

## บทที่ 4

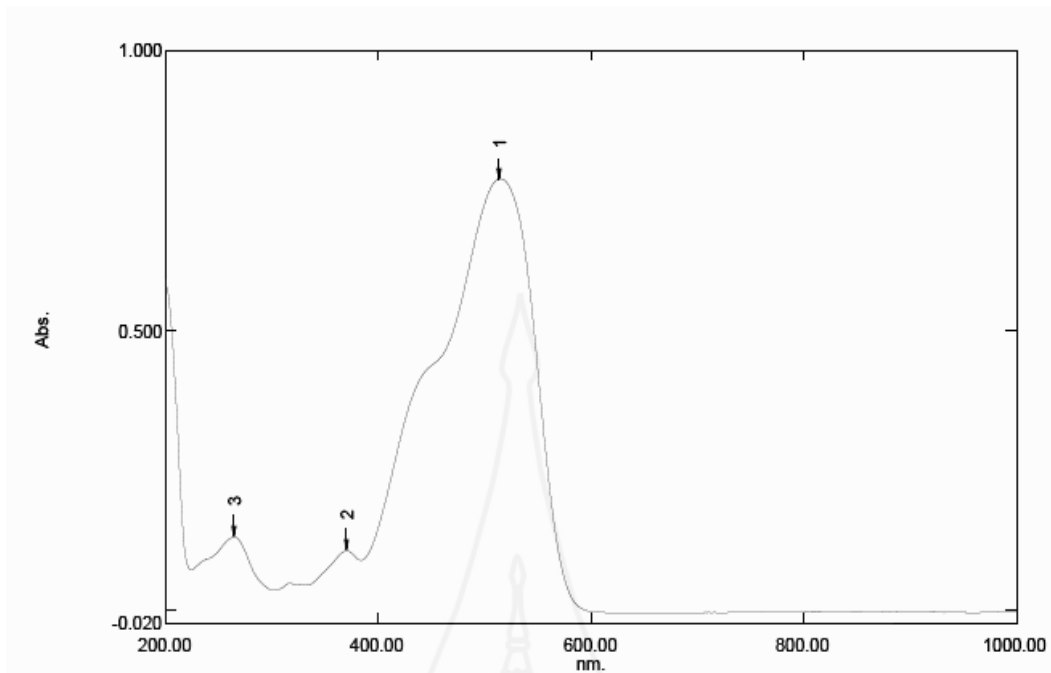
### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีและตะกั่วของถ่านเปลือกตาลโตนด ในการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมสีกระดาษ ซึ่งทำการทดลองแบบทีละเท (Batch Experiment) โดยวิธีการใช้น้ำเสียสังเคราะห์สีแดงสด ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการดูดซับสี ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และน้ำเสียสังเคราะห์ตะกั่วความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่ว โดยศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมและเวลาที่สมควร ในการดูดซับสีและตะกั่ว พร้อมทั้งศึกษาสมการไอโซเทอรัมของการดูดซับตะกั่วของถ่านเปลือกตาลโตนด และหาประสิทธิภาพของถ่านเปลือกตาลโตนด ในการบำบัดสี บีโอดี ซีโอดี ของแฉ่งละลายน้ำทั้งหมดและปริมาณตะกั่วของน้ำเสียจริงจากการย้อมสีกระดาษ ซึ่งได้ผลการทดลองได้ดังนี้

#### 1. การหาปริมาณที่เหมาะสมในการดูดซับสีและตะกั่ว ในน้ำเสียจากการย้อมสีกระดาษด้วยถ่านเปลือกตาลโตนด

##### 1.1 การหาความยาวคลื่นที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์

นำสีย้อมกระดาษสีแดงสดมาละลายน้ำกลั่นเพื่อให้ได้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มาวัดค่าการดูดกลืนแสง เพื่อสแกนหาความยาวคลื่นแสงที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยใช้น้ำกลั่นเป็นแบล็ก (Blank) นำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงกับความยาวคลื่น ซึ่งจากการสแกนหาความยาวคลื่นแสงที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ได้ค่าความยาวคลื่นสูงสุดเท่ากับ 548 นาโนเมตร ซึ่งจะนำไปใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป ซึ่งได้ผลการทดลองดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 กราฟการสแกนหาความยาวคลื่นสูงสุด

## 1.2 การหาปริมาณที่เหมาะสมของถ่านเปลือกตาลโดนดในการดูดซับสีและตะกั่ว โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์

น้ำเสียสังเคราะห์สีแดงสดความเข้มข้นสี 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีความเข้มข้นตะกั่ว เท่ากับ 0.17 มิลลิกรัมต่อลิตร มาใส่ขวดรูปกรวยปริมาตรขวดละ 100 มิลลิลิตร จำนวน 10 ขวด แล้วใส่ถ่านเปลือกตาลโดนด ที่มีขนาดระหว่าง 40-60 mesh ปริมาณ 0, 0.01, 0.02, 0.04, 0.1, 0.2, 0.4, 1.0, 2.0 และ 4.0 กรัม ลงในแต่ละขวดตามลำดับ นำไปเขย่าด้วยเครื่องกวนเขย่าควบคุมอุณหภูมิ ความเร็วรอบ 120 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำ 3 ซ้ำ เพื่อศึกษา

**1.2.1 การดูดซับสีของถ่านเปลือกตาลโดนด** โดยการนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ในปริมาณถ่านเปลือกตาลโดนดตามลำดับต่อไปนี้ 0, 0.01, 0.02, 0.04, 0.1, 0.2, 0.4, 1.0, 2.0 และ 4.0 กรัม จากการวัดค่าการดูดซับมีประสิทธิภาพในการดูดซับสีเฉลี่ยร้อยละ 0, 6.68, 9.96, 13.91, 39.33, 55.71, 77.33, 72.32, 55.80 และ 41.24 ตามลำดับ

จากการทดลองดูดซับสีในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านเปลือกตาลโดนด ที่มีขนาดระหว่าง 40-60 mesh เพื่อหาประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด ซึ่งการเพิ่มปริมาณถ่านเปลือกตาลโดนดมีแนวโน้มว่าทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงขึ้น โดยประสิทธิภาพการดูดซับสีสูงสุด

ร้อยละ 77.33 ที่ปริมาณถ่านเปลือกตาลโดนดเท่ากับ 0.4 กรัม และรองลงมาร้อยละ 72.32 ที่ปริมาณถ่านเปลือกตาลโดนดเท่ากับ 1.0 กรัม ซึ่งผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ประสิทธิภาพการดูดซับสีในน้ำเสียสังเคราะห์

| ลำดับ | ถ่านเปลือก<br>ตาลโดนด<br>(g) | ค่าเฉลี่ยการ<br>ดูดกลืนแสง<br>(cm <sup>-1</sup> ) | อัตราการ<br>เจือจาง<br>X factor | ค่าการดูดกลืน<br>แสง X factor<br>(cm <sup>-1</sup> ) | ประสิทธิภาพ<br>การดูดซับ<br>สี(ร้อยละ) | ค่า<br>S.D. |
|-------|------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------|
| 1     | 0                            | 0.733                                             | 3                               | 2.199                                                | 0                                      | 0           |
| 2     | 0.01                         | 0.684                                             | 3                               | 2.052                                                | 6.68                                   | 0.013       |
| 3     | 0.02                         | 0.660                                             | 3                               | 1.980                                                | 9.96                                   | 0.006       |
| 4     | 0.04                         | 0.631                                             | 3                               | 1.893                                                | 13.91                                  | 0.012       |
| 5     | 0.1                          | 0.667                                             | 2                               | 1.334                                                | 39.33                                  | 0.010       |
| 6     | 0.2                          | 0.973                                             | 1                               | 0.973                                                | 55.71                                  | 0.014       |
| 7     | 0.4                          | 0.498                                             | 1                               | 0.498                                                | 77.33                                  | 0.014       |
| 8     | 1.0                          | 0.608                                             | 1                               | 0.608                                                | 72.32                                  | 0.016       |
| 9     | 2.0                          | 0.971                                             | 1                               | 0.971                                                | 55.80                                  | 0.019       |
| 10    | 4.0                          | 1.291                                             | 1                               | 1.291                                                | 41.24                                  | 0.015       |

**1.2.2 การดูดซับตะกั่วของถ่านเปลือกตาลโดนด** โดยหาความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านกระบวนการย่อยพร้อมปรับปริมาตรมาวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอ็บซอร์ฟชันสเปกโทรมิเตอร์ (AAS) ซึ่งมีค่าปริมาณตะกั่วเริ่มต้น 0.17 มิลลิกรัมต่อลิตร จากผลการทดลองเนื่องจากปริมาณตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์มีปริมาณน้อย ทำให้ผลการทดลองไม่พบปริมาณตะกั่วในปริมาณถ่านเปลือกตาลโดนดที่มากขึ้น จึงได้เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ตะกั่วที่มีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อใช้ในการทดลองในการหาประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วโดยใช้ปริมาณถ่านเปลือกตาลโดนดปริมาณต่างๆ ตามข้างต้น

การดูดซับตะกั่วของถ่านเปลือกตาลโดนด ในปริมาณถ่านเปลือกตาลโดนด ตามลำดับต่อไปนี้ 0, 0.01, 0.02, 0.04, 0.1, 0.2, 0.4, 1.0, 2.0 และ 4.0 กรัม โดยมีความเข้มข้นของตะกั่วเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อหาประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วโดยใช้ถ่านเปลือกตาลโดนด

ได้ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วเฉลี่ยร้อยละ 0, 3.3, 8.8, 19.10, 28.90, 37.90, 64.00, 65.80, 63.30 และ 61.10 ตามลำดับ

จากการทดลองการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านเปลือกตาลโตนด ที่มีขนาดระหว่าง 40-60 mesh เพื่อหาประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด ซึ่งการเพิ่มปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดมีแนวโน้มว่าทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงขึ้น โดยประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วสูงสุดร้อยละ 65.80 ที่ปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดเท่ากับ 1.0 กรัม และรองลงมาร้อยละ 64.00 ที่ปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดเท่ากับ 0.4 กรัม ซึ่งผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์

| ลำดับ | ถ่านเปลือกตาลโตนด (g) | ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นตะกั่ว (mg/l) | ประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่ว (ร้อยละ) | ค่า S.D. |
|-------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------|
| 1     | 0                     | 10.00                             | 0                                   | 0        |
| 2     | 0.01                  | 9.67                              | 3.30                                | 0.193    |
| 3     | 0.02                  | 9.12                              | 8.80                                | 0.180    |
| 4     | 0.04                  | 8.09                              | 19.10                               | 0.174    |
| 5     | 0.1                   | 7.11                              | 28.90                               | 0.187    |
| 6     | 0.2                   | 6.21                              | 37.90                               | 0.187    |
| 7     | 0.4                   | 3.60                              | 64.00                               | 0.111    |
| 8     | 1.0                   | 3.42                              | 65.80                               | 0.170    |
| 9     | 2.0                   | 3.67                              | 63.30                               | 0.180    |
| 10    | 4.0                   | 3.89                              | 61.10                               | 0.218    |

จากผลการหาปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดที่เหมาะสมในการดูดซับสีและตะกั่ว โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ ในการหาประสิทธิภาพของถ่านเปลือกตาลโตนดในการดูดซับสีและตะกั่ว ได้ผลการทดลองดังนี้ ประสิทธิภาพในการดูดซับสีที่ดีที่สุดที่ปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดเท่ากับ 0.4 กรัม มีประสิทธิภาพร้อยละ 77.33 และรองลงมาคือปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดเท่ากับ 1.0 กรัม มีประสิทธิภาพร้อยละ 72.32 (จากตารางที่ 4.1) ส่วนประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วที่ดีที่สุดที่ปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดเท่ากับ 1.0 กรัม มีประสิทธิภาพร้อยละ 65.80 และรองลงมาคือปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดเท่ากับ 0.4 กรัม มีประสิทธิภาพร้อยละ 64.50 (จากตารางที่ 4.2) ซึ่งยัง

ไม่สามารถสรุปได้ว่าปริมาณถ่านเปลือกตาลโดนดเท่าใดที่เหมาะสมที่สุดในการดูดซับสีและตะกั่ว แต่เบื้องต้นทราบปริมาณถ่านเปลือกตาลโดนดอยู่ในช่วง 0.4–1.0 กรัม จึงต้องมีการทดลองซ้ำในช่วงปริมาณถ่านเปลือกตาลโดนดระหว่าง 0.4–1.0 กรัม โดยเพิ่มความละเอียดในช่วงระหว่างปริมาณถ่านเปลือกตาลโดนดดังกล่าว ซึ่งการทดลองในครั้งนี้ได้กำหนดให้มีการทดลองซ้ำทุกช่วงปริมาณถ่านเปลือกตาลโดนดเพื่อให้ผลที่แน่นอนอีกครั้ง ดังต่อไปนี้

การดูดซับสีของถ่านเปลือกตาลโดนด ในปริมาณถ่านเปลือกตาลโดนดตามลำดับต่อไปนี้ 0, 0.01, 0.02, 0.04, 0.1, 0.2, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 2.0 และ 4.0 กรัม มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีเฉลี่ยร้อยละ 0, 6.57, 9.30, 13.40, 39.08, 55.83, 77.00, 77.82, 78.14, 79.69, 78.63, 75.32, 72.68, 55.60 และ 41.39 ตามลำดับดังตารางที่ 4.3

จากการทดลองดูดซับสีในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านเปลือกตาลโดนดที่มีขนาดระหว่าง 40-60 mesh เพื่อหาประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด ซึ่งการเพิ่มปริมาณถ่านเปลือกตาลโดนดมีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณถ่านเปลือกตาลโดนดความสามารถในการดูดซับสีย่อมเพิ่มขึ้นโดยประสิทธิภาพการดูดซับสีสูงสุดร้อยละ 79.69 ที่ปริมาณถ่านเปลือกตาลโดนดเท่ากับ 0.7 กรัม และรองลงมาร้อยละ 78.63 ที่ปริมาณถ่านเปลือกตาลโดนดเท่ากับ 0.8 กรัม และนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการดูดซับสีของน้ำเสียสังเคราะห์ในปริมาณถ่านเปลือกตาลโดนดต่างๆ ดังภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพการดูดซับสีในน้ำเสียสังเคราะห์

| ลำดับ | ถ่านเปลือกตาลโดนด (g) | ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสง (cm <sup>-1</sup> ) | อัตราการเจือจาง X factor | ค่าการดูดกลืนแสง X factor (cm <sup>-1</sup> ) | ประสิทธิภาพการดูดซับสี (ร้อยละ) | ค่า S.D. |
|-------|-----------------------|--------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------|----------|
| 1     | 0                     | 0.731                                      | 3                        | 2.193                                         | 0                               | 0        |
| 2     | 0.01                  | 0.683                                      | 3                        | 2.049                                         | 6.57                            | 0.007    |
| 3     | 0.02                  | 0.663                                      | 3                        | 1.989                                         | 9.30                            | 0.006    |
| 4     | 0.04                  | 0.633                                      | 3                        | 1.899                                         | 13.40                           | 0.012    |
| 5     | 0.1                   | 0.668                                      | 2                        | 1.336                                         | 39.08                           | 0.010    |
| 6     | 0.2                   | 0.970                                      | 1                        | 0.970                                         | 55.83                           | 0.014    |
| 7     | 0.4                   | 0.505                                      | 1                        | 0.505                                         | 77.00                           | 0.007    |
| 8     | 0.5                   | 0.487                                      | 1                        | 0.487                                         | 77.82                           | 0.007    |

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

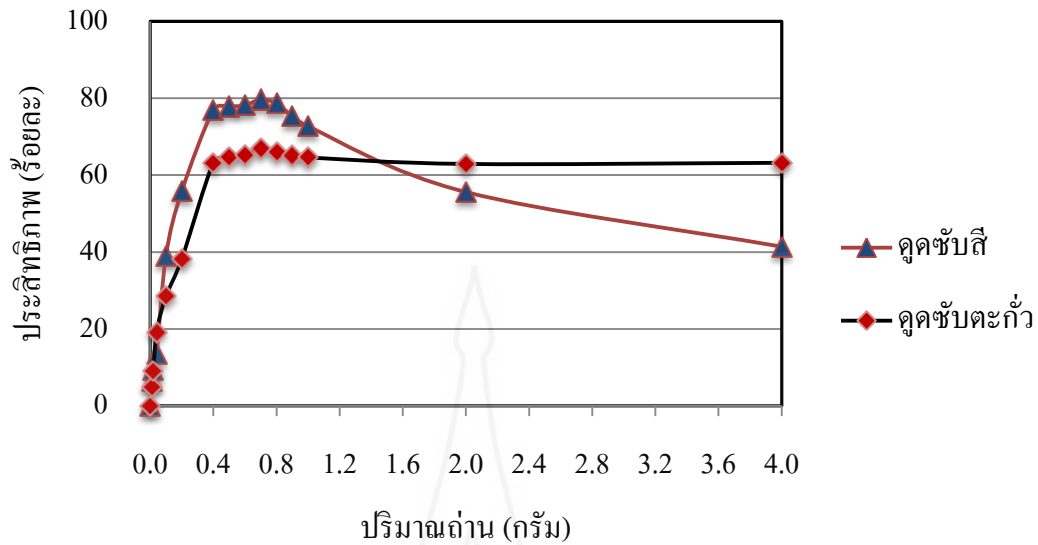
| ลำดับ | ถ่านเปลือก<br>ตาลโตนด (g) | ค่าเฉลี่ยการ<br>ดูดกลืนแสง<br>(cm <sup>-1</sup> ) | อัตราการ<br>เจือจาง<br>X factor | ค่าการดูดกลืน<br>แสง X factor<br>(cm <sup>-1</sup> ) | ประสิทธิภาพ<br>การดูดซับสี<br>(ร้อยละ) | ค่า S.D. |
|-------|---------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------|
| 9     | 0.6                       | 0.480                                             | 1                               | 0.480                                                | 78.14                                  | 0.006    |
| 10    | 0.7                       | 0.446                                             | 1                               | 0.446                                                | 79.69                                  | 0.008    |
| 11    | 0.8                       | 0.469                                             | 1                               | 0.469                                                | 78.63                                  | 0.009    |
| 12    | 0.9                       | 0.542                                             | 1                               | 0.542                                                | 75.32                                  | 0.014    |
| 13    | 1.0                       | 0.600                                             | 1                               | 0.600                                                | 72.68                                  | 0.016    |
| 14    | 2.0                       | 0.975                                             | 1                               | 0.975                                                | 55.60                                  | 0.009    |
| 15    | 4.0                       | 1.287                                             | 1                               | 1.287                                                | 41.39                                  | 0.014    |

การดูดซับตะกั่วของถ่านเปลือกตาลโตนด ในปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนด ตามลำดับต่อไปนี้ 0, 0.01, 0.02, 0.04, 0.1, 0.2, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 2.0 และ 4.0 กรัม โดยใช้ น้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นของตะกั่วเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการดูดซับ ตะกั่วเฉลี่ยร้อยละ 0, 5.00, 9.00, 19.10, 28.50, 38.20, 63.20, 64.60, 65.30, 66.90, 66.00, 65.10, 64.60, 62.90 และ 63.20 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.4

จากการทดลองดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านเปลือกตาลโตนด ที่มีขนาดระหว่าง 40-60 mesh เพื่อหาประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด ซึ่งการเพิ่มปริมาณถ่านเปลือก ตาลโตนดมีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงขึ้น โดยประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วสูงสุด ร้อยละ 66.90 ที่ปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดเท่ากับ 0.7 กรัม และรองลงมาร้อยละ 66.00 ที่ปริมาณ ถ่านเปลือกตาลโตนดเท่ากับ 0.8 กรัม และนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพ การดูดซับตะกั่วของน้ำเสียสังเคราะห์ในปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดต่างๆ ดังภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์

| ลำดับ | ถ่านเปลือก<br>ตาลโตนด (g) | ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น<br>ตะกั่ว (mg/l) | ประสิทธิภาพการดูดซับ<br>ตะกั่ว (ร้อยละ) | ค่า S.D. |
|-------|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|----------|
| 1     | 0                         | 10.00                                 | 0                                       | 0        |
| 2     | 0.01                      | 9.50                                  | 5.00                                    | 0.175    |
| 3     | 0.02                      | 9.10                                  | 9.00                                    | 0.141    |
| 4     | 0.04                      | 8.09                                  | 19.10                                   | 0.175    |
| 5     | 0.1                       | 7.15                                  | 28.50                                   | 0.115    |
| 6     | 0.2                       | 6.18                                  | 38.20                                   | 0.139    |
| 7     | 0.4                       | 3.68                                  | 63.20                                   | 0.140    |
| 8     | 0.5                       | 3.54                                  | 64.60                                   | 0.118    |
| 9     | 0.6                       | 3.47                                  | 65.30                                   | 0.108    |
| 10    | 0.7                       | 3.31                                  | 66.90                                   | 0.187    |
| 11    | 0.8                       | 3.40                                  | 66.00                                   | 0.089    |
| 12    | 0.9                       | 3.49                                  | 65.10                                   | 0.092    |
| 13    | 1.0                       | 3.54                                  | 64.60                                   | 0.121    |
| 14    | 2.0                       | 3.71                                  | 62.90                                   | 0.193    |
| 15    | 4.0                       | 3.68                                  | 63.20                                   | 0.180    |



ภาพที่ 4.2 ประสิทธิภาพการดูดซับสีและตะกั่วของน้ำเสียสังเคราะห์ในปริมาณน้ำเกลือตาลโตนดต่างๆ

ปริมาณน้ำเกลือตาลโตนดที่เหมาะสมที่สุดในการดูดซับสีและตะกั่ว คือ ปริมาณน้ำเกลือตาลโตนดเท่ากับ 0.7 กรัม โดยมีประสิทธิภาพในการดูดซับสีร้อยละ 79.69 และ ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่ว ร้อยละ 66.90 ซึ่งจะนำผลการทดลองที่ได้ คือ ปริมาณน้ำเกลือตาลโตนด 0.7 กรัม ใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป

จากภาพที่ 4.2 ประสิทธิภาพของน้ำเกลือตาลโตนดที่ปริมาณต่างๆ ในการดูดซับสีและตะกั่ว เมื่อนำมาเขียนให้อยู่ในกราฟเดียวกันเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับสีและตะกั่ว พบว่าการเพิ่มปริมาณน้ำเกลือตาลโตนดมีแนวโน้ม ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงขึ้น โดยประสิทธิภาพการดูดซับสีจะสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณของน้ำเกลือตาลโตนดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสังเกตได้จากความชันของกราฟ พบว่ามีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดร้อยละ 79.69 ที่ปริมาณน้ำเกลือตาลโตนดเท่ากับ 0.7 กรัม และเริ่มลดลงเรื่อยๆ อย่างช้าๆ แต่เมื่อปริมาณน้ำเกลือตาลโตนดที่เพิ่มขึ้นในปริมาณน้ำเกลือตาลโตนด ระหว่าง 2.0-4.0 กรัม ประสิทธิภาพการดูดซับสีจะเริ่มลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากปริมาณน้ำเกลือตาลโตนดมากเกินไป ทำให้น้ำของน้ำเกลือตาลโตนดละลายออกมาผสมกับน้ำเสีย ทำให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมีสีค้ำของน้ำเกลือตาลโตนดละลายออกมาด้วยทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับไม่ดีในปริมาณน้ำเกลือตาลโตนดที่สูงเกินไป

ประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งการเพิ่มปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดมีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงขึ้น โดยประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วสูงสุดร้อยละ 66.90 ที่ปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดเท่ากับ 0.7 กรัม และเมื่อปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดที่มากขึ้นประสิทธิภาพในการดูดซับเริ่มคงที่ เนื่องจากถึงจุดอิ่มตัวในการดูดซับ

## 2. การหาเวลาที่สมดุลของถ่านเปลือกตาลโตนดในการดูดซับสีและตะกั่ว ในน้ำเสียจากการย้อมสีกระดาษ

### 2.1 น้ำเสียสังเคราะห์สีแดงสด ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อหา

ประสิทธิภาพการดูดซับสี โดยใช้ น้ำเสียสังเคราะห์ปริมาตรขวดละ 100 มิลลิตร ทั้งหมด 11 ขวด เติมถ่านเปลือกตาลโตนด ที่มีขนาดระหว่าง 40-60 mesh ปริมาณเท่ากับ 0.7 กรัม นำไปเขย่าด้วยเครื่องกวนเขย่าควบคุมอุณหภูมิ ความเร็วรอบ 120 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แต่ละขวดที่ช่วงเวลาต่างๆ ที่เพิ่มขึ้นทุก 30 นาที จนครบ 5 ชั่วโมง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ได้ผลการทดลองดังนี้

การดูดซับสีของถ่านเปลือกตาลโตนด โดยการนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนดเท่ากับ 0.7 กรัม ที่ช่วงเวลาทุกๆ 30 นาที ที่เวลาดังต่อไปนี้ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 ชั่วโมง พบว่ามีประสิทธิภาพในการดูดซับสีเฉลี่ยร้อยละ 0, 70.14, 79.97, 78.24, 78.33, 78.65, 78.83, 78.74, 79.06, 78.92 และ 78.83 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.5

จากการทดลองดูดซับสีในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านเปลือกตาลโตนด ที่มีขนาดระหว่าง 40-60 mesh เพื่อหาประสิทธิภาพในการดูดซับสีสูงสุด ซึ่งการเพิ่มเวลามีแนวโน้ม ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงขึ้น โดยประสิทธิภาพการดูดซับสีสูงสุดร้อยละ 79.97 ที่เวลาเท่ากับ 1.0 ชั่วโมง และรองลงมาร้อยละ 79.06 ที่เวลาเท่ากับ 4.0 ชั่วโมง และนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการดูดซับสีในช่วงระยะเวลาต่างๆ ดังภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพการดูดซับสีในช่วงระยะเวลาต่างๆ

| เวลา<br>(ชั่วโมง) | ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสง<br>( $\text{cm}^{-1}$ ) | ประสิทธิภาพการดูดซับสี<br>(ร้อยละ) | ค่า S.D. |
|-------------------|------------------------------------------------|------------------------------------|----------|
| 0                 | 2.197                                          | 0                                  | 0        |
| 0.5               | 0.656                                          | 70.14                              | 0.013    |
| 1.0               | 0.440                                          | 79.97                              | 0.011    |
| 1.5               | 0.478                                          | 78.24                              | 0.017    |
| 2.0               | 0.476                                          | 78.33                              | 0.016    |
| 2.5               | 0.469                                          | 78.65                              | 0.015    |
| 3.0               | 0.465                                          | 78.83                              | 0.008    |
| 3.5               | 0.467                                          | 78.74                              | 0.013    |
| 4.0               | 0.460                                          | 79.06                              | 0.010    |
| 4.5               | 0.463                                          | 78.92                              | 0.009    |
| 5.0               | 0.465                                          | 78.83                              | 0.010    |

## 2.2 น้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้นที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อศึกษา

ประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่ว โดยใช้ น้ำเสียสังเคราะห์ปริมาตรขวดละ 100 มิลลิลิตร ทั้งหมด 11 ขวด เติมน้ำเกลือกลั่นที่มียุทธศาสตร์ระหว่าง 40-60 mesh ปริมาณ 0.7 กรัม ลงในแต่ละขวด ตามลำดับ นำไปเขย่าด้วยเครื่องกวนเขย่าควบคุมอุณหภูมิ ความเร็วรอบ 120 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แต่ละขวดที่ช่วงเวลาต่างๆ ที่เพิ่มขึ้นทุก 30 นาที ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ได้ผลการทดลองดังนี้

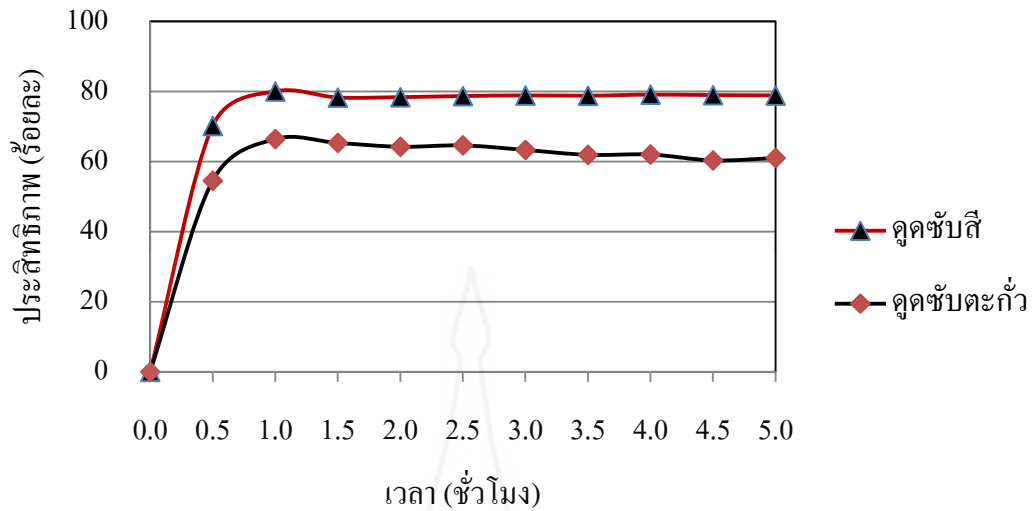
การดูดซับตะกั่วของถ่านเปลือกตาลโตนด ที่ผ่านกระบวนการย่อยพร้อมปรับปริมาตรวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอ็บซอร์ฟชันสเปกโตรมิเตอร์ (AAS) ในปริมาณถ่านเปลือกตาลโตนด 0.7 กรัม ที่ช่วงเวลาทุกๆ 30 นาที ในน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้นที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เวลาดังต่อไปนี้ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วเฉลี่ยร้อยละ 0, 54.50, 66.40, 65.30, 64.20 64.60, 63.30, 61.90, 62.00, 62.30 และ 61.00 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.6

จากการทดลองดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านเปลือกตาลโตนด ที่มีขนาดระหว่าง 40-60 mesh เพื่อหาประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด ซึ่งการเพิ่มเวลา มีแนวโน้มว่าทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงขึ้น แต่ถึงจุดหนึ่งจะคงที่ โดยประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วสูงสุดร้อยละ

66.40 ที่เวลาเท่ากับ 1.0 ชั่วโมง และรองลงมาร้อยละ 65.30 ที่เวลาเท่ากับ 1.5 ชั่วโมง และนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วในช่วงระยะเวลาต่างๆ ดังภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วในช่วงระยะเวลาต่างๆ

| เวลา<br>(ชั่วโมง) | ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นตะกั่ว<br>(mg/l) | ประสิทธิภาพการดูดซับ<br>ตะกั่ว (ร้อยละ) | ค่า S.D. |
|-------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|----------|
| 0                 | 10.00                                | 0                                       | 0        |
| 0.5               | 4.55                                 | 54.50                                   | 0.17     |
| 1.0               | 3.36                                 | 66.40                                   | 0.16     |
| 1.5               | 3.47                                 | 65.30                                   | 0.20     |
| 2.0               | 3.58                                 | 64.20                                   | 0.19     |
| 2.5               | 3.54                                 | 64.60                                   | 0.24     |
| 3.0               | 3.67                                 | 63.30                                   | 0.15     |
| 3.5               | 3.81                                 | 61.90                                   | 0.10     |
| 4.0               | 3.80                                 | 62.00                                   | 0.10     |
| 4.5               | 3.97                                 | 60.30                                   | 0.13     |
| 5.0               | 3.90                                 | 61.00                                   | 0.20     |



ภาพที่ 4.3 ประสิทธิภาพการดูดซับสีและตะกั่วในช่วงระยะเวลาต่างๆ

จากการหาเวลาที่สมดุลของถ่านเปลือกตาลโตนดในการดูดซับสีและตะกั่ว โดยใช้ น้ำเสียสังเคราะห์ พบว่าประสิทธิภาพของถ่านเปลือกตาลโตนดในการดูดซับสีและตะกั่ว ได้ผลการทดลองดังนี้ เวลาที่สมดุลในการดูดซับสีและตะกั่ว เท่ากับ 1.0 ชั่วโมง โดยมีประสิทธิภาพในการดูดซับสีที่ร้อยละ 78.24 และประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่ว ร้อยละ 68.75

จากภาพที่ 4.3 ประสิทธิภาพการดูดซับสีและตะกั่วของถ่านเปลือกตาลโตนด ที่ช่วงเวลาต่างๆ เมื่อนำมาเขียนให้อยู่ในกราฟเดียวกันเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับสีและตะกั่ว พบว่าเวลาในการดูดซับที่นานขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงขึ้น โดยประสิทธิภาพการดูดซับสีและตะกั่วจะสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นซึ่งสังเกตได้จากความชันของกราฟ ประสิทธิภาพการบำบัดสีและตะกั่วสูงสุด ที่เวลาเท่ากับ 1 ชั่วโมง และไม่ค่อยการเปลี่ยนแปลงหรือเกือบคงที่ เมื่อเวลาที่เพิ่มขึ้น

### 3. การศึกษาไอโซเทอร์มของการดูดซับตะกั่วของถ่านเปลือกตาลโตนด

การศึกษาความสามารถในการดูดซับของถ่านเปลือกถ่านโตนดในการดูดซับตะกั่วจากการทดลองครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบ 2 สมการ คือ ไอโซเทอร์มการดูดซับแบบแลงเมียร์และไอโซเทอร์มการดูดซับแบบฟรุนดลิช ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารดูดซับต่อน้ำหนักสารดูดซับกับความเข้มข้นของตะกั่วของสารดูดซับที่จุดสมดุล โดยเปรียบเทียบจากมีค่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient,  $R^2$ ) กับความสามารถในการดูดซับของสารดูดซับ (K) ความชันของกราฟ ( $1/m$ ) ซึ่งหาได้จาก Intercept และ  $1/\text{Slope}$  ตามลำดับ

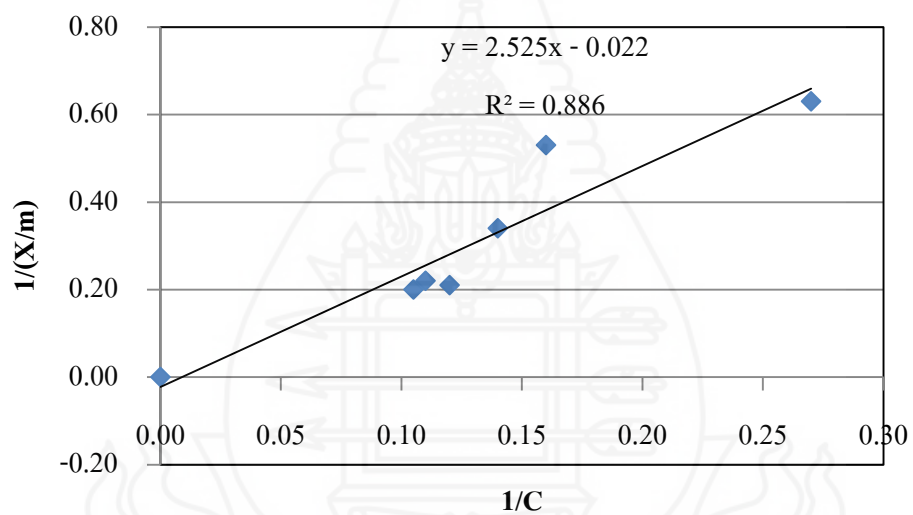
จากการทดลองที่ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยนำถ่านเปลือกโตนดมาดูดซับตะกั่ว ผลการทดลองได้ผลการดูดซับตะกั่วแสดงดังตารางที่ 4.5 และไอโซเทอร์มการดูดซับแบบแลงเมียร์ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $1/(x/m)$  และ  $1/C$  ดังภาพที่ 4.4 และไอโซเทอร์มการดูดซับแบบฟรุนดลิช ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $\log(x/m)$  และ  $\log C$  ดังภาพที่ 4.5 โดยแกนตั้ง หมายถึง จำนวนของตัวถูกละลายที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักของสารดูดซับ และแกนนอน หมายถึง ความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่จุดสมดุล ซึ่งจากตารางที่ 4.7 ผลการทดลองไอโซเทอร์มของการดูดซับ พบว่า เมื่อปริมาณสารดูดซับมากขึ้น ความเข้มข้นของตะกั่วจะมีความเข้มข้นลดลง

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองไอโซเทอร์มของการดูดซับ

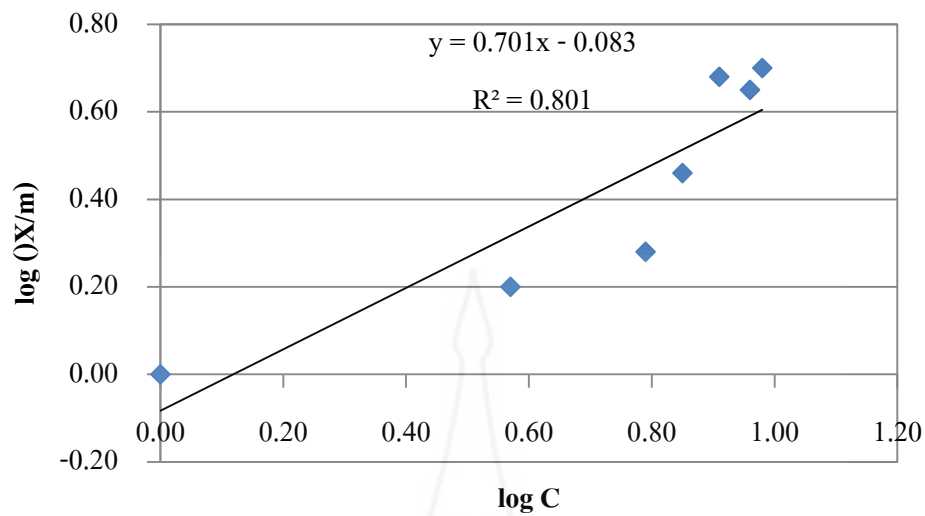
| ลำดับ | M (g) | C (mg/l) | X (mg) | X/m(mg/g) | 1/(X/m) | 1/C   | log(X/m) | log C |
|-------|-------|----------|--------|-----------|---------|-------|----------|-------|
| 1     | 0     | 10       | 0      | 0         | 0       | 0     | 0        | 0     |
| 2     | 0.01  | 9.50     | 0.05   | 5.0       | 0.20    | 0.105 | 0.70     | 0.98  |
| 3     | 0.02  | 9.10     | 0.09   | 4.5       | 0.22    | 0.11  | 0.65     | 0.96  |
| 4     | 0.04  | 8.09     | 0.19   | 4.75      | 0.21    | 0.12  | 0.68     | 0.91  |
| 5     | 0.1   | 7.15     | 0.29   | 2.90      | 0.34    | 0.14  | 0.46     | 0.85  |
| 6     | 0.2   | 6.18     | 0.38   | 1.90      | 0.53    | 0.16  | 0.28     | 0.79  |
| 7     | 0.4   | 3.68     | 0.63   | 1.58      | 0.63    | 0.27  | 0.20     | 0.57  |
| 8     | 0.5   | 3.54     | 0.65   | 1.30      | 0.77    | 0.28  | 0.11     | 0.55  |
| 9     | 0.6   | 3.47     | 0.65   | 1.08      | 0.93    | 0.29  | 0.033    | 0.54  |
| 10    | 0.7   | 3.31     | 0.67   | 0.96      | 1.04    | 0.30  | -0.018   | 0.52  |

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

| ลำดับ | M (g) | C (mg/l) | X (mg) | X/m(mg/g) | 1/(X/m) | 1/C  | log(X/m) | log C |
|-------|-------|----------|--------|-----------|---------|------|----------|-------|
| 11    | 0.8   | 3.40     | 0.66   | 0.83      | 1.20    | 0.29 | -0.08    | 0.53  |
| 12    | 0.9   | 3.49     | 0.65   | 0.72      | 1.39    | 0.29 | -0.14    | 0.54  |
| 13    | 1.0   | 3.54     | 0.65   | 0.65      | 0.60    | 0.28 | -0.19    | 0.55  |
| 14    | 2.0   | 3.71     | 0.63   | 0.32      | 3.13    | 0.27 | -0.49    | 0.57  |
| 15    | 4.0   | 3.68     | 0.63   | 0.16      | 6.25    | 0.27 | -0.79    | 0.57  |



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของไอโซเทอร์มการดูดซับแบบแลงเมียร์ของตะกั่ว



ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ของไอโซเทอร์มการดูดซับแบบฟรุนดลิคซ์ของตะกั่ว

ตารางที่ 4.8 ค่าไอโซเทอร์มการดูดซับแบบแลงเมียร์และแบบฟรุนดลิคซ์

|                         | สมการแลงเมียร์       | สมการฟรุนดลิคซ์      |
|-------------------------|----------------------|----------------------|
| สมการ                   | $y = 2.525x - 0.022$ | $y = 0.701x - 0.083$ |
| $R^2$                   | 0.886                | 0.801                |
| ความชัน Slope (1/n)     | 2.525                | 0.701                |
| จุดตัดแกน y (Intercept) | - 0.022              | -0.083               |

สมการเส้นตรงของไอโซเทอร์มการดูดซับแบบแลงเมียร์และแบบฟรุนดลิคซ์ ของถ่านเปลือกตาลโตนด มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient,  $R^2$ ) เท่ากับ 0.886 และ 0.801 ตามลำดับ ค่า  $1/n$  คือ ค่าความชันของกราฟ ซึ่งพบว่าค่า  $1/n$  สมการไอโซเทอร์มการดูดซับแบบแลงเมียร์และสมการไอโซเทอร์มการดูดซับแบบฟรุนดลิคซ์เท่ากับ 2.525 และ 0.701 ตามลำดับ

#### 4. ประสิทธิภาพของถ่านเปลือกตาลโตนด ในการบำบัดสี ซีไอดี บีไอดี ของแข็งละลายน้ำ ทั้งหมดและตะกั่วในน้ำเสียจริงจากการย้อมสีกระดาษ

จากการทดลองหาประสิทธิภาพของถ่านเปลือกตาลโตนดในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีกระดาษของสีแดงสดในชุมชนบ้านทะเลน้อย อำเภอกวนขนุน จังหวัดพัทลุง โดยการใช้ถ่านเปลือกตาลโตนด ปริมาณเท่ากับ 0.7 กรัม ใช้เวลาในการดูดซับ 1 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังนี้ ค่าสีวัดในรูปของการดูดกลืนแสงของน้ำย้อมสีกระดาษก่อนและหลังการบำบัด คือ 1.975 และ 0.490 ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 75.19 ค่าบีไอดี ของน้ำย้อมสีกระดาษก่อนและหลังการบำบัด คือ 550 และ 245 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 55.45 ค่าซีดีไอ ของน้ำย้อมสีกระดาษก่อนและหลังการบำบัด คือ 1,650 และ 520 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 68.48 ค่าบีไอดี:ค่าซีไอดี ของน้ำย้อมสีกระดาษก่อนและหลังการบำบัด คือ 0.33 และ 0.47 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ของน้ำย้อมสีกระดาษก่อนและหลังการบำบัด คือ 4,250 และ 1,200 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 71.76 ค่าการดูดซับตะกั่ว ของน้ำย้อมสีกระดาษก่อนและหลังการบำบัด 0.12 และ 0.04 มิลลิกรัม/ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 66.67 ผลการทดลองดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ลักษณะคุณสมบัติของน้ำเสียและประสิทธิภาพการบำบัด

| พารามิเตอร์                         | ค่าเฉลี่ย<br>ก่อนบำบัด | ค่าเฉลี่ย<br>หลังบำบัด | ค่ามาตรฐาน           | ประสิทธิภาพ<br>การบำบัด (ร้อยละ) |
|-------------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------------|
| พีเอช                               | 7.34                   | 8.57                   | 5.5-9.0              | -                                |
| การดูดกลืนแสง ( $\text{cm}^{-1}$ )  | 1.975                  | 0.490                  | -                    | 75.19                            |
| บีไอดี (มก./ล.)                     | 550                    | 245                    | ไม่เกิน 60 มก./ล.    | 55.45                            |
| ซีไอดี (มก./ล.)                     | 1,650                  | 520                    | ไม่เกิน 400 มก./ล.   | 68.48                            |
| บีไอดี:ซีไอดี                       | 0.33                   | 0.47                   | -                    | -                                |
| ของแข็งละลายน้ำ<br>ทั้งหมด (มก./ล.) | 4,250                  | 1,200                  | ไม่เกิน 5,000 มก./ล. | 71.76                            |
| ตะกั่วทั้งหมด (มก./ล.)              | 0.12                   | 0.04                   | ไม่เกิน 0.2 มก./ล.   | 66.67                            |

หมายเหตุ ค่าการดูดกลืนแสงวัดที่ความยาวคลื่น 548 นาโนเมตร