis et al. (2000) เนื่องจากแบบคอลัมน์ ตัวถูกดูดซับสามารถสัมผัสวัสดุเป็นชั้นๆ ได้พื้นที่มากกว่าและตัวถูกดูดซับจะใหม่ตลอดเวลา

บทสรุป

ถั่วแกลบดำและถั่วแกลบเป็นวัสดุที่ถูกทิ้งจากโรงสีและโรงอิฐ สามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุดูดซับ เพื่อกำจัดสารพิษรีซอร์ซินอลและพาราฟิโนลีนไดอะมีนในน้ำทิ้งสีย้อมผมได้ เพราะมีค่าความจุการดูดซับสารทั้งสองใกล้เคียง การออกแบบระบบบำบัดน้ำทิ้งสีย้อมผมควรเป็นแบบไหลต่อเนื่อง (คอลัมน์) เพราะให้ค่าความจุการดูดซับมากกว่าแบบถังแชนซ์ และควรให้น้ำทิ้งไหลผ่านวัสดุอย่างช้าๆ เพื่อให้สารได้สัมผัสกับวัสดุนานโดยอย่างน้อยเป็นเวลา 8 วัน จึงจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- ปิยะวรรณ หลีชาติ และคณะ. (2545). การบำบัดสีย้อมรีแอกทีฟโดยใช้แกลบ. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28, 24-26 ตุลาคม ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพฯ. นครินทร์ แพรชาขย . (2549). การกำจัดสีย้อมผ้าจากน้ำล้างสีย้อมผ้าโดยการใช้อุณหภูมิที่ปรับสภาพด้วยวิธีทางเคมี. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (อัครสำเนา).
- รัตนา มหาชัย และคณะ. (2545). การกำจัดสีย้อมด้วยวัสดุแกลบเผา. [รายงานการวิจัย]. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- B.H.Hameed and F.B.M. Daud. (2008). Adsorption studies of basic dye on activated carbon derived from agricultural waste: Hevea brasiliensis seed coad. **Chemical Engineering Journal**. 139 :48-55.
- Nagarethinam Kannan and Mariappan Meenakshi Sundaram. (2001). Kinetics and mechanism of removal of methylene blue by adsorption on various carbons—a comparative study. **Journal of Dyes and Pigments**. 51: 25–40.
- Shaobin Wang et al. (2005). A Comparative study of dye removal using fly ash treated by different method. **Journal of Chemosphere**. 1401-1407.
- T.A.Albanis et al. (2000). Removal of dyes from aqueous solution by adsorption on mixtures and soil in batch and column techniques. **Journal of Global Nest**. 257-244.
- Uma R. Lakshmi. (2009). Rice husk ash as an effective absorbent: Evaluation of absorptive characteristics for indigo carmine dye. **Journal of Environmental Management**. 90: 710-720.
- Xiaoning Wang et al. (2008). Preparation of sludge-based activated carbon and its application in dye wastewater treatment . **Journal of Hazardous Materials**. 163: 22-27.