บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของถ่านเปลือกตาลโตนดในการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมสีกระจูด โดยใช้วิธีการใช้น้ำเสียสังเคราะห์ ทำการทดลองแบบทีละเท (Batch Experiment) โดยการหาปริมาณที่เหมาะสมและเวลาที่สมดุล ในการดูดซับสีและตะกั่ว และศึกษาไอโซเทอร์มของการดูดซับตะกั่วของถ่านเปลือกตาลโตนด พร้อมทั้ง ประสิทธิภาพของถ่านเปลือกตาลโตนด ในการบำบัดสี บีโอดี ซีโอดี ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ปริมาณตะกั่วในน้ำเสียจริงจากการย้อมสีกระจูด ในกลุ่มทำผลิตภัณฑ์กระจูด ตำบลทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1.1 เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของถ่านเปลือกตาลโตนดในการดูดซับสี และตะกั่ว ในน้ำเสียจากการย้อมสีกระจูด

1.1.2 เพื่อศึกษาเวลาที่สมดุลของถ่านเปลือกตาลโตนดในการดูดซับสี และตะกั่วในน้ำเสียจากการย้อมสีกระจูด

1.1.3 เพื่อศึกษาไอโซเทอร์มของการดูดซับตะกั่วของถ่านเปลือกตาลโตนด

1.1.4 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของถ่านเปลือกตาลโตนด ในการบำบัดสี ซีโอดี บีโอดี ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและปริมาณตะกั่วในน้ำเสียจริงจากการย้อมสีกระจูด

1.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.2.1 ตัวแปรที่ศึกษา

1) ตัวแปรต้น

(1) ปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนด

(2) ระยะเวลาในการดูดซับ

2) ตัวแปรตาม

(1) ค่าการดูดซับสีและตะกั่ว

(2) ประสิทธิภาพของถ่านเปลือกตาลโตนด ในการดูดซับสีและตะกั่ว ซีโอดี บีโอดี และของแข็งละลายน้ำทั้งหมด

(3) ลักษณะการดูดซับตะกั่ว ของถ่านเปลือกตาลโตนด ตามไอโซเทอร์ม

3) ตัวแปรควบคุม

(1) ชนิดของสีย้อมโดยใช้สีแดงสด บริษัท พัวเคียมสิ่น จำกัด ตราหัวม้า

(2) ความเข้มข้นสี

(3) ความเข้มข้นน้ำเสียสังเคราะห์ตะกั่ว

(4) ความเร็วรอบในการกวนเขย่า

(5) อุณหภูมิ

(6) ขนาดของถ่านเปลือกตาลโตนด

(7) เวลา

1.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) อุปกรณ์ในการวิจัย (ในการวิจัยเชิงทดลอง)

2) อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3) เครื่องคำนวณ

4) เครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์

1.2.3 การเตรียมตัวอย่าง

1) การเผาถ่าน

2) การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์จากสีย้อมกระจูด

3) การเตรียมน้ำเสียตะกั่วสังเคราะห์

1.2.4 วิธีทำการทดลอง แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน

ขั้นที่ 1 การเตรียมถ่านเปลือกตาลโตนดเพื่อใช้ในการทดลอง

ขั้นที่ 2 การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของถ่านเปลือกตาลโตนดในการดูดซับสีและตะกั่ว โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นสี 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตรและความเข้มข้นตะกั่วเท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร และใช้ถ่านเปลือกตาลโตนด ปริมาณ 0, 0.01, 0.02, 0.04, 0.1, 0.20.4, 1.0, 2.0 และ 4.0 กรัม ตามลำดับ ตาม ASTM D 3860-89a (Standard practice for determination of adsorptive capacity of activated carbon by aqueous phase isotherm technique)

นำไปเขย่าด้วยเครื่องกวนเขย่าควบคุมอุณหภูมิ ความเร็วรอบ 120 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้การการทำลองขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 3 การศึกษาเวลาที่สมดุลของถ่านเปลือกตาลโตนดในการดูดซับสี และตะกั่ว นำน้ำเสียสังเคราะห์ และเติมปริมาณถ่านที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองขั้นที่ 2 มากวนเขย่าด้วยเครื่องกวนเขย่าควบคุมอุณหภูมิความเร็วรอบ 120 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แล้วนำน้ำเสียสังเคราะห์ แต่ละขวดที่ทุกเวลาเพิ่มขึ้นทุกๆ 30 นาที มาตรวจวัดการดูดซับสีและตะกั่วจนเข้าสู่ภาวะเวลาที่สมดุล

ขั้นที่ 4 ทำการทดสอบข้อมูลการดูดซับตะกั่วของถ่านเปลือกตาลโตนด โดยนำข้อมูลการดูดซับที่ได้มาทดสอบกับสมการแบบแลงเมียร์และสมการแบบฟรุนดลิคช์ เพื่อหาสมการที่สามารถอธิบายการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียจากการย้อมสีกระจูดของถ่านเปลือกตาลโตนดได้

ขั้นที่ 5 การหาประสิทธิภาพของถ่านเปลือกตาลโตนด ในการบำบัดสี บีโอดี ซีโอดี ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและปริมาณตะกั่ว โดยใช้ปริมาณถ่านที่เหมาะสมและเวลาที่สมดุลจากการทดลองการดูดซับสีและตะกั่ว มาใช้กับน้ำเสียจริงจากการย้อมสีกระจูดสีแดงสด

1.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) ร้อยละ ใช้บอกค่าประสิทธิภาพร้อยละในการบำบัดสี ค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดในน้ำเสีย และปริมาณตะกั่ว

*2) ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ในการหาค่าเฉลี่ย*ปริมาณเวลา บำบัดสี ค่าบีโอดี ค่าซีโอดี และปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดในน้ำเสีย ปริมาณตะกั่ว ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง เพื่อใช้คำนวณในการหาค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพ

1.3 ผลการวิจัย

1.3.1 การหาปริมาณที่เหมาะสมของถ่านเปลือกตาลโตนดในการดูดซับสีและตะกั่วในน้ำเสียจากการย้อมสีกระจูด

1) การสแกนหาความยาวคลื่นเพื่อหาค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์สีแดงสดความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร วิเคราะห์ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปคโทรโฟโตมิเตอร์มิเตอร์ ได้ค่าความยาวคลื่นแสงสูงสุดเท่ากับ 548 นาโนเมตร เพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป

2) การหาปริมาณที่เหมาะสมของถ่านเปลือกตาลโตนดในการดูดซับสีและตะกั่ว โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ของสีย้อมกระจูดสีแดงสดความเข้มข้นสี 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการหาประสิทธิภาพการดูดซับสี และใช้น้ำเสียสังเคราะห์ตะกั่ว ความเข้มข้นเท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการหาประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่ว เพื่อหาปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดที่เหมาะสมในการดูดซับ

สีและตะกั่ว พบว่าปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดเท่ากับ 0.7 กรัม มีประสิทธิภาพสูงสุดในการดูดซับสีและตะกั่วที่ร้อยละ 79.69 และ 70.59 ตามลำดับ

1.3.2 การหาเวลาที่สมดุลของถ่านเปลือกตาลโตนดในการดูดซับสีและตะกั่ว ในน้ำเสียจากการย้อมสีกระจูด

น้ำเสียสังเคราะห์ของสีย้อมกระจูดสีแดงสดความเข้มข้นสี 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการหาประสิทธิภาพการดูดซับสี และใช้น้ำเสียสังเคราะห์ตะกั่ว ความเข้มข้น เท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการหาประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่ว โดยใช้ถ่านเปลือกตาลโตนด ที่มีขนาดระหว่าง 40-60 mesh ที่ปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดเท่ากับ 0.7 กรัม พบว่าเวลาที่สมดุลในการดูดซับสีและตะกั่วเท่ากับ 1.0 ชั่วโมง ซึ่งมีประสิทธิภาพในการดูดซับสีและตะกั่วที่ร้อยละ 78.24 และ 66.40 ตามลำดับ

1.3.3 การศึกษาไอโซเทอร์มของการดูดซับตะกั่วของถ่านเปลือกตาลโตนด

ศึกษาการดูดซับตะกั่วของถ่านเปลือกตาลโตนดโดยการใช้สมการการดูดซับแบบแลงเมียร์และสมการการดูดซับแบบฟรุนดลิคช์ มีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R^2) เท่ากับ 0.886 และ 0.801 ตามลำดับ ค่า 1/n คือ ค่าความชันของกราฟ ซึ่งพบว่าค่า 1/n สมการไอโซเทอร์มการดูดซับแบบแลงเมียร์และสมการไอโซเทอร์มการดูดซับแบบฟรุนดลิคช์เท่ากับ 2.525 และ 0.701 ตามลำดับ

1.3.4 ประสิทธิภาพของถ่านเปลือกตาลโตนด ในการบำบัดสี ซีโอดี บีโอดี ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและปริมาณตะกั่วในน้ำเสียจริงจากการย้อมสีกระจูด

นำน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีกระจูดสีแดงสด ในชุมชนบ้านทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง ใช้ปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดขนาด 40-60 mesh ปริมาณ 0.7 กรัม นำไปกวนเขย่าด้วยเครื่องกวนเขย่าควบคุมอุณหภูมิความเร็วรอบ 120 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 1.0 ชั่วโมง ศึกษาค่า สี ค่าพีเอช ค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และปริมาณตะกั่ว พบว่า ค่าสีซึ่งวัดในรูปของการดูดกลืนแสงของน้ำย้อมสีกระจูดก่อนและหลังการบำบัด คือ 1.975 และ 0.490 ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 75.19 ค่าบีโอดี น้ำย้อมสีกระจูดก่อนและหลังการบำบัด คือ 550 และ 245 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 55.45 ค่าซีดีโอ ของน้ำย้อมสีกระจูดก่อนและหลังการบำบัด คือ 1,650 และ 520 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 68.48 ค่าบีโอดี:ค่าซีโอดี ของน้ำย้อมสีกระจูดก่อนและหลังการบำบัด คือ 0.33 และ 0.47 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ของน้ำย้อมสีกระจูดก่อนและหลังการบำบัด คือ 4,250 และ 1,200 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 71.76 ค่าการดูดซับ

ตะกั่ว ของน้ำย้อมสีกระจูดก่อนและหลังการบำบัด 0.12 และ 0.04 มิลลิกรัม/ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 66.67

2. อภิปรายผล

2.1 การหาปริมาณที่เหมาะสมของถ่านเปลือกตาลโตนดในการดูดซับสีและตะกั่ว โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ เพื่อศึกษาหาปริมาณถ่านที่เหมาะสมในการดูดซับสีและตะกั่ว ซึ่งปริมาณถ่านเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดูดซับสีและตะกั่ว แนวโน้มประสิทธิภาพของความสามารถในการดูดซับตะกั่วจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนด คือ ระหว่าง 0.01- 0.7 กรัม แต่เมื่อถึงจุดหนึ่งของปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดที่มากกว่า 0.7 กรัม คือ ช่วงปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนด 0.8 – 4.0 กรัม ประสิทธิภาพการดูดซับไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงหรือเกือบคงที่ แสดงว่าถึงจุดสมดุลของการดูดซับ ทั้งนี้การเพิ่มปริมาณตัวดูดซับที่มากขึ้น ในขณะที่ตัวถูกดูดซับที่มีปริมาณคงที่นั้นทำให้ปริมาณไอออนของโลหะที่ถูกกำจัดออกจากตัวถูกดูดซับมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณตัวดูดซับที่ใช้ ทั้งนี้เพราะการเพิ่มขึ้นของปริมาณตัวดูดซับดังกล่าวจะเป็นการเพิ่มจำนวนอนุภาคตัวดูดซับที่ดูดติดไอออนของโลหะด้วยสอดคล้องกับงานวิจัยของกิติโรจน์ หวันตาหลาและคณะ (2550) ที่กล่าวว่า เมื่อเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์ ความสามารถในการดูดซับสีย่อมเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัย เกษม สีมาพล และนรินทร ตันจ้อย (2546) ที่กล่าวว่า เมื่อน้ำหนักของตัวดูดซับเพิ่มมากขึ้น ประสิทธิภาพการดูดซับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มปริมาณเป็นการเพิ่มตำแหน่งที่ว่องไว (Active site) ในการดูดซับให้ไอออนของโลหะในน้ำเสียสามารถดูดซับที่ผิวของตัวดูดซับได้มากขึ้น แต่เมื่อถึงจุดหนึ่งพบว่าประสิทธิภาพการดูดซับมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ทั้งนี้อาจจะเกิดจากสาเหตุเนื่องมาจากเมื่อความเข้มข้นของไอออนในน้ำเสียลดลง (เนื่องจากการดูดซับ) ทำให้การแพร่ของไอออนจากสารละลายเข้าสู่ตำแหน่งที่ว่องไวลดลงด้วย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ เพ็ญศรี ปลอดภัย (2546) ที่กล่าวว่า โมเลกุลของตัวดูดซับส่วนแรกๆ จะเคลื่อนที่เข้าไปยังผิวว่างๆ ก่อน และถูกดูดซับ ณ ส่วนที่น่าจะเกิดการดูดซับได้ดี (Attractive Sites) หรือตำแหน่งที่มีพลังงานต่ำ ขณะที่การดูดซับดำเนินไปเรื่อยๆ บริเวณที่ว่างนั้นลดลงไป ดังนั้นการดูดซับเกิดขึ้นในส่วนที่ถัดไปจะช้าลง อย่างไรก็ตามจากผลการทำลองประสิทธิภาพการดูดซับปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ 0.7 กรัม แต่การนำไปใช้จริงควรคำนึงถึงปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดหลังจากการใช้แล้วที่จะต้องกำจัด ซึ่งจากการทดลองพบว่าที่ปริมาณถ่านเปลือกถ่านโตนดที่ปริมาณ 0.4 กรัม มีประสิทธิภาพในการดูดซับไม่แตกต่างกันกับปริมาณถ่าน 0.7 กรัม เพื่อเป็นการลดปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดที่เกิดขึ้น การนำไปใช้จริงควรใช้ปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดที่ 0.4 กรัม

2.2 การหาเวลาที่สมดุลของถ่านเปลือกตาลโตนดในการดูดซับสีและตะกั่ว โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ เพื่อศึกษาการหาเวลาที่สมดุลของถ่านเปลือกตาลโตนดในการดูดซับสีและตะกั่ว ประสิทธิภาพในการดูดซับสีและตะกั่ว อัตราการดูดติดผิวตะกั่วเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาสัมผัสระหว่าง 0-1.0 ชั่วโมง สังเกตได้จากความชันของกราฟ เนื่องจากเมื่อเพิ่มเวลาในการดูดซับ จะทำให้ไอออนในน้ำเสียแพร่กระจายไปยังจุดที่ไวต่อการดูดซับเพิ่มขึ้น ทำให้ร้อยละของการดูดซับสูงขึ้นเมื่อเวลาสูงขึ้น และจะดีที่สุดที่เวลาเท่ากับ 1 ชั่วโมง แต่ผลการทดลองเมื่อเวลาเพิ่มสูงขึ้นช่วง 1.5 – 5.0 ชั่วโมง ร้อยละในการดูดซับจะไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง หรือเกือบจะคงที่ เนื่องจากถึงจุดสมดุล ซึ่งนั่นคืออัตราการดูดซับ (Rate of adsorption) มีค่าเท่ากับอัตราการคายออก (Rate of desorption) สอดคล้องกับงานวิจัยของ จรรยา คงฤทธิ์ และคณะ (2549) ที่กล่าวว่า แนวโน้มของประสิทธิภาพการดูดซับจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อถึงจุดหนึ่งประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วจะเริ่มคงที่ ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่อเริ่มทำการดูดซับระยะเวลาจะเพิ่มขึ้น พื้นที่ผิวของดินเหนียวจะถูกประจุของตะกั่วจับตัวมากขึ้น ทำให้ตำแหน่งในการยึดเกาะน้อยลง และสอดคล้องกับงานวิจัยของสุจินต์ เอี่ยมปี (2544) ที่กล่าวว่า น้ำทิ้งมีเวลาสัมผัสในชั้นของถ่านกัมมันต์นานกว่าทำให้มีโอกาสถูกดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ได้มากขึ้นโดยประสิทธิภาพในการบำบัดของชั่วโมงแรกๆ จะสูงกว่าชั่วโมงหลังๆ ซึ่งเป็นเพราะในระยะเวลาแรกๆ พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ยังมีมาก แต่เมื่อน้ำทิ้งผ่านชั้นกัมมันต์นานขึ้นพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์จะลดลง เนื่องจากอนุภาคของสี สารอินทรีย์และมลสารต่างๆ ถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของถ่านกัมมันต์มากขึ้นทำให้พื้นที่ผิวที่เหลือของถ่านกัมมันต์ลดลงทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดลดลง

2.3 การศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับตะกั่วของน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้ถ่านเปลือกตาลโตนด โดยการเปรียบเทียบทั้ง 2 สมการ คือไอโซเทอร์มการดูดซับแบบแลงเมียร์และไอโซเทอร์มการดูดซับแบบฟรุนดลิคช์ นำข้อมูล ประสิทธิภาพการบำบัดตะกั่วของน้ำเสียสังเคราะห์ในปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดต่างๆ ตารางที่ 4.4 มาคำนวณและแทนค่าข้อมูลที่ได้ของตารางที่ 4.7 ในสมการเส้นตรงของไอโซเทอร์มการดูดซับแบบแลงเมียร์และแบบฟรุนดลิคช์ พบว่า สมการเส้นตรงของไอโซเทอร์มการดูดซับแบบแลงเมียร์และแบบฟรุนดลิคช์ ของถ่านเปลือกตาลโตนด มีค่ามีสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R^2) เท่ากับ 0.886 และ 0.801 ตามลำดับ ซึ่งค่าR^2 มีค่าต่ำสุดที่ 0 แสดงว่ามีความน่าเชื่อถือต่ำที่สุด และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1 แสดงว่ามีความน่าเชื่อถือมากที่สุด ศศิธร นามโคตร (2551) ซึ่งค่า R^2 ของไอโซเทอร์มการดูดซับแบบแลงเมียร์มีค่าเข้าใกล้ 1 มากกว่า การดูดซับของถ่านเปลือกตาลโตนดมีแนวโน้มสอดคล้องกับสมการไอโซเทอร์มการดูดซับแบบแลงเมียร์มากกว่าสมการไอโซเทอร์มการดูดซับแบบฟรุนดลิคช์ สอดคล้องกับงานวิจัยของคมสันต์ กุศล (2551) ที่กล่าวว่า การดูดซับไอออนโลหะด้วย XSMANH และ XSMADA เป็นไปตามสมการไอโซเทอร์มการดูดซับแบบแลงเมียร์ คือ การดูดติดผิวจะเกิดขึ้นที่ผิวของโคพอลิเมอร์และสามารถดูดซับไอออน

ของโลหะหนักได้เพียงชั้นเดียว (Monolayer adsorption) และสอดคล้องกับงานวิจัยของภูมิพัฒน์ รัตนตรัยเจริญ และคนคณะ (2548) ศึกษาการดูดซับไอออนโพแทสเซียมและสังกะสีโดยใช้เถ้าแกลบ เป็นไปตามสมการไอโซเทอร์มการดูดซับแบบแลงเมียร์ โดยเถ้าแกลบสามารถดูดซับได้มากที่สุด เท่ากับ 11.56 มิลลิกรัม/กรัม และค่าคงที่ในการดูดซับ 1.09 ลิตร/มิลลิกรัม โดยค่า 1/n คือ ค่าความชัน ของกราฟ แสดงถึงขีดความสามารถในการดูดติดผิว ซึ่งพบว่าค่า 1/n สมการไอโซเทอร์มการดูดซับ แบบแลงเมียร์และสมการไอโซเทอร์มการดูดซับแบบฟรุนดลิคช์เท่ากับ 3.776 และ 0.945 ตามลำดับ ซึ่งค่าความชันสามารถบอกถึงความสามารถในการดูดซับได้ด้วย

แบบจำลองการดูดซับแบบแลงเมียร์สามารถใช้อธิบายการดูดซับแบบกายภาพ บนพื้นผิวผสมโดย การดูดซับของโมเลกุลหรืออะตอมเกิดขึ้นบนพื้นที่ผิวในขอบเขตที่จำกัด แต่ละ ตำแหน่งบนพื้นผิวสามารถดูดซับได้เพียง 1 อะตอมหรือ 1โมเลกุลเท่านั้นพลังงานในการดูดซับ จะเท่ากันทุกจุดและแต่ละโมเลกุลของตัวถูกดูดซับจะไม่มีแรงหรือปฏิกิริยาต่อกัน ทำให้เกิดพื้นผิว ดูดซับแบบเนื้อเดียว (homogeneous surface) ด้วยการดูดซับแบบชั้นเดียว พีระ ชนะชัย (2548) กลไก การดูดซับของแลงเมียร์ คือ พื้นผิวบนตัวดูดซับเป็นแบบเดียวกันหมด มีกลไกการดูดซับเหมือนกัน การดูดซับของตัวถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับเป็นแบบชั้นเดียว ตัวถูกดูดซับจะจัดเรียงตัวเพียง ชั้นเดียวบนพื้นผิวตัวดูดซับ โดยที่โมเลกุลตัวถูกดูดซับไม่เกิดการซ้อนทับกัน พื้นผิวบนตัวดูดซับ จะมีจำนวนจำกัด และเมื่อตัวถูกดูดซับถูกดูดซับไว้แล้วจะไม่มีการเคลื่อนที่ หรือเปลี่ยนตำแหน่งกัน กับตัวถูกดูดซับอื่นบนพื้นผิวตัวดูดซับ พื้นผิวตัวดูดซับจะถูกปกคลุมด้วยตัวถูกดูดซับมากขึ้น เมื่อความ เข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น จนมีตัวถูกดูดซับถูกดูดซับจนอิ่มตัว นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์ (2550)

การดูดซับตามสมการฟรุนดลิคช์ เกิดจากสมมติฐานจากพื้นผิวหลายชั้น (heterogeneous surface) ด้วยการกระจายตัวแบบไม่สม่ำเสมอของความร้อนของการดูดซับบนพื้นผิว ที่เกิดจากการดูดซับแบบหลายชั้น (multilayer sorption) โดยสมการไอโซเทอร์มการดูดซับแบบ ฟรุนดลิคช์ที่มีความชัน (1/n) ถ้า $n > 1$ แสดงถึงว่า ตัวดูดซับที่ใช้มีความสามารถ ในการดูดซับตัว ถูกละลายหรือตัวถูกดูดซับได้ดี เมื่อความชันสูงขึ้น และถ้า $1 < n < 10$ แสดงว่าปฏิกิริยาการดูดซับ กำลังดำเนินไปได้ด้วยดี แต่ถ้า 1/n มีค่าน้อยกว่า 1 มาก ๆ ($1/n << 1$) ความสามารถในการบำบัด จะค่อยๆ ลดลง ตามความเข้มข้นที่น้อยลงด้วย นอกจากนี้ค่า K สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของสารดูดซับได้ด้วย เนื่องจากเป็นค่าที่แสดงความหนาแน่นของการดูดติดผิว โดยค่า K ที่มากส่งผล ให้ความหนาแน่นของการดูดติดผิวมากขึ้นด้วย เป็นค่าความจุของการดูดติดผิว ถ้าค่า K สูงแสดงว่า มีความสามารถในการดูดซับดี สุชาดา สุทธิพิบูลย์ (2547)

2.4 การหาประสิทธิภาพของถ่านเปลือกตาลโตนดในการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมสีกระจูด ของปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดเท่ากับ 0.7 กรัม ที่เวลา 1.0 ชั่วโมง ศึกษาค่าสี ค่าพีเอช ค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และปริมาณตะกั่ว ในน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีกระจูดสีแดงสดในชุมชนบ้านทะเลน้อย ผลที่ได้จากการทดลองน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านเปลือกตาลโตนด ขนาด 40-60 mesh เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) และกำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกนอกโรงงาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ.2539) พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 พบว่า มีพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ ค่าบีโอดีหลังการบำบัดมีค่าเท่ากับ 245 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (ไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร) และ ค่าซีโอดีหลังการบำบัดมีค่าเท่ากับ 520 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (ไม่เกิน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร)

3. การนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

ชุมชนทะเลน้อยเป็นแหล่งทำผลิตภัณฑ์จากกระจูด ซึ่งจะปล่อยน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีกระจูดลงสู่แหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อม ที่ขาดกระบวนการบำบัด ซึ่งผู้ประกอบอาชีพทำผลิตภัณฑ์จากกระจูดดังกล่าวยังขาดความรู้และตระหนักในการรักษาสิ่งแวดล้อม จากผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้หาวิธีการบำบัดน้ำเสียที่สามารถนำถ่านเปลือกตาลโตนดมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้จริง ซึ่งสามารถทำได้ภายในครัวเรือนหรือชุมชน โดยมีวิธีการดังนี้

3.1 สร้างบ่อซีเมนต์ในการเก็บกักน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีกระจูด รวบรวมน้ำเสียเพื่อเป็นการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมสีกระจูดขั้นต้น โดยนำน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีกระจูดมากรองเพื่อเอาเศษกระจูดหรือกากตะกอนขนาดใหญ่ออก กักเก็บน้ำเสียไว้ในบ่อซีเมนต์ ดังภาพที่ 5.1

ภาพที่ 5.1 บ่อซีเมนต์เพื่อเก็บน้ำเสียจาการย้อมสีกระจูด

3.2 สร้างคอลัมน์ด้วยท่อพีวีซี ซึ่งสามารถออกแบบได้เองบรรจุถ่านเปลือกตาลโตนดและนำน้ำเสียที่มาจากบ่อกักเก็บน้ำผ่านคอลัมน์ เพื่อให้ได้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านเปลือกตาลโตนด

4. ข้อเสนอแนะ

4.1 การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

4.1.1 หน่วยงานผู้รับผิดชอบหรือเกี่ยวข้องสามารถนำถ่านเปลือกตาลโตนดไปใช้ในการออกแบบหรือประยุกต์ใช้ต่อไปในการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมสีกระจูด

4.1.2 ผู้ประกอบอาชีพผลิตผลิตภัณฑ์จากกระจูดสามารถบำบัดน้ำเสียจากการย้อมสีกระจูดได้ภายในครัวเรือนหรือกลุ่มผู้ประกอบอาชีพ

4.2 การวิจัยครั้งต่อไป

4.2.1 ควรเลือกศึกษาน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนหลายๆ โทนสี เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับสีและตะกั่ว

4.2.2 ควรมีการศึกษาของถ่านเปลือกตาลโตนดในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งอื่น ๆ เช่น น้ำเสียจากการเครื่องถมนครศรีธรรมราช เป็นต้น เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัด

4.2.3 ควรศึกษาหาวิธีการกำจัดถ่านเปลือกตาลโตนดที่ใช้แล้ว

4.2.4 ควรนำน้ำจากทะเลน้อยและแหล่งน้ำใกล้เคียงมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อจะได้ทราบสถานการณ์คุณภาพน้ำ