

ประสิทธิภาพการดูดซับสีจากน้ำเสียย้อมไหมโดยใช้ถ่านหินดินดานเคลือบ เฟอร์ริกคลอไรด์

Efficiency of Dye Adsorption From Silk Dyeing Wastewater by Ferricchloride Coated With Bituminous Bottom Ash

กนกวรรณ ศรีม่วง (Kanokwan Srimuang)¹* ดร.กาญจนา ครองธรรมชาติ (Dr.Kannitha Krongthamchat)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีจากน้ำเสียย้อมผ้าโดยใช้ถ่านหินดินดานเคลือบและไม่เคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์ ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ ได้แก่ พีเอช ปริมาณตัวดูดซับ ระยะเวลาสัมผัส และศึกษาการดูดซับโดยใช้ถังปฏิกรณ์แบบคอลัมน์ (Fluidized Bed) ใช้ น้ำเสียสังเคราะห์สีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงิน ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ปริมาณตัวดูดซับ 10 กรัม พบว่าถ่านหินดินดานไม่เคลือบผิวมีประสิทธิภาพดูดซับสีแดงร้อยละ 65 ที่พีเอช 6 เวลาสัมผัส 180 นาที ประสิทธิภาพการดูดซับสีเหลืองและสีน้ำเงินร้อยละ 51.0 และ 33.20 ที่พีเอชเดียวกัน คือ 5 เวลาสัมผัส 180 นาที และ 90 นาที ตามลำดับ ส่วนถ่านหินดินดานเคลือบผิวมีประสิทธิภาพดูดซับสีแดงและสีเหลืองที่พีเอชเดียวกันคือ 7 มีประสิทธิภาพร้อยละ 97.53 และ 93.23 เวลาสัมผัส 180 นาที และ 90 นาที ตามลำดับ ส่วนการดูดซับสีน้ำเงินมีประสิทธิภาพร้อยละ 68.0 ที่พีเอช 3 เวลาสัมผัส 90 นาที ผลการศึกษารูปแบบไอโซเทอม พบว่าถ่านหินดินดานไม่เคลือบและเคลือบผิวดูดซับสีแดง มีแนวโน้มสอดคล้องรูปแบบสมการฟรุนดลิช สีเหลืองและสีน้ำเงินมีแนวโน้มสอดคล้องรูปแบบสมการแลงเมียร์ ผลการทดลองถังปฏิกรณ์แบบคอลัมน์ที่อัตราการไหล 100 มิลลิลิตรต่อ นาที พบจุดเสื่อมสภาพของตัวดูดซับทั้งสี 3 สี ที่ 18, 17, 20 ชั่วโมง และอัตราการไหล 150 มิลลิลิตรต่อ นาที พบจุดเสื่อมสภาพของตัวดูดซับสีทั้ง 3 สี ที่ 10, 11 และ 13 ชั่วโมง ตามลำดับ

ABSTRACT

The aim of this research was to study the efficiency of ferric chloride coated with bituminous bottom ash as an adsorbents to adsorb color from silk dye wastewater. The factors of adsorption including pH, volume of adsorbents, contact time were studied in batch reactors. The color adsorption was studied in the fluidized bed reactor. The reactor was filled with synthetic wastewater which had color content of 500 mg/L. The result showed that uncoated bottom ash had efficiency to reduce red dye around 65 % at pH 6 with the contact time of 180 mins. The noncoated adsorbent had ability to adsorb yellow and blue dyes around 51.0 % and 33.20%, respectively, at pH 5 at the contact time of 180 and 90 mins. The result also showed that coated bottom ash had efficiency to remove red and yellow dyes around 97.53% and 93.23%, respectively, at pH 7 with the contact time of 180 and 90 mins., respectively. The coated adsorbent had efficiency to red dye 68.0 % at pH 3 with the contact time of 90 mins. The

¹Correspondent author: praew.kanokwan31@gmail.com

* นักศึกษา หลักสูตรสาขารัฐศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาขารัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาขารัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



study of adsorption isotherm showed that coated and noncoated with bottom ash were responded with Freundlich and Langmuir models. The result from the column reactors filled with ferric chloride coated with bottom ash that the breakthrough of the adsorbents when adsorbed Three shade color at the flow rate of 100 ml/min were 18, 17, 20 hours, respectively. At the flow rate of 150 ml/min, the breakthrough of adsorbents were 10, 11, and 13 hours, respectively.

คำสำคัญ: การดูดซับ เถ้าถ่านหินบิตูมินัส เฟอริกคลอไรด์

Keywords: Adsorption, Bituminous, Ferric chloride

บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการทอผ้าไหมมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยได้รับการสนับสนุนและการพัฒนาอาชีพอย่างต่อเนื่อง การทอผ้าไหมมีการผลิตในลักษณะของโรงงานฟอกย้อมและแบบอุตสาหกรรมครัวเรือนซึ่งในกระบวนการย้อมผ้าก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสียจากการฟอกย้อมและการล้างไหม ลักษณะน้ำเสียจะมีค่าความสกปรกในรูปของซีโอดีสูง 520 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นของสีและความขุ่นสูง มีสารเคมีจำพวกสารไฮโดรคาร์บอน พวกอะลิฟาติก (Aliphatic) และ อะโรมาติก (Aromatic) ที่เป็นส่วนประกอบของสารที่ย่อยสลายยาก น้ำทิ้งจากการย้อมไหมส่วนใหญ่จะปล่อยให้ไหลเข้าสู่บ่อพักน้ำจึงไม่สามารถกำจัดสีย้อมออกจากน้ำเสียได้เนื่องจากอนุภาคของเม็ดสีมีขนาดเล็กมากและอยู่ในรูปละลายน้ำซึ่งไม่สามารถตกตะกอนได้เองตามธรรมชาติ [1] หากไม่มีการบำบัดน้ำเสียให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานเมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติส่งผลให้คุณภาพของแหล่งน้ำเสื่อมโทรมและบดบังแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านสู่แหล่งน้ำลดผลการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำทำให้การผลิตออกซิเจนลดลงส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

กระบวนการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมไหมมีหลายวิธี ได้แก่ วิธีทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ในแต่ละวิธีจะมีข้อจำกัดการใช้งานแตกต่างกัน เช่น กระบวนการกรอง ต้องควบคุมระดับความดันน้ำ ระดับอัตราการไหลของน้ำ อุณหภูมิและค่าความเป็นกรดเป็นด่าง การบำบัดโดยใช้กระบวนการโอโซนออกซิเดชันซึ่งเป็นกระบวนการออกซิเดชันขั้นสูง ต้องควบคุมอุณหภูมิ ความดัน ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า กระบวนการบำบัดโดยวิธีการโฟโตแคตาไลซิสโดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ ต้องควบคุมอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยา ส่วนการบำบัดทางชีวภาพ ได้แก่ การดูดซับสีด้วยสาหร่ายมีข้อจำกัดในการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ เป็นต้น ซึ่งวิธีที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากการฟอกย้อม คือ การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมสูงในการบำบัดน้ำเสียจากการฟอกย้อม เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบและมีโครงสร้างแบบรูพรุนสามารถผลิตได้จากวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบแต่ก็มีข้อจำกัดในเรื่องของการฟื้นฟูซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง [2]

ดังนั้น การหาตัวดูดซับที่ให้มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีเพิ่มขึ้นเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการศึกษาโดยใช้วัสดุตัวดูดซับที่ผลิตจากวัสดุที่มีต้นทุนต่ำ นำมาศึกษาการกำจัดสีย้อมผ้าจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดซับ โดยใช้ถ่านหินบิตูมินัสซึ่งเป็นของเสียที่ได้จากการเผาไหม้ของถ่านหินนำมาเคลือบเฟอริกคลอไรด์เพื่อกำจัดสีปรากฏ [3] โดยการสร้างรวมตะกอนทางเคมี ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพของถ่านหินเพื่อเป็นประโยชน์ในการดูดซับ เนื่องจากเฟอริกคลอไรด์มีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนไอออนกับตัวดูดซับ จึงทำให้มีความเป็นไปได้ในการใช้ถ่านหินบิตูมินัสมาเป็นวัสดุดูดซับสี

วิธีการวิจัย

การเคลือบ นำเม็ดถ่านบิโหมินัส จำนวน 1 กิโลกรัม มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น นำเม็ดถ่านที่ทำความสะอาดมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จากนั้นมาผสมกับสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ 2 โมลต่อลิตร กวนเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ชั่วโมง แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ทำการบดให้ละเอียดและเก็บรักษาไว้ในโถสุญญากาศเพื่อป้องกันความชื้น [4]

การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์สีแสดสีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงิน ชั่งสีผงสีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงิน มา 0.5 กรัม ละลายน้ำปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1,000 มิลลิลิตรในขวดวัดปริมาตร

การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ ศึกษาการดูดซับของตัวดูดซับโดยวิธีไอโอดีนนมเบอร์ด้วยวิธีมาตรฐาน ASTM D4607-94 [5] ศึกษาความพรุนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) ศึกษาโครงสร้างของถ่านบิโหมินัสที่ไม่เคลือบและเคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์และโครงสร้างสีย้อมผ้าด้วยเทคนิคฟลูออริสเซนซ์ฟลูออโรเมตริกอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (FTIR)

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ ทำการทดลองแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยนำสารละลายสีแสด สีเหลือง และสีน้ำเงินที่ระดับความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการปรับค่าพีเอช 5 ระดับ คือ 3, 4, 5, 6 และ 7 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าร้อยละของการดูดซับสีทั้ง 3 สี ตามสมการที่ 1

$$\text{ประสิทธิภาพการดูดซับสี} = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

โดย C_0 คือ ค่าความเข้มข้นสีก่อนการบำบัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C คือ ความเข้มข้นของสีหลังการบำบัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาปริมาณตัวดูดซับโดยใช้ถ่านหินบิโหมินัสที่เคลือบและไม่เคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์มา 2, 4, 6, 8 และ 10 กรัม โดยใช้ค่าพีเอชที่เหมาะสมจากการทดลองในขั้นตอนที่ 1 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมทำการปรับค่าพีเอชที่เหมาะสมจากขั้นตอนที่ 1 และใช้ปริมาณตัวดูดซับที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองในขั้นตอนที่ 2 และทำการปรับค่าระยะเวลาการสัมผัสเป็น 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับ โดยใช้สีน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร กำหนดค่าพีเอชที่เหมาะสมจากการทดลองในขั้นตอนที่ 1 และใช้ระยะเวลาสัมผัสที่เหมาะสมจากการทดลองในขั้นตอนที่ 3 โดยใช้ปริมาณตัวดูดซับได้แก่ 2, 4, 6, 8 และ 10 กรัม ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ตามทฤษฎีของฟรุนดลิชและแลงเมียร์

ขั้นตอนที่ 5 การศึกษาถึงปฏิกรณ์แบบคอลัมน์ (Fluidized Bed Reactor) กำหนดความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์สีแสด สีเหลือง และสีน้ำเงิน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยกำหนดอัตราการไหล 100 และ 150 มิลลิลิตรต่อนาที โดยใช้คอลัมน์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 26.5 เซนติเมตร สูง 145 เซนติเมตร บรรจุตัวดูดซับถ่านหินบิโหมินัสเคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์ในปริมาณความสูง 50 เซนติเมตร โดยใช้สีน้ำเสียสังเคราะห์ไหลผ่านต่อเนื่อง ใช้ความเร็วรอบในการปั่นกววน 60 รอบต่อนาที (ดังรูปที่ 1) แล้วเก็บตัวอย่างน้ำที่ไหลผ่านคอลัมน์ทุกๆ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรองแล้วไปวิเคราะห์หาค่าการดูดกลืนแสงซึ่งแต่ละโทนสีจะใช้ความยาวคลื่นต่างกัน ได้แก่ สีแสดใช้ความยาวคลื่น 518 นาโนเมตร สีเหลืองใช้ความยาวคลื่น 396 นาโนเมตร และสีน้ำเงินใช้ความยาวคลื่น 638 นาโนเมตร โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ



วิธีการวิเคราะห์ การตรวจพื้นที่ผิวโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) (บริษัท LEO รุ่น LEO 1450 VP) ด้วยกำลังขยาย 5000 เท่า ศึกษาโครงสร้างพื้นที่ผิวของเถาถ่านหินบิทูมินัสที่เคลือบและไม่เคลือบเพอร์ริกคลอไรด์และโครงสร้างสีซ็อม โดยใช้เทคนิค Fourier transform infrared spectroscopy และตรวจวัดสีด้วยเครื่องยูวีวิซิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Biochrom LiBra S21)

การวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาลักษณะโครงสร้างของถ่านหินบิทูมินัสด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดโดยใช้ตัวดูดซับในการทดสอบนี้ นำมาผ่านตะแกรงร่อนขนาด 50 เมช เพื่อนำมาเปรียบเทียบระหว่างเถาถ่านหินบิทูมินัสที่ไม่เคลือบและเคลือบเพอร์ริกคลอไรด์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่า เถาถ่านหินบิทูมินัสที่ไม่เคลือบเพอร์ริกคลอไรด์จะมีรูพรุนน้อยและมีสิ่งตกค้างอยู่ในรูพรุนที่มีลักษณะรูปร่างคล้ายผลึกที่เป็นของแข็ง ส่วนเถาถ่านหินบิทูมินัสเคลือบเพอร์ริกคลอไรด์จะมีผลึกของเพอร์ริกคลอไรด์ที่แทรกอยู่บริเวณพื้นผิวเถาถ่านหินซึ่งผลึกเพอร์ริกคลอไรด์จะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซับสีมากขึ้น แสดงดังภาพที่ 2

ผลการศึกษาความสามารถการดูดซับไอโอดีนของเถาถ่านหินบิทูมินัสไม่เคลือบมีค่าเท่ากับ 249.07 มิลลิกรัมต่อกรัมและเถาถ่านหินบิทูมินัสเคลือบเพอร์ริกคลอไรด์มีค่าเท่ากับ 337.36 มิลลิกรัมต่อกรัม เนื่องจากการเคลือบเพอร์ริกคลอไรด์ทำให้ขนาดโมเลกุลใหญ่ขึ้นจึงทำให้มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงกว่าเถาถ่านหินที่ไม่เคลือบเพอร์ริกคลอไรด์

ผลการศึกษาโครงสร้างถ่านหินกัมมันต์และโครงสร้างสีด้วยเครื่อง FTIR-Spectrum สเปกตรัมของถ่านหินบิทูมินัสที่ไม่เคลือบเพอร์ริกคลอไรด์จะมีแถบการสั่นในช่วง $1,604 - 1,263 \text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็นการสั่นของหมู่ $\text{C}=\text{O}$ หรือ COO^- ซึ่งถ่านหินบิทูมินัสไม่เคลือบเพอร์ริกคลอไรด์จะมีการยืด $\text{O}-\text{H}$ พบอยู่ในช่วง $3,234 - 2,851 \text{ cm}^{-1}$ และพบการสั่นในช่วง $817-669 \text{ cm}^{-1}$ แสดงให้เห็นว่าเป็น $=\text{C}-\text{H}$ และผลการทดลองสีทั้ง 3 สี พบฟังก์ชันที่แถบการสั่นในช่วง $3,446 - 3,384 \text{ cm}^{-1}$ เป็นการสั่นของ Alcohol ฟังก์ชันที่แถบการสั่นในช่วง $1,732-1,514 \text{ cm}^{-1}$ เป็นการสั่นของ Carboxylic acid ฟังก์ชันที่แถบการสั่นในช่วง $1,372-1,406 \text{ cm}^{-1}$ เป็นการสั่นของ nitro ฟังก์ชันที่แถบการสั่นในช่วง $1,034-1,256 \text{ cm}^{-1}$ เป็นการสั่นของ ether ฟังก์ชันแถบการสั่นในช่วง $712-640 \text{ cm}^{-1}$ เป็นการสั่นของ Alkane และฟังก์ชันที่แถบการสั่นในช่วง 729 cm^{-1} เป็นการสั่นของ bromide ($\text{C}-\text{X}$)

ผลการศึกษาค่าพีเอชของเถาถ่านหินบิทูมินัสที่ไม่เคลือบเพอร์ริกคลอไรด์มีการดูดซับสีทั้ง 3 สี มีความแตกต่างกันคือ สีแดงมีประสิทธิภาพในการดูดซับสีสูงสุดร้อยละ 30 ที่ค่าพีเอช 6 ส่วนสีเหลืองและสีน้ำเงิน มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีสูงสุดร้อยละ 60.35 และ 25.0 ตามลำดับที่ค่าพีเอชเดียวกัน คือพีเอช 5 หลังจากนั้นประสิทธิภาพการดูดซับลดลงเนื่องจากประสิทธิภาพการดูดซับจะขึ้นอยู่กับสภาพผิวของพื้นที่ผิวของตัวดูดซับและเมื่อสารละลายสีแอซิดมีค่าพีเอชต่ำลงกลายเป็นประจุลบทำให้มีไฮดรอกไซด์ของไอออนในสารละลายมากขึ้นจะทำให้เกิดการแย่งจับพื้นที่ผิวของตัวดูดซับที่มีค่าประจุเป็นบวกทำให้เกิดแรงผลักระหว่างตัวดูดซับและโมเลกุลของสารละลายสีแอซิดทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับสีได้ต่ำ แสดงดังภาพที่ 3 ส่วนเถาถ่านหินบิทูมินัสเคลือบเพอร์ริกคลอไรด์มีประสิทธิภาพการดูดซับสีทั้งสามสีมีความแตกต่างกันคือ สีแดงและสีเหลืองมีประสิทธิภาพในการดูดซับสีได้สูงสุดร้อยละ 88.43, 93.23 ที่ระดับพีเอชเดียวกัน คือ พีเอช 7 เนื่องจากสีที่ใช้ในการทดลองเป็นสีแอซิดเมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็นประจุลบขณะตัวดูดซับมีคุณสมบัติเป็นค่า ที่เป็นประจุบวกจึงทำให้เกิดการดูดซับเพิ่มขึ้นเพราะเกิดแรง

จึงดูระหว่างประจุบนโมเลกุลสี่ข้อมและประจุบนบริเวณพื้นผิวตัวดูดซับ ส่วนสีน้ำเงินมีประสิทธิภาพในการดูดซับสีได้สูงสุดร้อยละ 78.84 ที่ระดับพีเอช 3 เนื่องจากสีน้ำเงินมีโครงสร้างโมเลกุลที่ซับซ้อนทำให้มีโมเลกุลขนาดใหญ่ จึงต้องใช้พื้นที่การดูดซับจำนวนมากส่งผลให้พื้นที่การดูดซับมีค่าลดลง แสดงดังภาพที่ 4

ผลปริมาณตัวดูดซับของถ่านหินบิทูมินัสไม่เคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์ ในการดูดซับสีทั้งสามสีมีความต่างกัน คือ สีแดงมีประสิทธิภาพในการดูดซับสีสูงสุดร้อยละ 41.2 ที่ค่าพีเอช 6 ปริมาณ 10 กรัม ส่วนสีเหลืองและสีน้ำเงิน มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีสูงสุดร้อยละ 36.2 และ 30.8 ตามลำดับ ที่ค่าพีเอชเดียวกัน คือพีเอช 5 โดยปริมาณ 10 กรัม แสดงดังภาพที่ 5 ขณะที่ถ่านหินบิทูมินัสที่เคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์ทำการปรับค่าพีเอชสารละลายสีแอซิดสีแดง และสีเหลือง ที่ค่าพีเอชระดับเดียวกันคือ 7 ใช้ปริมาณตัวดูดซับ 10 กรัม มีประสิทธิภาพในการดูดซับร้อยละ 98.17 และ 91.96 ส่วนสีน้ำเงิน ที่ค่าพีเอช 3 ปริมาณตัวดูดซับ 10 กรัม มีประสิทธิภาพในการดูดซับร้อยละ 97.65 ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณตัวดูดซับของถ่านหินที่เคลือบและเคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์มีปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้พื้นที่ผิวการดูดซับเพิ่มขึ้น แสดงดังภาพที่ 6

ผลของระยะเวลาการสัมผัสของถ่านหินบิทูมินัสไม่เคลือบและเคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์พบว่าเมื่อทำการปรับค่าพีเอชของถ่านหินบิทูมินัสไม่เคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์ดูดซับสารละลายสีแดงเพิ่มขึ้นมีการดูดซับสีได้สูงสุดร้อยละ 65 และ 97.53 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาในการดูดซับ 180 นาที เนื่องจาก ระยะเวลาในการสัมผัสมากขึ้นตัวดูดซับจะใช้เวลาการยึดเกาะพื้นผิวตัวดูดซับมากขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพดูดซับเพิ่มขึ้น สำหรับสารละลายสีเหลืองใช้ตัวดูดซับถ่านหินบิทูมินัสไม่เคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์และถ่านหินบิทูมินัสเคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์มีประสิทธิภาพการดูดซับสีได้สูงสุดร้อยละ 51.20 และ 93.23 ที่ระยะเวลาในการสัมผัส 180 นาที และ 90 นาที ขณะที่สารละลายสีน้ำเงินตัวดูดซับถ่านหินบิทูมินัสไม่เคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์และถ่านหินบิทูมินัสเคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์มีประสิทธิภาพการดูดซับสีได้สูงสุดร้อยละ 33.2 และ 68 ที่ระยะเวลาในการสัมผัส 90 นาที เมื่อระยะเวลาสัมผัสมากขึ้นส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับสีข้อมในสารละลายมีค่าลดลง เนื่องจากระยะเวลาเริ่มต้นพื้นที่ผิวของตัวดูดซับมีพื้นที่ผิวมากทำให้อัตราการดูดซับมากขึ้นเมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลพื้นที่ผิวของตัวดูดซับถูกปกคลุมด้วยตัวดูดซับจึงทำให้อัตราการดูดซับลดลง แสดงดังภาพที่ 7 และภาพที่ 8

ผลของการศึกษาไอโซเทอมการดูดซับสีแอซิด สีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงิน โดยใช้ถ่านหินบิทูมินัสที่ไม่เคลือบและเคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์พบว่ามีลักษณะรูปร่างคล้ายกันเป็นชนิดซี (C-Type) อยู่ในระยะที่ 1 รูปแบบการดูดซับสีแอซิดสีแดงมีความสอดคล้องกับรูปแบบสมการพหุนามลักษณะการดูดซับ เป็นเส้นตรง การดูดซับของตัวดูดซับที่มีลักษณะพื้นที่ผิวของการดูดซับไม่เท่ากันมีลักษณะการดูดซับแบบขั้นเดียวและแบบต่อเนื่องจากลักษณะตัวดูดซับที่นำมาใช้มีลักษณะพื้นที่ผิวในการดูดซับไม่เท่ากันทุกส่วน แสดงดังภาพที่ 9 สีแอซิดสีเหลืองและสีแอซิดสีน้ำเงินมีความสอดคล้องกับรูปแบบสมการแลงเมียร์ลักษณะรูปร่างการดูดซับเป็นเส้นตรงโดยพื้นที่ผิวของตัวดูดซับมีจำนวนจำกัดเมื่อตัวดูดซับถูกดูดซับจะไม่มีการเคลื่อนที่พื้นผิวตัวดูดซับจะถูกปกคลุมด้วยตัวดูดซับมากขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้นตัวดูดซับถูกดูดซับจนอิ่มตัว แสดงดังภาพที่ 10 และภาพที่ 11

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับโดยทำการทดลองแบบคอลัมน์ ทำการเปรียบเทียบอัตราการไหลที่แตกต่างกันที่อัตราการไหล 100 และ 150 มิลลิลิตรต่อนาที มีจุดเริ่มเสื่อมสภาพต่างกัน พบว่าที่อัตราการไหลที่ 100 มิลลิลิตรต่อนาทีที่มีประสิทธิภาพการดูดซับสีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงินอยู่ร้อยละ 62.03, 59.16, 57.23 ตามลำดับมีจุดเสื่อมสภาพที่ 108, 102, 120 ลิตร ตามลำดับ ส่วนอัตราการไหล 150 มิลลิลิตรต่อนาที มีประสิทธิภาพการดูดซับสีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงินอยู่ร้อยละ 72.51, 67.51, 73.42 ตามลำดับ มีจุดเริ่มเสื่อมสภาพที่ 90, 99, 117 ลิตร ตามลำดับ เพราะอัตราการไหลที่ต่างกันส่งผลให้ตัวดูดซับสัมผัสกับสารละลายสีทั้งสามสีต่างกันเมื่อระยะเวลาสัมผัสนานขึ้นทำให้



ความสามารถการดูดซับเพิ่มขึ้นแต่ในขณะที่ยัตราการไหลเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้การดูดซับมีจุดเริ่มเสื่อมสภาพเร็วขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากระดับอัตราการไหลที่ต่างกันส่งผลให้ตัวดูดซับกับปริมาณสารถูกดูดซับต่างกันเมื่อระยะเวลาสัมผัสต่างกัน แสดงดังภาพที่ 12

สรุปและอภิปรายผล

จากผลวิจัยการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีจากน้ำเสียข้อมใหม่ด้วยถ่านหินบิทูมินัสเคลือบเพอร์ริคโลไรด์ โดยทำการทดลองแบบแบตช์และการดูดซับแบบต่อเนื่องโดยใช้ถังปฏิกรณ์แบบคอลัมน์ (Fluidized Bed) ด้วยตัวดูดซับถ่านหินบิทูมินัสเคลือบเพอร์ริคโลไรด์โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์สีแดง สีเหลืองและสีน้ำเงินที่มีความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ปริมาณตัวดูดซับ 10 กรัม พบว่าถ่านหินบิทูมินัสที่เคลือบเพอร์ริคโลไรด์มีประสิทธิภาพการดูดซับสีทั้งสามสีได้ดีกว่าถ่านหินบิทูมินัสที่ไม่เคลือบเพอร์ริคโลไรด์ เนื่องจากเพอร์ริคโลไรด์มีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนไอออนกับตัวดูดซับซึ่งมีประสิทธิภาพการดูดซับสีแดงสีเหลืองที่ระดับพีเอชเดียวกันคือ 7 มีประสิทธิภาพร้อยละ 97.53 และ 93.23 ตามลำดับ ระยะเวลาสัมผัส 180 นาที และ 90 นาที ตามลำดับ ส่วนสีน้ำเงินมีประสิทธิภาพการดูดซับร้อยละ 68.0 ที่ค่าพีเอช 3 ที่เวลาสัมผัส 90 นาที เนื่องจากสีน้ำเงินมีโครงสร้างที่ซับซ้อนโมเลกุลขนาดใหญ่ทำให้มีการใช้พื้นที่การดูดซับมากจึงทำให้สีน้ำเงินมีประสิทธิภาพการดูดซับลดลง [6] ส่วนการดูดซับสีทั้งสามสีโดยใช้แบบจำลองสมการไอโซเทอมพบว่าสีแดง มีแนวโน้มสอดคล้องรูปแบบสมการฟรุนดลิช ส่วนสีเหลืองและสีน้ำเงินมีแนวโน้มสอดคล้องรูปแบบสมการแลงเมียร์ สำหรับการทดลองถังปฏิกรณ์แบบคอลัมน์ใช้อัตราการไหล 100 และ 150 มิลลิลิตรต่อนาที พบว่ามีจุดเสื่อมสภาพต่างกันโดยอัตราการไหลที่ 100 มิลลิลิตรต่อนาทีพบจุดเสื่อมสภาพของตัวดูดซับสีทั้ง 3 สี ที่ 18 , 17, 20 ชั่วโมง และอัตราการไหลที่ 150 มิลลิลิตรต่อนาที พบจุดเสื่อมสภาพที่ 10, 11 และ 13 ชั่วโมง ตามลำดับ เนื่องจากระยะเวลาของอัตราการไหลที่ต่างกันส่งผลทำให้ระยะเวลาสัมผัสของตัวดูดซับกับสารถูกดูดซับต่างกันเพราะระยะเวลาสัมผัสนานขึ้นทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้นแต่เมื่อเพิ่มอัตราการไหลมากขึ้นส่งผลให้ระยะเวลาการสัมผัสระหว่างน้ำเสียและตัวดูดซับน้อยลงส่งผลให้มีประสิทธิภาพการดูดซับลดลง [7] และจากผลการทดลองตัวดูดซับมีความมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีแตกต่างกันในแต่ละโทนเนื่องจากในแต่ละโทนสีจะมีองค์ประกอบและโครงสร้างทางเคมีแตกต่างกันจึงทำให้แต่ละโทนสีมีคุณลักษณะทางเคมีต่างกัน [8]

กล่าวสรุปเห็นได้ว่า กระบวนการดูดซับเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสีข้อมในน้ำเสีย ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ถ่านหินบิทูมินัสที่เคลือบเพอร์ริคโลไรด์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการดูดซับสีข้อมในน้ำเสียได้ เนื่องจากการนำถ่านหินบิทูมินัสที่เป็นของเสียจากการเผาไหม้ของถ่านหินสามารถนำมาพัฒนาเป็นตัวดูดซับให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในการดูดซับสีจากน้ำทิ้งในอุตสาหกรรมข้อมใหม่ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการใช้ประโยชน์ของเหลือจากการผลิตไฟฟ้าให้เกิดประโยชน์และเป็นการช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากอุตสาหกรรมน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกข้อม แต่ทั้งนี้ประสิทธิภาพการดูดซับสีแบบคอลัมน์ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมการใช้งานเนื่องจากยังมีข้อจำกัดในเรื่องของการใช้งานรวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อการใช้คอลัมน์ได้แก่ อัตราการไหลของน้ำเสีย ชนิดตัวดูดซับที่เหมาะสม และความหนาของตัวดูดซับที่บรรจุภายในคอลัมน์ เนื่องจากการใช้คอลัมน์ต้องใช้ปริมาณตัวดูดซับมากซึ่งทำให้สิ้นเปลืองตัวดูดซับทั้งใช้ตัวดูดซับเพียงครั้งเดียวทำให้เกิดกากของเสียรวมถึงต้นทุนในการกำจัดกากของเสีย ข้อจำกัดของการวิจัย ในการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีจากน้ำเสียข้อมผ้าแบบแบตช์ (batch) และ แบบคอลัมน์ (Fluidized Bed) เป็นการใช้ น้ำเสียสังเคราะห์ ที่เตรียมจากห้องปฏิบัติการ สำหรับการทดลองแบบคอลัมน์เป็นลักษณะการประยุกต์ให้เหมาะสำหรับ

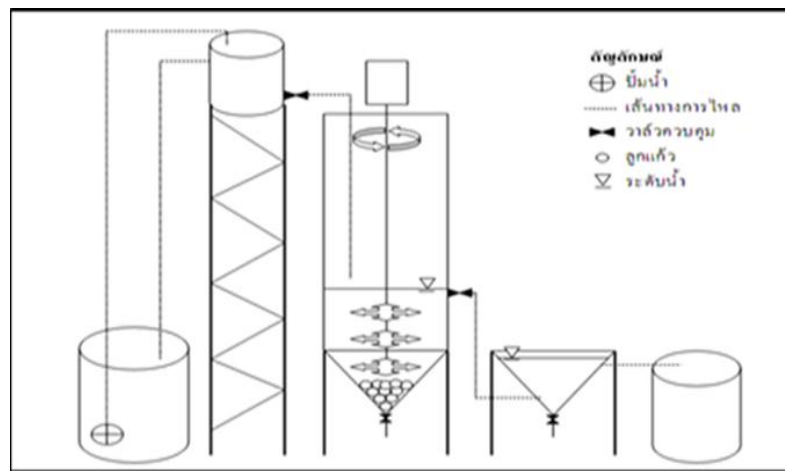
การบำบัดน้ำเสียจริงแต่ก็ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากใช้ปริมาณตัวดูดซับมาก ใช้ตัวดูดซับเพียงครั้งเดียวส่งผลให้เกิดกากของเสียของตัวดูดซับ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

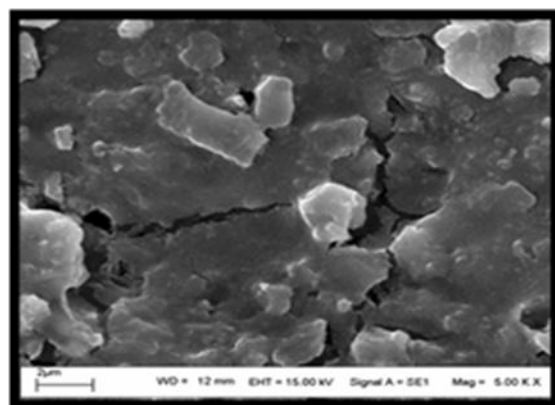
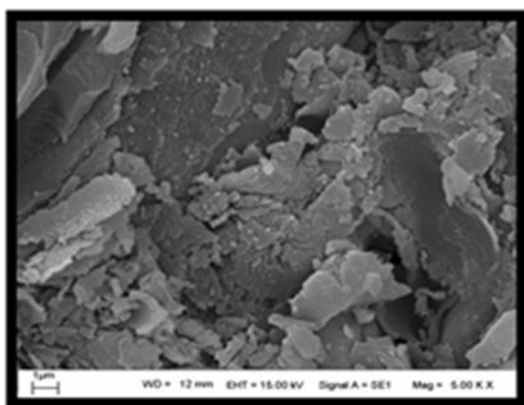
ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาลักษณะองค์ประกอบทางเคมีของสภาพผิวตัวดูดซับรวมถึงลักษณะ ทางกายภาพเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบถึงกระบวนการและกลไกของการดูดซับ และในส่วนการดูดซับแบบคอลัมน์จะเป็นลักษณะน้ำเสียไหลผ่านต่อเนื่องมีการใช้ปริมาณตัวดูดซับมากจะทำให้เกิดกากของเสียในกระบวนการดูดซับจากตัวดูดซับจึงควรมีการศึกษาการฟื้นฟูของถ่านหินที่ผ่านกระบวนการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์และรวมถึงการกำจัดผงถ่านหินที่ผ่านกระบวนการกำจัดสีให้เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

1. Suwannasing K. Efficiency of bamboo waste activated carbon on acid dye wastewater treatment. [MEng thesis]. Khon Kaen: Khon Kaen University; 2014. Thai.
2. Ngernyen Y, Khamwilaisak K, Chano S, Iamdumrong P. Color removal of wastewater from pulp and paper Industry by Activated Carbon. Siam Res J. 2014; 15(2): 37-46. Thai.
3. Sriprasert N, Sriprasert P. Efficiency and optimum condition of color removal from dyed silk wastewater using chemical coagulation combined adsorption by ricehusk. MSU J. 2011; 30(3):395-402. Thai
4. Joshi A, Chaudhuri M. Removal of arsenic from ground water by iron oxide coated sand. [MEng thesis]. Indian Institute of Technology of India; 1996.
5. Annual Book of ASTM Standards. Standard Test Methods for Iodine Number Content of Activated Carbon 1998. D4607-94.
6. Santhy K, Selvapathy P. Removal of reactive dyes from wastewater by adsorption on coir pith activated carbon. Ladkrabang Res J. 2010; 97(11), 1329-1336. Thai.
7. Suwannatrai S. Arsenic removal from Synthetic wastewater by ferrous chloride coated [MPH thesis]. Khon Kaen: Khon kaen University; 2011. Thai
8. Arrchatham J. Color removal of dyeing silk using activated carbon and charcoal as an adsorbent. [MPh thesis]. Khon Kaen: Khon Kaen University; 2003. Thai.

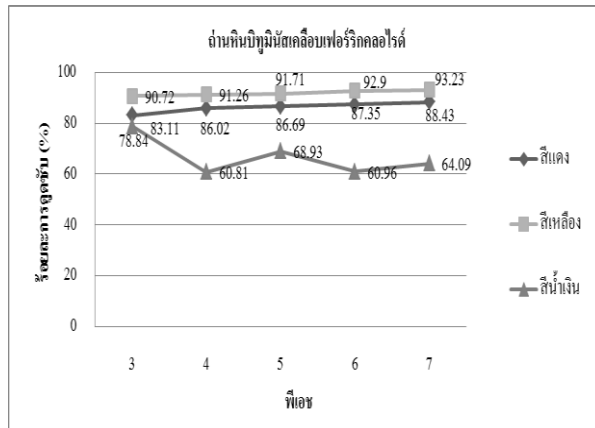


ภาพที่ 1 แผนผังแสดงการไหลเวียนน้ำเสียสังเคราะห์ในแบบจำลองระบบการดูดซับแบบคอลัมน์ปั่นป่วน (Fluidized Bed Process)

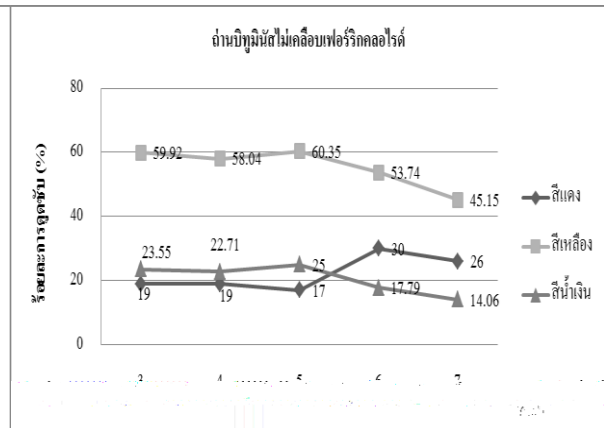


ภาพที่ 2 ภาพถ่ายลักษณะพื้นที่ผิวของถ้ำถ่านหินปิทูมินัสด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM)

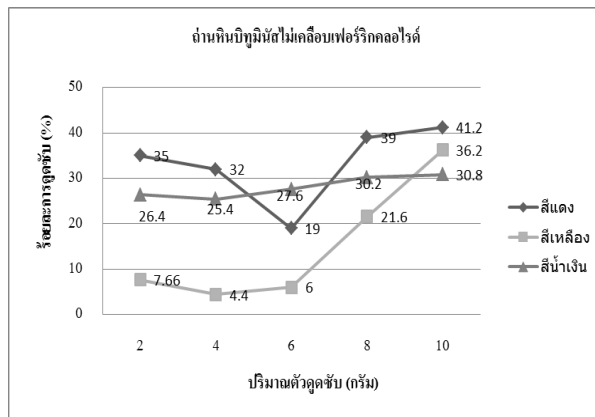
(ก) ถ้ำถ่านหินปิทูมินัสไม่เคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์ (ข) ถ้ำถ่านหินปิทูมินัสเคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์
ที่กำลังขยาย 5000 เท่า



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ร้อยละการดูดซับสีของถ่านหินบิทูมินัสไม่เคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์กับค่าพีเอช



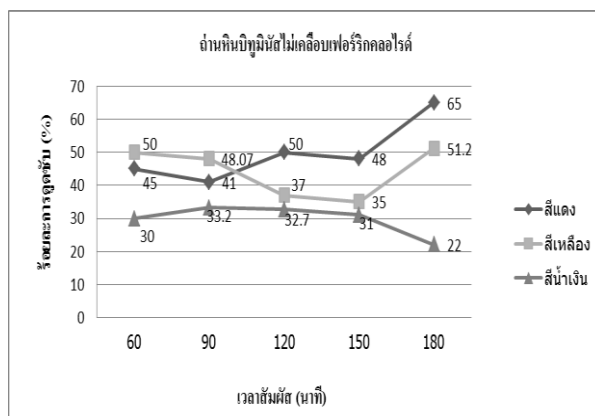
ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ร้อยละการดูดซับสีของถ่านหินบิทูมินัสเคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์กับค่าพีเอช



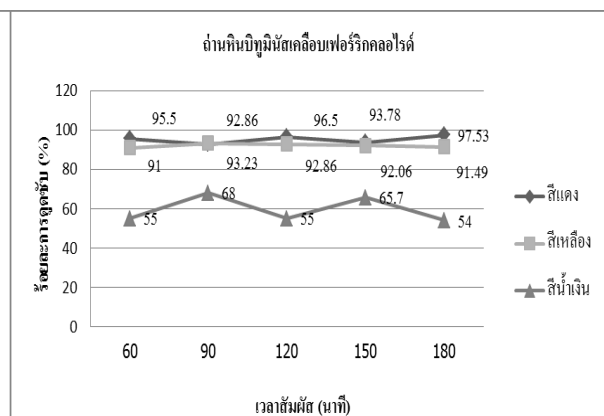
ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ร้อยละการดูดซับสีของถ่านหินบิทูมินัสไม่เคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์กับปริมาณตัวดูดซับ



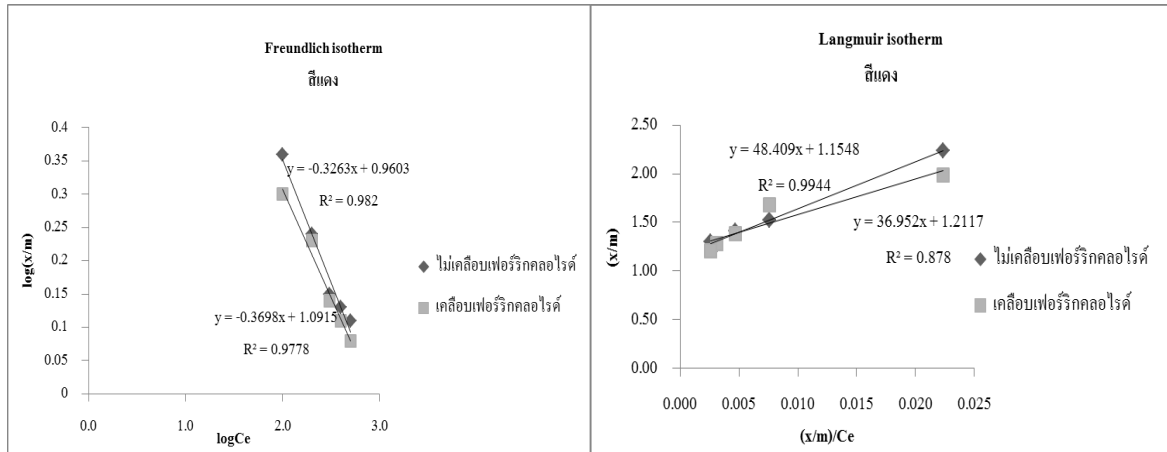
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ร้อยละการดูดซับสีของถ่านหินบิทูมินัสเคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์กับตัวดูดซับ



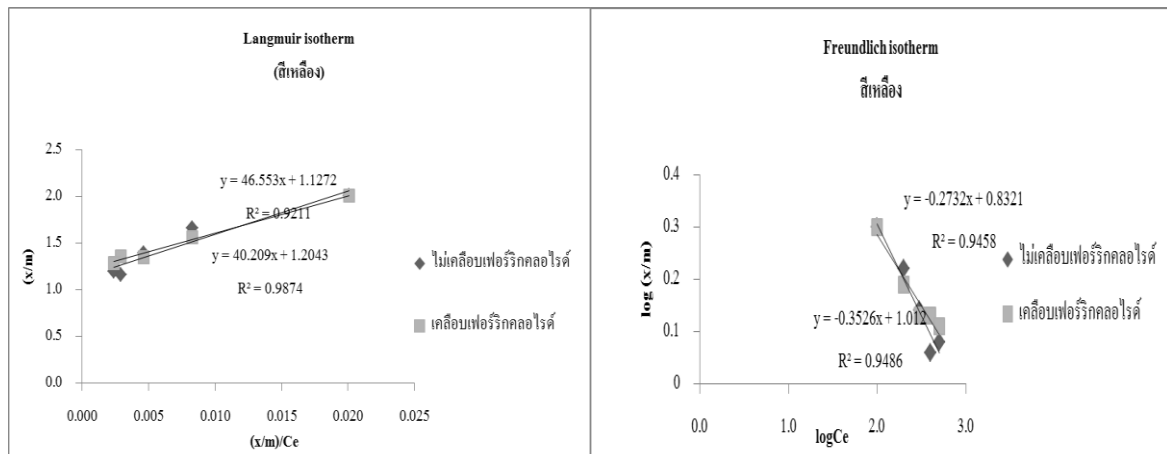
ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ร้อยละการดูดซับสีของถ่านหินบิทูมินัสไม่เคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์กับเวลาสัมผัส



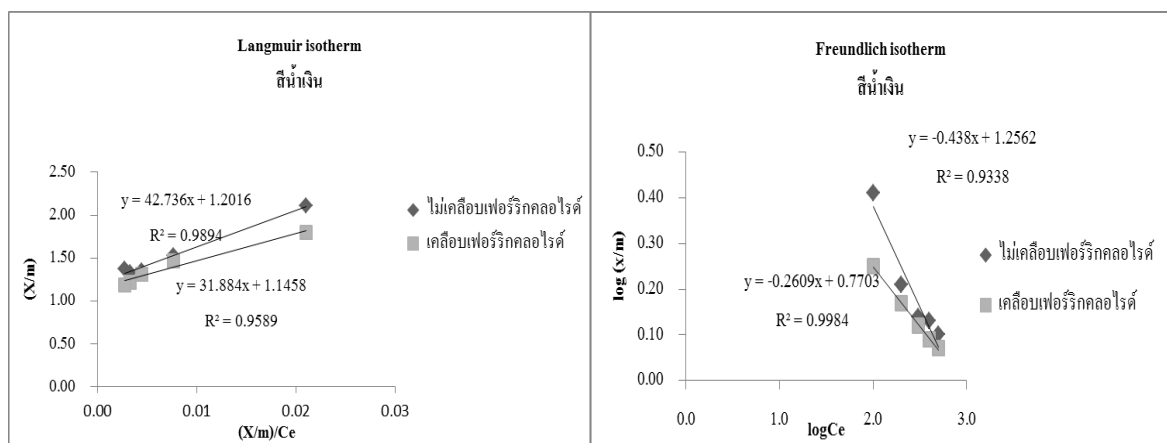
ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ร้อยละการดูดซับสีของถ่านหินบิทูมินัสเคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์กับเวลาสัมผัส



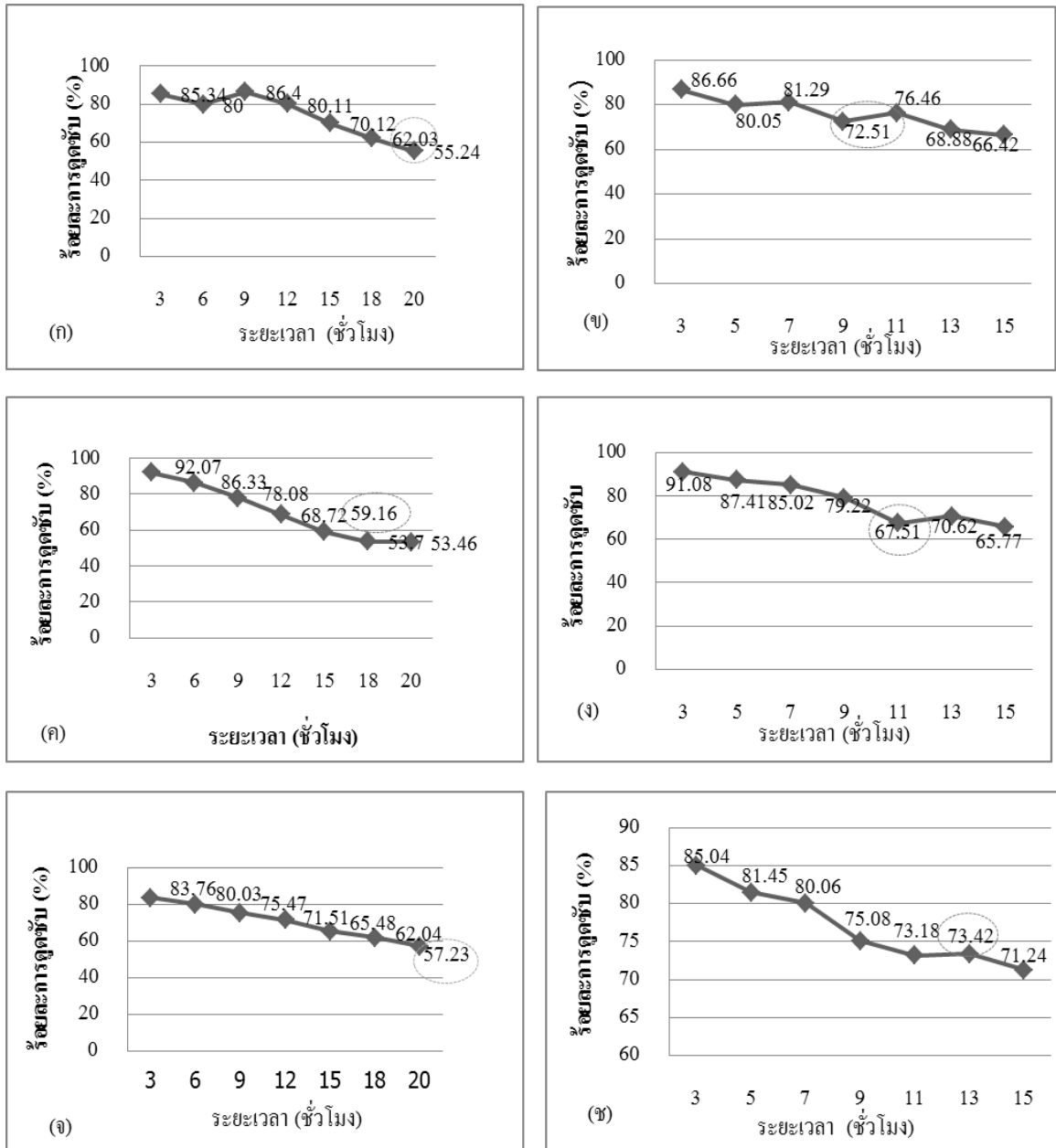
ภาพที่ 9 กราฟสมการดูดซับแลงเมียร์และฟรุนดลิชในการดูดซับสีแดงโดยใช้ถ้ำถ่านหินบิทูมินัสไม่เคลือบและเคลือบเพอร์ริกคลอไรด์



ภาพที่ 10 กราฟสมการดูดซับแลงเมียร์และฟรุนดลิชในการดูดซับสีแดงโดยใช้ถ้ำถ่านหินบิทูมินัสไม่เคลือบและเคลือบเพอร์ริกคลอไรด์



ภาพที่ 11 กราฟสมการดูดซับแลงเมียร์และฟรุนดลิชในการดูดซับสีน้ำเงินโดยใช้ถ้ำถ่านหินบิทูมินัสไม่เคลือบและเคลือบเพอร์ริกคลอไรด์



ภาพที่ 12 กราฟแสดงปริมาณน้ำเสียเริ่มหมดสภาพของเถาถ่านหินบิทูมินัสเคลือบเฟอร์ริกคลอไรด์ที่ระดับอัตราการไหล 100 มิลลิลิตรต่อลิตร และ 150 มิลลิลิตรต่อลิตร

- (ก) ปริมาณน้ำเสียสังเคราะห์สีแดงที่ระดับอัตราการไหล 100 มิลลิลิตรต่อลิตร
- (ข) ปริมาณน้ำเสียสังเคราะห์สีแดงที่ระดับอัตราการไหล 150 มิลลิลิตรต่อลิตร
- (ค) ปริมาณน้ำเสียสังเคราะห์สีเหลืองที่ระดับอัตราการไหล 100 มิลลิลิตรต่อลิตร
- (ง) ปริมาณน้ำเสียสังเคราะห์สีเหลืองที่ระดับอัตราการไหล 150 มิลลิลิตรต่อลิตร
- (จ) ปริมาณน้ำเสียสังเคราะห์สีน้ำเงินที่ระดับอัตราการไหล 100 มิลลิลิตรต่อลิตร
- (ข) ปริมาณน้ำเสียสังเคราะห์สีน้ำเงินที่ระดับอัตราการไหล 150 มิลลิลิตรต่อลิตร