

การกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์



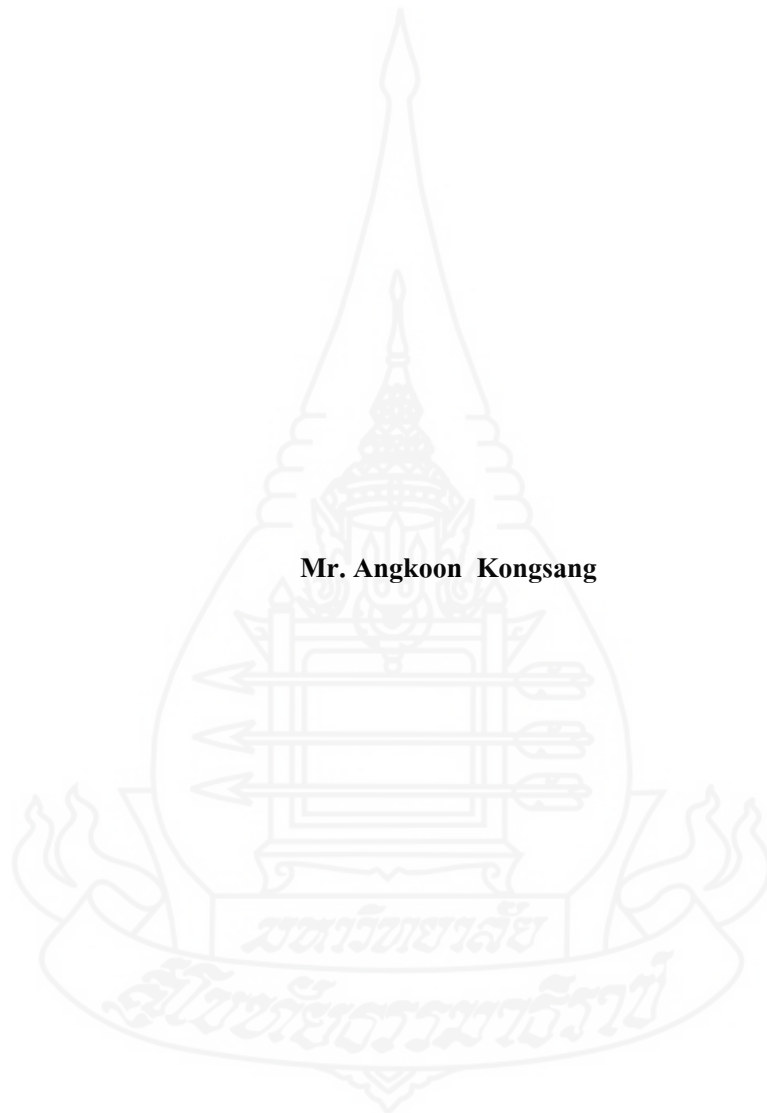
นายอังกูร กองแสง

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสาขารณศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาสาขารณศาสตร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ. 2558

Lead Removal from Synthetic Wastewater Using *Minosa pigra*-Based Activated Carbon

Mr. Angkoon Kongsang



An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for

the Degree of Master of Public Health Administration

School of Health Science

Sukhothai Thammathirat Open University

2015

| | |
|----------------------------|--|
| หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ | การกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์ |
| ชื่อและนามสกุล | นายอังกูร กองแสง |
| แขนงวิชา | สาธารณสุขศาสตร์ |
| สาขาวิชา | วิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รองศาสตราจารย์ ดร. ศรีศักดิ์ สุนทรไชย |

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 29 เดือน เมษายน พ.ศ. 2559

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ศรีศักดิ์ สุนทรไชย)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. มัลลิกา ปัญญาอะโป)

.....
(รองศาสตราจารย์สราวุธ สุธรรมมาสา)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

ชื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ การกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์
ผู้ศึกษา นายอังกูร กองแสง **รหัสนักศึกษา** 2525001752

ปริญญา สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม)

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ศรีศักดิ์ สุนทรไชย **ปีการศึกษา** 2558

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษา (1) ประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไมยราบยักษ์ และ (2) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไมยราบยักษ์

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยทำการศึกษากำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์ที่มีโซเดียมคลอไรด์เป็นตัวกระตุ้น ออกแบบการทดลองแบบทีละที ซึ่งประกอบด้วยปัจจัย 6 หลัก ได้แก่ อุณหภูมิในการเผา (500-700 องศาเซลเซียส) อัตราส่วนโดยน้ำหนักของสารกระตุ้นต่อถ่านกัมมันต์ (1:0 - 1:2) ความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น (2-9) ระยะเวลาการสัมผัสของถ่านกัมมันต์ (5-120 นาที) ปริมาณถ่านกัมมันต์ (0.05-0.20 กรัมต่อความเข้มข้นตะกั่ว 7.89 มิลลิกรัมต่อลิตร) และความเข้มข้นของสารตะกั่ว (1-20 มิลลิกรัมต่อลิตร) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

จากผลการวิจัยพบว่า (1) ประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไมยราบยักษ์ ร้อยละ 84-93 และ (2) ปัจจัยทั้ง 6 ที่เกี่ยวข้องมีผลต่อการดูดซับตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไมยราบยักษ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาที่มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงที่สุดเท่ากับ 700 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นตัวกระตุ้นเท่ากับ 1:1 มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์เฉลี่ยสูงที่สุดร้อยละ 542.15 มิลลิกรัมต่อกรัม ความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วเท่ากับ 9 เวลาที่สัมผัสที่เหมาะสมต่อการดูดซับตะกั่วเท่ากับ 120 นาที มีประสิทธิภาพในการดูดซับเท่ากับ ร้อยละ 90.20 ซึ่งปริมาณถ่านกัมมันต์จากต้นไมยราบยักษ์ที่เหมาะสมต่อการดูดซับตะกั่วเท่ากับ 0.20 กรัม ด้วยประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว ร้อยละ 91.88 และความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียหลังผ่านการดูดซับจากถ่านกัมมันต์จากต้นไมยราบยักษ์เท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร้อยละการกำจัด 92.80

คำสำคัญ ถ่านกัมมันต์ ต้นไมยราบยักษ์ การดูดซับ ตะกั่ว ประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่ว

Independent Study title: Lead Removal from Synthetic Wastewater Using *Mimosa pigra*-Based Activated Carbon

Author: Mr. Angkoon Kongsang; **ID:** 2525001752; **Degree:** Master of Public Health

Independent Study advisor: Dr. Sarisak Soontomchai, Associate Professor;

Academic year: 2015

Abstract

The purposes of this research were: (1) to determine the efficiency of lead removal from synthetic wastewater with the adsorption process using activated carbon from *Mimosa pigra* L.; and (2) to find factors affecting the adsorption of lead from synthetic wastewater using activated carbon from *Mimosa pigra* L.

This experimental research was conducted on lead removal from synthetic wastewater with the adsorption process using carbon from *Mimosa pigra* L. activated with sodium chloride (NaCl). The experiment was carried out using the batch technique with six main factors including activation temperature (500–700 °C), activator-carbon ratio by weight (1:0–1:2), initial acidity-alkalinity (pH 2–9), carbon activation time (5–120 minutes), amount of activated carbon (0.05–0.20 g per 7.89 mg/l of lead), and lead concentration (1–20 mg/l). Data analysis was undertaken to determine percentages and means; and an analysis of variance was also performed.

The findings revealed that: (1) the efficiency of lead removal from synthetic wastewater with the adsorption process using activated carbon from *Mimosa pigra* L. was 84-93%; and (2) the six factors affecting the adsorption of lead from synthetic wastewater with activated carbon were significantly different ($p < 0.05$). The activation temperature with the highest iodine number was 700 °C; and activator (NaCl) -carbon ratio was at 1:1 yielding the average highest iodine number at 542.15 mg/l, pH at 9, and carbon activation time at 120 minutes, yielding 90.2% adsorption efficiency. With the optimum amount of activated carbon of 0.20 g, the lead removal efficiency was 91.88% and the lead concentration in the wastewater after adsorption with the activated carbon was 10 mg/l, or 92.8% lead removal.

Keyword: Activated carbon, *Mimosa pigra* L., Adsorption, Lead, Efficiency of lead removal

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีได้รับความกรุณาจากรองศาสตราจารย์ ดร.ศรีศักดิ์ สุนทรไชย สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขการศึกษาค้นคว้าอิสระและดูแลความก้าวหน้าอยู่ตลอดเวลา นับตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ นายวีระชัย ทีหลวง ผู้อำนวยการโรงพยาบาลหนองหาน นางสาวนพพร จันทร์เสนา หัวหน้าศูนย์สุขภาพชุมชน โรงพยาบาลหนองหาน ดร.มาลี ศรีพรหม คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการศึกษาค้นคว้าอิสระ อุปกรณ์ สารเคมี สถานที่ทำการทดลอง ในการทำวิจัย

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เพื่อน พี่น้องนักศึกษา และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ทุกท่านที่กรุณาให้การสนับสนุน ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา

อังกูร กองแสง

เมษายน 2559

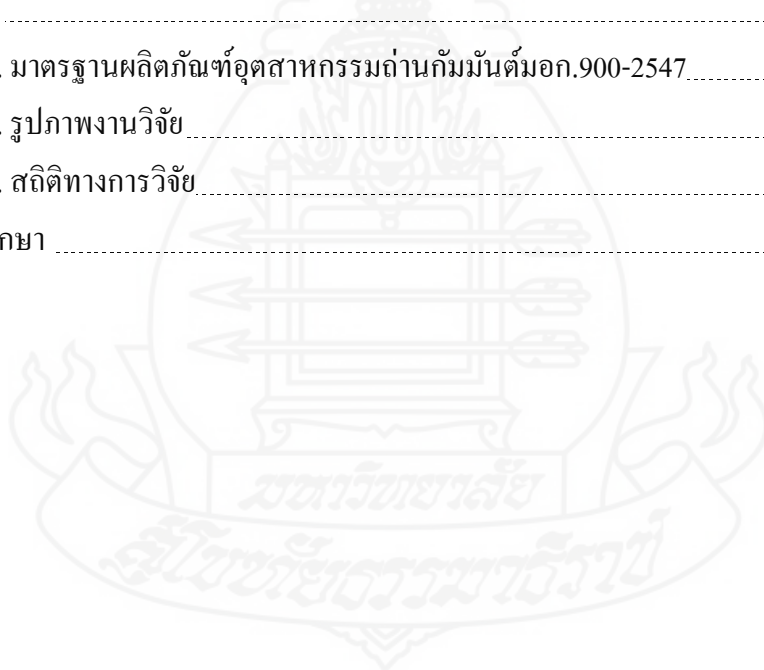


สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | จ |
| กิตติกรรมประกาศ | ฉ |
| สารบัญตาราง | ฅ |
| สารบัญภาพ | ญ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| วัตถุประสงค์การวิจัย | 3 |
| กรอบแนวคิดการวิจัย | 4 |
| สมมติฐานงานวิจัย | 7 |
| ขอบเขตการวิจัย | 7 |
| นิยามศัพท์เฉพาะ | 7 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 8 |
| บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง | 9 |
| ไมยราบยักษ์ | 9 |
| ถ่านกัมมันต์ | 12 |
| ตะกั่ว | 33 |
| เกลือแกง | 35 |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 36 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย | 43 |
| ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง | 43 |
| เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย | 43 |
| การเก็บรวบรวมข้อมูล | 44 |
| การวิเคราะห์ข้อมูล | 59 |
| บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล | 60 |
| การเตรียม และการศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ | 60 |
| การศึกษาความสามารถในการดูดซับโลหะหนัก | 65 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| อิทธิพลของค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่อการดูดติดผิว | 65 |
| อิทธิพลของเวลาสัมผัสต่อการดูดติดผิว..... | 68 |
| อิทธิพลของปริมาณถ่านกัมมันต์ต่อการดูดติดผิว | 70 |
| อิทธิพลของความเข้มข้นตะกั่วต่อการดูดติดผิว | 71 |
| บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ | 74 |
| สรุปการวิจัย | 74 |
| อภิปรายผล | 78 |
| ข้อเสนอแนะ | 83 |
| บรรณานุกรม | 84 |
| ภาคผนวก | 88 |
| ก. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์มอก.900-2547..... | 89 |
| ข. รูปภาพงานวิจัย | 96 |
| ค. สถิติทางการวิจัย | 100 |
| ประวัติผู้ศึกษา | 109 |



สารบัญตาราง

| | หน้า |
|--------------|---|
| ตารางที่ 2.1 | องค์ประกอบทางเคมีของไมยราบยักษ์ 12 |
| ตารางที่ 2.2 | วัตถุดิบต่างๆ ที่ได้มีการศึกษาการนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ 14 |
| ตารางที่ 3.1 | อัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุดิบต่อโซเดียมคลอไรด์ต่อประสิทธิภาพของ ถ่านกัมมันต์ 50 |
| ตารางที่ 4.1 | ค่าร้อยละของน้ำหนักที่ได้เทียบกับวัตถุดิบ และค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านที่เผา กระตุ้นที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 61 |
| ตารางที่ 4.2 | ค่าร้อยละของน้ำหนักถ่านที่ได้เทียบกับวัตถุดิบ และค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่าน กัมมันต์ ที่อัตราส่วนวัตถุดิบต่อโซเดียมคลอไรด์ในอัตราส่วนต่างๆ 63 |
| ตารางที่ 4.3 | ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียดังเคราะห์ที่เหลืออยู่หลังจากปรับค่าความเป็น กรดต่างที่ค่า pH ต่าง ๆ 66 |
| ตารางที่ 4.4 | ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียดังเคราะห์ที่เหลืออยู่ที่ pH ต่างๆ หลังผ่านการดูดซับ ด้วยถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์ 67 |
| ตารางที่ 4.5 | ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียดังเคราะห์ หลังผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จาก ไมยราบยักษ์ที่เวลาสัมผัสต่างๆ 69 |
| ตารางที่ 4.6 | ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียดังเคราะห์ หลังผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จาก ไมยราบยักษ์ที่ปริมาณต่าง ๆ 70 |
| ตารางที่ 4.7 | ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียดังเคราะห์ หลังผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จาก ไมยราบยักษ์ที่ปริมาณตะกั่วต่างๆ 72 |

สารบัญภาพ

| | หน้า |
|---|------|
| ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย | 4 |
| ภาพที่ 1.2 ขั้นตอนการเตรียมถ่านกัมมันต์ | 5 |
| ภาพที่ 1.3 ขั้นตอนการศึกษาความสามารถในการดูดซับฟิวตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ | 6 |
| ภาพที่ 2.1 ไมยราบยักษ์ | 10 |
| ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนผลิตถ่านกัมมันต์ | 17 |
| ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนผลิตถ่านกัมมันต์ โดยการใช้สารเคมีเป็นตัวกระตุ้น | 22 |
| ภาพที่ 2.4 โพรงหรือช่องว่างภายในถ่านกัมมันต์ | 25 |
| ภาพที่ 2.5 ลักษณะไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิช (โสภา, 2548) | 31 |
| ภาพที่ 2.6 ระบบดูดซับฟิวแบบไหลต่อเนื่องในชั้นตรึง (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ 2542) | 32 |
| ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมถ่านและการทดลอง | 45 |
| ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ | 47 |
| ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการเตรียมถ่านพิจารณาอุณหภูมิที่เผา | 49 |
| ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการเตรียมถ่านพิจารณาอัตราส่วนน้ำหนักรวมต่อสารกระตุ้น | 51 |
| ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการศึกษาอิทธิพลของ pH ที่เหมาะสมในการทดลองแบบที่ละเท | 53 |
| ภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการศึกษาอิทธิพลของเวลาสัมผัสที่เหมาะสมในการทดลองแบบที่ละเท | 55 |
| ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการศึกษาอิทธิพลของปริมาณถ่านกัมมันต์ในการทดลองแบบที่ละเท | 56 |
| ภาพที่ 3.8 ขั้นตอนการศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารตะกั่วในการทดลองแบบที่ละเท | 58 |
| ภาพที่ 4.1 ร้อยละน้ำหนักรถ่านกัมมันต์ที่ได้เทียบกับวัตถุดิบ ที่เผาที่อุณหภูมิต่างๆ | 63 |
| ภาพที่ 4.2 ผลของอุณหภูมิระหว่างค่าไอโอดีนนมเบอร์ กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาวัตถุดิบ | 63 |
| ภาพที่ 4.3 ร้อยละน้ำหนักรถ่านกัมมันต์ที่ได้กับอัตราส่วนน้ำหนักรวมต่อวัตถุดิบต่อ โซเดียมคลอไรด์ | 64 |
| ภาพที่ 4.4 ร้อยละน้ำหนักรถ่านกัมมันต์ที่ได้กับอัตราส่วนน้ำหนักรวมต่อวัตถุดิบต่อ โซเดียมคลอไรด์ | 64 |
| ภาพที่ 4.5 ผลของความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เหลืออยู่ หลังจากปรับค่าความเป็นกรดต่างที่ pH ต่างๆ | 66 |
| ภาพที่ 4.6 ผลของความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เหลืออยู่ที่ pH ต่างๆ หลังผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ไมยราบยักษ์ | 68 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

| | | |
|------------|---|----|
| ภาพที่ 4.7 | ผลของความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เหลืออยู่ หลังผ่านการดูดติดผิวด้วย ถ่านกัมมันต์ไมธราบยัักษ์ ที่เวลาสัมผัสต่างๆ | 69 |
| ภาพที่ 4.8 | ผลของความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เหลืออยู่ หลังผ่านการดูดติดผิวด้วย ถ่านกัมมันต์ไมธราบยัักษ์ ปริมาณต่างๆ | 71 |
| ภาพที่ 4.9 | ผลของความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ หลังผ่านการดูดติดผิวด้วยถ่านกัมมันต์ จากไมธราบยัักษ์ที่ปริมาณตะกั่วต่างๆ | 72 |



บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ นอกเหนือจากการอุปโภคบริโภคในชีวิตประจำวันแล้ว น้ำยังมีบทบาทสูงต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศในด้านการเกษตรกรรม การประมงตลอดจนการพัฒนาด้านอุตสาหกรรม นับว่ามนุษย์ได้รับประโยชน์มหาศาลจากทรัพยากรน้ำ แต่ในปัจจุบันปัญหาการขาดแคลนน้ำ และการเกิดมลพิษทางน้ำยิ่งทวีความรุนแรงขึ้นทุกขณะ เนื่องจากผู้ใช้น้ำส่วนใหญ่ขาดการรับรู้ และจิตสำนึกรับผิดชอบต่อปัญหาที่เกิดขึ้น และการเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำหรือที่เรียกว่า น้ำเสีย (Wastewater) ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญปัญหาหนึ่งคือ น้ำทิ้งจากชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ทำให้แหล่งน้ำเหล่านี้สกปรกจนถึงกับเน่าเสียเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ และก่อให้เกิดความเดือดร้อนแก่ประชาชนในพื้นที่ใกล้แหล่งน้ำนั้น วิธีที่จะแก้ไขปัญหาน้ำเสียนี้คือ โรงงานอุตสาหกรรม และชุมชนจะต้องสร้างระบบบำบัดน้ำทิ้ง (Wastewater Plant) เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกต่าง ๆ ในน้ำทิ้งจนน้ำทิ้งสะอาดเพียงพอที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้โดยไม่ทำให้แหล่งน้ำตามธรรมชาติเสื่อมโทรมลง

โลหะหนักที่พบในแหล่งน้ำ ได้แก่ สารหนู ตะกั่วปรอท แคดเมียม สังกะสีโครเมียม นิเกิล แมงกานีส เป็นต้น โลหะหนักที่มีบทบาทต่อภาวะมลพิษทางน้ำมากที่สุดคือปรอท ตะกั่ว และแคดเมียม ถ้ามีมากเกินไปจนจับจุกัดแล้วจะทำให้เป็นพิษต่อร่างกาย ดังเช่นพิษของปรอททำให้เกิดโรคนิมาตาตาในชาวประมงญี่ปุ่นบริเวณอ่าวมินามาตะ พิษของแคดเมียม ทำให้เกิดโรคอิไต-อิไต ในประเทศญี่ปุ่น ในประเทศไทย เช่น ประชาชนในอำเภอร้อนพิบูล จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นโรคไขดำ เนื่องจากน้ำดื่มมีสารหนูเจือปนอยู่มาก พิษของตะกั่วในชุมชนคลิตี้ จังหวัดกาญจนบุรี เป็นต้น (ที่มา : http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter3/chapter3_water7.htm, 2559 มี.ย 17)

โลหะตะกั่ว เป็นโลหะที่มนุษย์สนใจ กับความเป็นพิษของมันมากที่สุด เนื่องจากมีการใช้ประโยชน์อย่างมากมาย โดยเฉพาะในอุตสาหกรรม แบตเตอรี่รถยนต์ เรือดำน้ำ ใช้ตะกั่วเกือบร้อยละ 50 ของผลิตผลตะกั่วทั้งหมด และยังใช้ในรูปตะกั่วอินทรีย์ (Alkyl Lead) เป็นสารเคมีที่ใช้เติมในน้ำมันเบนซิน เพื่อป้องกันเครื่องยนต์เดินสะดุด แต่ปัจจุบันได้หันมาใช้สารชนิดอื่นทดแทน

ในอุตสาหกรรมสี และสารเคมี ใช้สารประกอบตะกั่วมาก เช่น สีแดง ของตะกั่วออกไซด์ (Red Lead) สีเหลือง จากตะกั่วโครเมต (Lead Chromate) สีขาว จากตะกั่วคาร์บอเนต (Lead Carbonate) และ ตะกั่วซัลเฟต (Lead Sulfate) สารฆ่าแมลงจากตะกั่วอาร์เซนเนทที่ใช้ผสมสีทาอาคาร ซึ่งสีที่มีตะกั่วเหล่านี้ อาจผสมในสีของเล่นสำหรับเด็ก สีวาดภาพ สีที่ใช้พิมพ์ในวารสาร หนังสือพิมพ์ ซึ่งเป็นสีที่ต้องสัมผัสเสมอในชีวิตประจำวันเป็นต้น ทำให้บุคคลที่สัมผัส มีโอกาสได้รับสารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้สูง ประโยชน์ของตะกั่วมีมาก แต่ก็มีโทษมากเช่นกัน (ที่มา : http://webdb.dmso.moph.go.th/ifc_toxic/a_txR_search.asp?info_id=41,2559 มิ.ย 17)

ดังนั้น ถ้ามีการกำจัดโลหะหนักด้วยวิธีการที่เหมาะสมก่อนปล่อยลงแหล่งน้ำจะไม่เกิดปัญหาดังกล่าว วิธีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนโลหะหนักนั้นมีอยู่หลายวิธี เช่น การตกตะกอน การแลกเปลี่ยนประจุ การกรองผ่านเยื่อกรองแบบผันกลับ และการดูดซับเป็นต้น Chan และคณะ 2000 ซึ่งแต่ละวิธีก็มีประสิทธิภาพและข้อจำกัดแตกต่างกันไป ทางเลือกหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การดูดซับด้วยใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เนื่องจากใช้เทคโนโลยีที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน มีต้นทุนต่ำ และสามารถนำถ่านกัมมันต์ที่ผ่านกระบวนการกลับมาใช้ได้

การใช้ประโยชน์จากถ่านกัมมันต์ในหลากหลายด้าน เช่น เป็นวัสดุดูดซับ (Adsorbent) ในสิ่งแวดล้อมช่วยป้องกันทางด้านสิ่งแวดล้อมทดสอบหรือตรวจสอบคุณภาพของน้ำและน้ำเสีย เป็นวัสดุดูดซับในการนำสารไฮโดรคาร์บอนจากชั้นบรรยากาศมาใช้ใหม่ หรือทำแก๊สให้สะอาด การนำตัวทำละลายและแร่ธาตุกลับมาใช้ใหม่ ใช้ในการผลิตอาหารและยา เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาหรือวัสดุรองรับตัวเร่งปฏิกิริยา เป็นวัสดุในการกักเก็บ (Storage) แก๊สไฮโดรเจนและแก๊สมีเทนในเซลล์เชื้อเพลิงเป็นคาร์บอนอิเล็กโตรดสำหรับคาปาซิเตอร์ (Supercapacitor และ Electric double layer Capacitor) เป็นต้น ซึ่งการใช้งานถ่านกัมมันต์บางอย่างต้องการสมบัติของพื้นผิวและการกระจายของ รูพรุนต่างกัน รวมทั้งขนาดของรูพรุน ขนาดของถ่านกัมมันต์ ความหนาแน่นของเนื้อถ่านและความแข็งแรงเชิงกลของถ่านกัมมันต์ด้วย ดังนั้น การเตรียมถ่านกัมมันต์จากวัสดุที่หลากหลายและด้วยเทคนิคต่าง ๆ จึงมีผลต่อสมบัติของถ่านกัมมันต์และการนำไปใช้งาน

จากการศึกษาพบว่า ถ่านกัมมันต์เป็นถ่านชนิดหนึ่งที่ได้รับการเพิ่มคุณภาพหรือประสิทธิภาพ การดูดซับให้มากขึ้น โดยการใช้เทคโนโลยีทางด้านวิทยาศาสตร์ถ่านกัมมันต์มีโครงสร้างที่มีลักษณะพรุน มีพื้นที่ผิวสูงและมีอิเล็กตรอนอยู่บนผิวและรูพรุนเหล่านั้นทำให้คุณสมบัติหรืออำนาจในการดูดซับสูง จึงนิยมใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย วัสดุที่ใช้ผลิตมีหลายชนิด แต่มักมักพิจารณาจากอินทรีย์วัตถุ ซึ่งมีคาร์บอน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนใหญ่เป็นพวกเซลลูโลส จากพืชหรือต้นไม้โดยตรง เช่น ไม้ชนิดต่างๆ หรือ

อยู่ในรูปเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรืออุตสาหกรรม เช่น ชานอ้อย แกลบ กะลามะพร้าว ขี้เลื่อย ชังข้าวโพด เปลือกถั่วลิสง กระจุก เป็นต้น ซึ่งผลิตโดยการนำมาเผาทำให้เป็นถ่านที่มีอุณหภูมิสูง และผ่านกระบวนการกระตุ้นทางกายภาพ กระบวนการกระตุ้นโดยใช้สารเคมี เพื่อให้ถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพในการดูดซับมลพิษต่างๆ สูงขึ้น

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้พิจารณาแล้วว่าการผลิตถ่านกัมมันต์โดยวิธีต่างๆ ข้างต้นนั้น ใช้ต้นทุนสูงและเกิดปัญหาการกัดกร่อนเตาปฏิกรณ์ อีกทั้งสิ้นเปลืองพลังงานและสารเคมีสูง ผู้วิจัยพิจารณาถึงต้นทุนการบำบัดน้ำเสียที่สูง เนื่องจากปัจจุบันต้องซื้อถ่านกัมมันต์ที่มีราคาสูงทั้งจากในและจากต่างประเทศ จึงศึกษาวิธีการผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุดิบและสารเคมีที่หาได้ง่าย ราคาถูก และมีความเป็นพิษต่ำ รวมถึงได้ถ่านกัมมันต์ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสีย ในการวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษากรรมวิธีในการผลิตถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจาก ต้นไมยราบยักษ์ โดยใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นสารกระตุ้น ซึ่งต้นไมยราบยักษ์เป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีภายใต้สภาวะแวดล้อมของเมืองไทยโดยทั่วไป ประกอบกับต้นไมยราบยักษ์สามารถปรับตัวดำรงอยู่ได้ในดินแทบทุกชนิด ส่วนโซเดียมคลอไรด์มีคุณสมบัติในการเพิ่มพื้นที่ผิวให้รูพรุนมีขนาดใหญ่ขึ้น โซเดียมคลอไรด์ราคาถูก ไม่เป็นอันตราย หาซื้อได้ทั่วไป เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนักจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้นจากต้นไมยราบยักษ์ ในการพัฒนาสามารถนำไปใช้ในระดับครัวเรือนและระดับอุตสาหกรรมเป็นการลดปริมาณการนำเข้าถ่านกัมมันต์

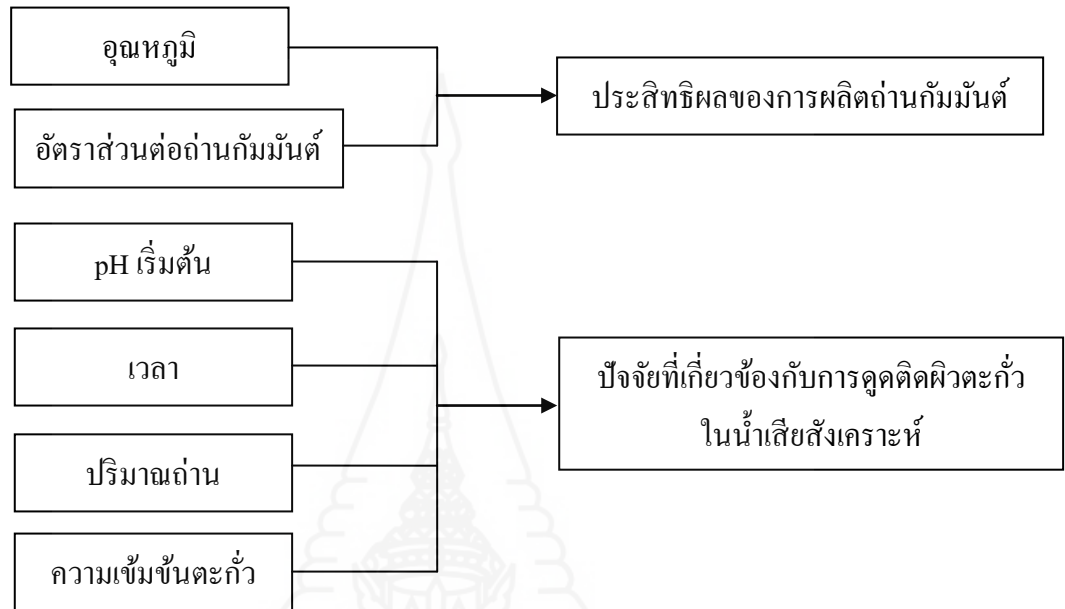
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการเปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์ที่เตรียมโดยการเผาเป็นถ่านก่อนแล้วจึงนำมากระตุ้นด้วยสารเคมี เพื่อเป็นแนวทางในการเตรียมถ่านกัมมันต์ที่จะนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือเพื่อใช้งานในห้องปฏิบัติการต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดซับผิวโดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไมยราบยักษ์

2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับผิวตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไมยราบยักษ์

3. กรอบแนวคิดการวิจัย



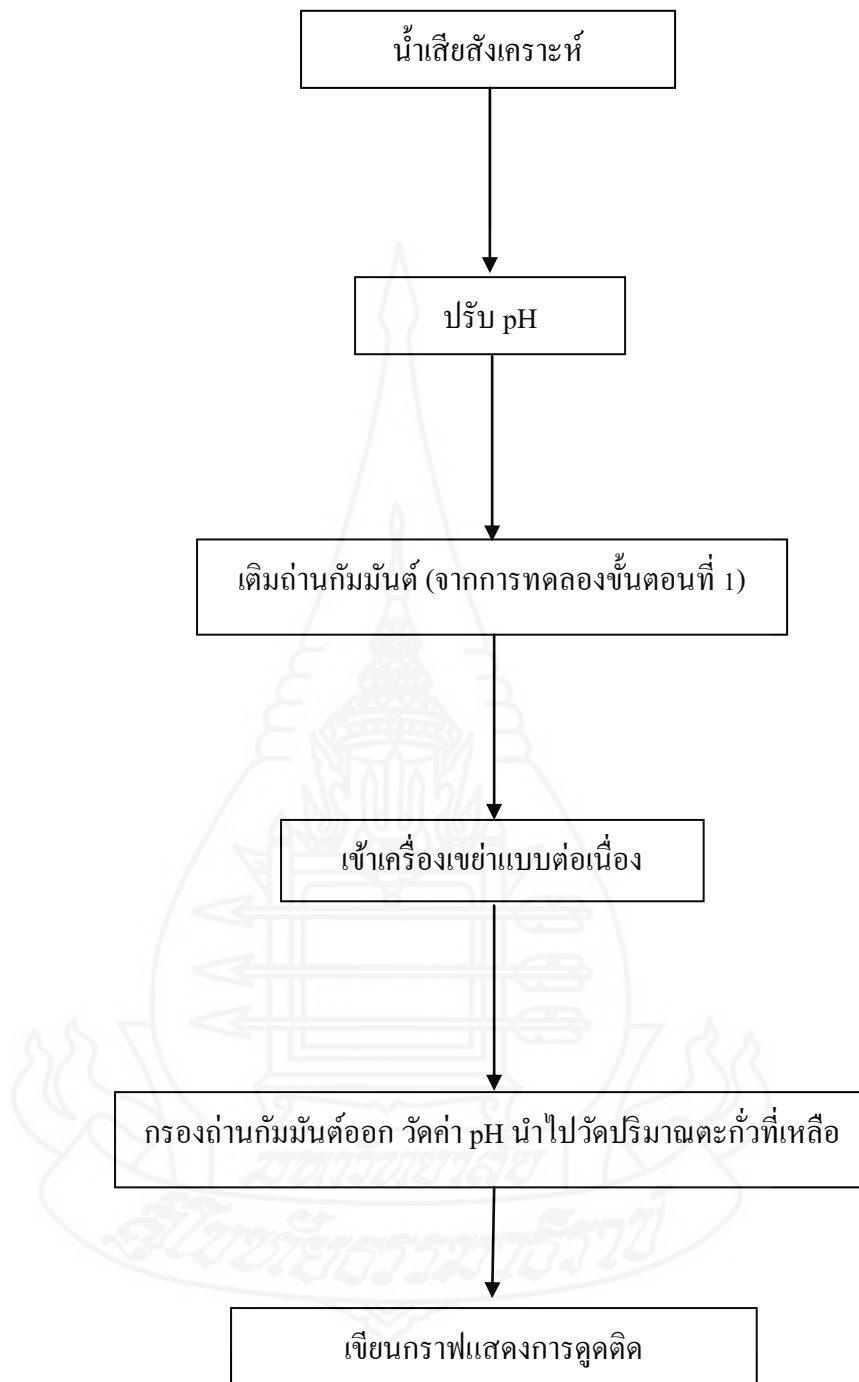
ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย





ภาพที่ 1.2 ขั้นตอนการเตรียมถ่านกัมมันต์

(ที่มา: อรัญ ขวัญปาน, 2011)



ภาพที่ 1.3 ขั้นตอนการศึกษาความสามารถในการดูดติดฟิวตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์

4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ ที่เตรียมขึ้นเองจากไมยราบยักษ์ สามารถดูดซับตะกั่วในน้ำได้ตามค่ามาตรฐาน

4.2 ปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องต่อประสิทธิภาพของการผลิตถ่านกัมมันต์ ได้แก่ อุณหภูมิในการเผา และอัตราส่วนสารโซเดียมคลอไรด์ต่อถ่านกัมมันต์

4.3 ปัจจัยต่างๆ เกี่ยวข้องกับการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ ได้แก่ pH เริ่มต้นและระยะเวลาการสัมผัสของถ่านกัมมันต์ ปริมาณถ่านกัมมันต์ และความเข้มข้นของตะกั่ว

5. ขอบเขตของการวิจัย

5.1 ศึกษาความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ โดยศึกษาจากค่าไอโอดีน นัมเบอร์ เพื่อเลือกอัตราส่วนโดยน้ำหนักที่เหมาะสมระหว่างวัตถุดิบ เพื่อทำการศึกษาดูดซับ

5.2 ศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์จากถ่านไมยราบยักษ์

5.3 ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องการดูดซับตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ ได้แก่ pH เริ่มต้นและระยะเวลาการสัมผัสของถ่านกัมมันต์ ปริมาณถ่านกัมมันต์ และความเข้มข้นของตะกั่ว

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 ตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ หมายถึง น้ำเสียที่เตรียมขึ้นจากตะกั่วไดออกไซด์ เพื่อเป็นน้ำเสียตัวอย่างที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.2 ไมยราบยักษ์ หมายถึง ส่วนของลำต้นของไมยราบยักษ์ ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงแข็ง

6.3 การทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง หรือทีละเท หมายถึง การทดลองที่มีการเตรียมน้ำตัวอย่างการทดลองในหนึ่งการทดลองเพียงครั้งเดียวในอัตราส่วนถ่านกัมมันต์ตามที่กำหนด หากทำการทดลองใหม่ต้องเตรียมน้ำตัวอย่างใหม่

6.4 ไอโอดีน นัมเบอร์ หมายถึง ค่าการดูดซับสารละลายมาตรฐานไอโอดีน ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญในการประเมินความสามารถของถ่านกัมมันต์ ในการดูดซับสารที่มีน้ำหนักโมเลกุล

ต่ำ สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมได้กำหนดค่าไอโอดีนนมเบอร์ต้องไม่น้อยกว่า 600 มิลลิกรัม ต่อกรัมสำหรับถ่านกัมมันต์ชนิดผงและชนิดเม็ด

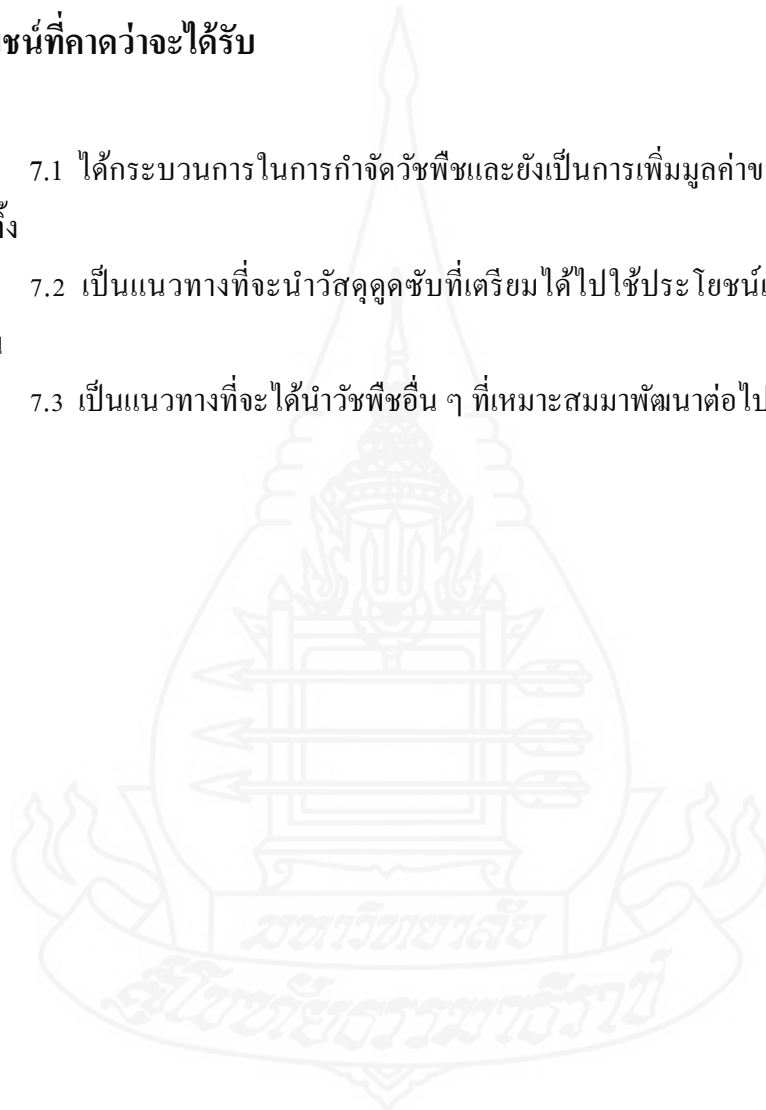
6.5 ประสิทธิภาพของการกำจัดตะกั่ว หมายถึง การหาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับ และการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

7.1 ได้กระบวนการในการกำจัดวัชพืชและยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัชพืชรวมถึงของเสียเหลือทิ้ง

7.2 เป็นแนวทางที่จะนำวัสดุดูดซับที่เตรียมได้ไปใช้ประโยชน์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของชุมชน

7.3 เป็นแนวทางที่จะได้นำวัชพืชอื่น ๆ ที่เหมาะสมมาพัฒนาต่อไป



บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์ ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า ทฤษฎีวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและรายงานวิจัยต่างๆ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการศึกษา ได้แก่ ต้นไมยราบยักษ์ ถ่านกัมมันต์ การเตรียมและผลิตถ่านกัมมันต์ การกระตุ้นและการดูดซับของถ่านกัมมันต์ สารตะกั่ว สาร โซเดียมคลอไรด์ และการใช้ถ่านกัมมันต์ในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสีย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 ไมยราบยักษ์

1.1.1 แหล่งกำเนิด

ไมยราบยักษ์ หรือที่ชาวภาคเหนือเรียกกันว่า ไมยราบหลวงหรือจิบอบหลวงมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า มิโมซ่าพิกรา (*Mimosa pigra* L.) เป็นพืชในวงศ์ หรือตระกูลถั่ว (Family Leguminosae) ซึ่งมีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกา แอฟริกาและเอเชียบางส่วน ต่อมาได้มีการนำไมยราบยักษ์ไปปลูกที่ต่างๆ สำหรับประเทศไทย ไมยราบยักษ์ได้ถูกนำมาปลูกครั้งแรกเมื่อประมาณ 50 ปีล่วงมาแล้ว โดยผู้นำเกษตรกรชาวไร่ยาสูบทางภาคเหนือ ซึ่งนำเมล็ดพันธุ์ไมยราบยักษ์จากประเทศอินโดนีเซียมาปลูกที่อำเภอเชียงดาวและอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะใช้เป็นพืชบำรุงดินในไร่ยาสูบ นอกจากนี้ยังมีหลักฐานพอเชื่อได้ว่าผู้นำไมยราบยักษ์เข้ามานั้น ยังมีจุดมุ่งหมายที่จะใช้เป็นพืชอาศัยของครั้งแทนต้นจามจุรี และอาจนำมาปลูกเพื่อให้เป็นไม้ขัดฟุ้งป้องกันการพังทลายของตลิ่งบริเวณไร่ยาสูบ เพราะเห็นว่าไมยราบเจริญเติบโตได้ดีตามบริเวณชายฝั่ง หรือลำธารในการนำเมล็ดพันธุ์ไมยราบเข้ามาครั้งแรกนั้นมี 2 พันธุ์ด้วยกันคือ ไมยราบยักษ์ และไมยราบเครือ (*Mimosa invisa* Mart.) ซึ่งเป็นพืชล้มลุกแบบไม้เลื้อย (ภาพที่ 2.1) (เพ็ญภา ททรัพย์เจริญ, นิจศิริ เรืองรังษี, และกัญญา ดิวิเศษ, 2549)



ภาพที่ 2.1 ไมยราบยักษ์

1.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ไมยราบยักษ์เป็นไม้พุ่มยืนต้นขนาดกลาง มีอายุข้ามปี (Perennial) สูง 1-5 เมตร มีหนามแหลมคมทั้งใบและลำต้นปลายงุ้มลงยาวถึง 7 มิลลิเมตร ลำต้นตรงปลายกิ่งโน้มลง ลำต้นอ่อนจะมีสีเขียวและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อมีอายุมากขึ้น ไม้ค่อนข้างแข็ง และเหนียวใบเป็นใบประกอบก้านใบยาว 7-30 เซนติเมตร มีใบประกอบย่อย 6-14 คู่ มีหนามอยู่ระหว่างกลางของช่วงคู่ ใบประกอบย่อยบนก้านใบรวม แต่ละใบประกอบย่อย มีใบย่อย 15-40 คู่ รูปกลมยาว ยาว 3-8 มิลลิเมตร กว้าง 0.7-1.5 มิลลิเมตร ขอบใบขนานมีขนแข็งตามขอบใบ ท้องใบเรียบ หลังใบมีขนอ่อนๆ ดอกออกเป็นช่อ (head) ลักษณะเป็นกลุ่มกลม มีก้านช่อดอกยาว 1.5-3.5 มิลลิเมตร 1-2 ช่อ ออกตามซอกใบเป็นสีชมพู เส้นผ่าศูนย์กลางของช่อดอกประมาณ 1.5 เซนติเมตร ประกอบด้วยดอกย่อยจำนวนมาก กลีบเลี้ยงติดกัน ปลายแตกเป็นฝอย กลีบดอกติดกันเป็นหลอดปลายแยกเป็น 4 กลีบ มีก้านเกสรตัวผู้ยาวโผล่พ้นออกมาจำนวน 8 อัน ผล (pod) เป็นฝักแบนโค้งเล็กน้อย ปลายแหลมคม มีขนปกคลุม ช่อดอกหนึ่งจะติดฝักประมาณ 1-16 ฝัก แต่ละฝักมี 9-25 ช่อ ขนาดของฝักยาว 3-8 เซนติเมตร กว้าง 0.8-1.4 เซนติเมตร ออกเป็นกลุ่ม สีน้ำตาลไปจนถึงดำเมื่อแก่จัดแตกออกเป็นข้อๆ ข้อละเมล็ด เมล็ดสีเขียว ซึ่งจะกลายเป็นสีเขียวปนน้ำตาลเมื่อจัดเมล็ดยาว 4-6 มิลลิเมตร กว้าง 2-3 มิลลิเมตร ปลายข้างหนึ่งแหลมรี เมล็ดมีน้ำหนักราว 1 มิลลิกรัม ภายในเมล็ดมีน้ำหนักรวม เป็นพืชที่มีระบบรากแก้ว ขยายพันธุ์โดยเมล็ด (เพ็ญญา ทรัพย์เจริญ, นิจศิริ เรืองรังษี, และกาญจนา ตีวิเศษ, 2549)

1.1.3 นิเวศวิทยาและการเจริญเติบโต

ไมยราบยักษ์มีถิ่นกำเนิดในประเทศที่มีภูมิอากาศคล้ายคลึงกับประเทศไทย ดังนั้น ต้นไมยราบยักษ์จึงเจริญงอกงามได้ดีภายใต้สภาวะแวดล้อมของเมืองไทยโดยทั่วไปซึ่งประกอบด้วยไมยราบยักษ์สามารถปรับตัวดำรงอยู่ได้ในดินแทบทุกชนิด นับตั้งแต่ดินลูกรังของแถบภูเขา ดินทรายตามฝั่งแม่น้ำลำธาร จนถึงดินเหนียวจัดและอุ้มน้ำของดินนา ดังนั้นจึงพบไมยราบยักษ์ได้ทั่วไป เช่น บนภูเขาสูง ตามท้องถนน ริมฝั่งน้ำ บริเวณที่ลุ่มและในเรือสวนไร่นาของเกษตรกรเป็นต้นเมล็ดไมยราบยักษ์ที่ร่วงลงดิน สามารถเจริญเป็นต้นอ่อนได้ภายในระยะเวลาไม่นานนัก ถ้ามีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม ส่วนเมล็ดที่จมอยู่ในน้ำยังคงมีโอกาสเจริญได้ในกำหนดเวลาไม่เกิน 2 ปี แต่เมื่อพ้นกำหนดนี้แล้วความงอกงามของเมล็ดจะสูญเสียไปต้นอ่อนของไมยราบยักษ์ที่งอกจากเมล็ดและตั้งตัวได้ดีแล้วจะสามารถเจริญได้ทุกสภาพแวดล้อม โดยจะปรับตัวสร้างระบบรากให้เหมาะกับการดำรงชีวิตอยู่ภายใต้สภาวะนั้นๆ ในต้นไมยราบยักษ์อ่อนสามารถสร้างปมเพื่อช่วยเสริมสร้างธาตุอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตให้ตัวได้ด้วย ในสภาวะที่พืชอื่นไม่อาจเจริญได้ตามปกติ เมื่อเจริญเติบโตได้ขนาด และมีอายุประมาณ 1 ปี ไมยราบยักษ์จะเริ่มออกดอก ปริมาณการออกดอกจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนโตเต็มที่จะมีความสูงเฉลี่ยประมาณ 4.0-4.5 เมตร และมีอายุได้นานตราบเท่าที่ยังมิได้ถูกภัยธรรมชาติหรือจากมนุษย์ทำลาย

1.1.4 การกระจายพันธุ์ของไมยราบยักษ์

การกระจายพันธุ์ของไมยราบยักษ์เกิดขึ้นได้สองทาง คือ ทางบก และทางน้ำ การแพร่กระจายทางบกเกิดขึ้นเมื่อเมล็ดในดินถูกเคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่ง โดยสามารถติดไปกับเครื่องมือก่อสร้างหรือกับดินที่ใช้ในการก่อสร้างเป็นสำคัญ ส่วนการแพร่กระจายทางน้ำนั้นเกิดขึ้นได้โดยที่ชิ้นส่วนของลำต้น หรือเมล็ด ถูกกระแสน้ำพัดพา ล่องลอยไปให้กำหนดชีวิตใหม่ ตามทิศทางที่กระแสน้ำไหลผ่านไปนั่นเอง

1.1.5 โครงสร้างของเส้นใย

ไมยราบยักษ์เกิดจากการที่เส้นใยที่กลวงและเซลล์อื่นๆ มาเชื่อมต่อกันด้วยลิกนินและเฮมิเซลลูโลส วิธีการทำเยื่อจากไม้จึงเป็นการแยกส่วนประกอบของแต่ละเซลล์ออกจากกันให้เหลือแต่เส้นใยเซลลูโลส เพื่อจะนำมาประสานเข้าด้วยกันเป็นแผ่นกระดาษ ดังนั้นรูปร่าง ความยาว เส้นผ่าศูนย์กลางและความหนาของผนังเซลล์ของส่วนประกอบของแต่ละเซลล์ของพืช จึงมีความสำคัญต่อคุณสมบัติของกระดาษ เช่น เส้นใยของไม้ไผ่จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็ก และสั้นกว่าเส้นใยของไม้ไผ่ยาว (เพ็ญภา ททรัพย์เจริญ, นิฉิริ เรื่องรังษี, และกัญญา ดิวิเศษ, 2549)

1.1.6 องค์ประกอบทางเคมีของใบไมยราบยักษ์

นรินทร์ ทองวิทยาและคณะ (2522) รายงานว่าจากการนำเอาไมยราบยักษ์ไปวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมี พบว่า ไมยราบยักษ์ที่ประกอบไปด้วยความชื้น 5.27 % มีโปรตีน 19.85 % เยื่อใย 17.32 % เถ้า 5.84 % แคลเซียม 2.64 % และฟอสฟอรัส 0.35% (เสาวนีย์ ธรรมสระ, 2512) พบว่าไมยราบยักษ์ประกอบด้วยความชื้น 10.9 % มีโปรตีน 21.1 % ไขมัน 2.5 % เยื่อใย 16.9 % องค์ประกอบทางเคมีของไมยราบยักษ์แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของไมยราบยักษ์

| ส่วนประกอบ | ไมยราบยักษ์ |
|-------------------------------------|-------------|
| ความชื้น (ร้อยละ) | 4.2 |
| สารระเหย (ร้อยละ) | 68.7 |
| คาร์บอนคงตัว (ร้อยละ) | 21.2 |
| เถ้า (ร้อยละ) | 6 |
| กำมะถัน (ร้อยละ) | 0.5 |
| ค่าความร้อน (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม) | 4,247.3 |

ที่มา: กุศลประกอบการและพันทิวาอินทริวิชัย, 2544 (อ้างถึงใน ธงชัย ประจักษ์สุตร์, 2547)

1.2 ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon)

ถ่านกัมมันต์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ถ่านที่อยู่ในรูปของคาร์บอนอสัณฐาน (Amorphous Carbon) คือมีรูปร่างไม่แน่นอนสังเคราะห์ขึ้นจากวัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักผ่านกระบวนการเผาในที่อับอากาศและผ่านกระบวนการกระตุ้นซึ่งจะทำให้พื้นผิวภายใน (Internal Surface Area) เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากสารเคมีหรือการกระตุ้นทางกายภาพจะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างผลึก (Elementary Crystallites) เพิ่มมากขึ้น โดยถ่านกัมมันต์จะต้องมีพื้นที่ผิวอย่างน้อยที่สุด 5 ตารางเมตรต่อกรัม แต่โดยทั่วไปโครงสร้างที่เป็นรูพรุนของถ่านกัมมันต์จะต้องมีพื้นที่ผิวสูงอยู่ระหว่าง 500-2,000 ตารางเมตรต่อกรัม โครงสร้างเป็นรูพรุนหรือโพรงมีขนาดตั้งแต่ 20°A – $20,000^{\circ}\text{A}$ และมีคุณสมบัติดูดซับพิษสารต่างๆ ได้ดี ลักษณะทั่วไปเป็นของแข็งสีดำมีทั้งที่เป็นผงเกล็ดและเม็ดที่สามารถดูดซับสีกลิ่นของสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ได้วัสดุที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

ที่ดีในการผลิตถ่านกัมมันต์ล้วนเป็นสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบซึ่งส่วนใหญ่เป็นกลุ่มเซลลูโลสที่มาจากต้นไม้และพืชเช่นไม้จากพืชต่างๆ แกลบกะลามะพร้าวกะลาปาล์มจี๋เถี่ยซัง ข้าวโพดเป็นต้นนอกจากนี้ยังมีพวกถ่านหินเช่นลิกไนต์แอนทราไซต์ เป็นต้น ส่วนวัตถุดิบที่มาจากสัตว์ได้แก่กระดูกหรือเขาสัตว์ เป็นต้น การผลิตถ่านกัมมันต์โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือเผาวัตถุดิบให้เป็นถ่าน (Carbonization) โดยทั่วไปมักใช้วิธีเผาที่ไม่มีอากาศเพื่อไม่ให้วัตถุดิบกลายเป็นเถ้าซึ่งอุณหภูมิในการเผาประมาณ 200-400 องศาเซลเซียส หรือทำการเผาในบรรยากาศของแก๊สที่เฉื่อยคือแก๊สไนโตรเจน หลังจากนั้นนำถ่านไปเพิ่มคุณภาพด้วยเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์เรียกว่าการกระตุ้น (Activation) ซึ่งแบ่งเป็น 2 วิธีคือการกระตุ้นทางเคมีและการกระตุ้นทางกายภาพโดยทฤษฎีแล้วอินทรีย์วัตถุทุกชนิดสามารถนำมาทำถ่านกัมมันต์ได้ แต่คุณสมบัติของถ่าน และความสามารถในการดูดซับของถ่านที่ได้จะแตกต่างกันไป นอกจากนี้ อุณหภูมิและเวลาในการคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization) รวมถึงวิธีการที่ใช้ในการกระตุ้น (Activation) มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ วัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตถ่านกัมมันต์แสดงในตารางที่ 2.2



ตารางที่ 2.2 วัสดุดิบต่างๆที่ได้มีการศึกษาการนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์

| วัสดุ (Material) | วัสดุ (Material) |
|---|--|
| ชานอ้อย (Bagasse) | กากหนัง (Leather Waste) |
| กากน้ำตาล (Beet-sugar Sludges) | ถ่านลิกไนต์ (Lignite) |
| เลือด (Blood) | เปลือกถั่ว (Nut Shells) |
| กระดูก (Bones) | หินน้ำมัน (Oil Shale) |
| สารจำพวกแป้ง (Carbohydrates) | ถ่านพีท (Peat) |
| เมล็ดพืช (Cereals) | กากกรดปิโตรเลียม (Petroleum Acid Sludge) |
| ถ่านหิน (Coal) | ถ่านหินน้ำมัน (Petroleum Coke) |
| กะลามะพร้าว (Coconut Shells) | กากโปแตสเซียมเฟอโรไซยาไนด์ (Potassium) |
| กากกาแฟ (Coffee Beans) | Ferrocyanide Residue) |
| ซังข้าวโพด (Corncobs and Corn Stalks) | ของเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษ |
| เปลือกเมล็ดฝ้าย (Cottonseed Hull) | Pulp-mill Waste) |
| ของเสียจากโรงกลั่นสุรา (Distillery Waste) | แกลบ (Rice Hull) |
| ปลา (Fish) | ขี้เลื่อย (Sawdust) |
| ฝุ่นจากปล่องไฟ (Flue Dust) | ไม้ (Wood) |
| เมล็ดแข็งของผลไม้ (Fruit Pits) | |
| กราไฟต์ (Graphite) | |
| วัชพืชทะเล (Kelp and Seaweed) | |
| เขม่า (Lampblack) | |

ที่มา: อดิชา นันทน์จรรกุล, 2544

1.2.1 ชนิดของถ่านกัมมันต์ชนิดของถ่านกัมมันต์ซึ่งแบ่งตามเกณฑ์ต่างๆ

1) การแบ่งตามชนิดของตัวกระตุ้น

(1) เคมี (Chemical Activated Carbon) เป็นถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการใช้สารเคมีทำปฏิกิริยากับฟิวคาร์บอนมักเป็นพวกที่มีรูพรุนขนาดใหญ่

(2) กายภาพ (Physical Activated Carbon) เป็นถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการใช้ก๊าซออกซิไดซ์ มักเป็นพวกที่มีรูพรุนขนาดเล็ก

2) การแบ่งตามขนาดรูพรุนบนฟิวคาร์บอน

(1) ขนาดเล็ก (Micropores) คือถ่านกัมมันต์ที่มีรัศมีของรูพรุนไม่เกิน 15 นาโนเมตร มักใช้ในการดูดซับฟิวก๊าซไอระเหย

(2) ขนาดกลาง (Transitional Pores or Mesopores) คือ ถ่านกัมมันต์ที่มีรัศมีของรูพรุนประมาณ 15-100 นาโนเมตร มักใช้ในปฏิกิริยาที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Reaction)

(3) ขนาดใหญ่ (Macropores) คือถ่านกัมมันต์ที่มีรัศมีของรูพรุนใหญ่กว่า 100 นาโนเมตรมักใช้ในการฟอกสีและการผลิตยา

3) การแบ่งตามความหนาแน่นของถ่านกัมมันต์ที่ได้

(1) ความหนาแน่นต่ำถ่านกัมมันต์ประเภทนี้มักใช้ในสถานะที่เป็นสารละลาย เช่น การฟอกสีน้ำตาลดิบ หรือการทำให้น้ำบริสุทธิ์ เป็นต้น

(2) ความหนาแน่นสูงถ่านกัมมันต์ประเภทนี้มักใช้ดูดซับก๊าซพิษหรือไอระเหย

4) การแบ่งตามชนิดของสารที่ดูดซับ

(1) ก๊าซ (Gas Adsorbent) คือถ่านกัมมันต์ใช้ในการดูดซับฟิวก๊าซพิษและไอสารอินทรีย์ มักใช้ถ่านจากคาร์บอนแข็ง (Hard Artificial Char) เป็นวัตถุดิบในการผลิต

(2) สี (Color Adsorbent) คือถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการฟอกสีมักใช้ถ่านจากคาร์บอนอ่อนและไม่แข็ง (Soft Artificial Char)

(3) โลหะ (Metal Adsorbent) คือถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการแยกต่างๆ เช่น แยกทอง เงิน ออกจากแร่ที่ขุดได้

5) การแบ่งตามรูปร่างลักษณะ

(1) ถ่านกัมมันต์ชนิดผง (Powder Activated Carbon, PAC) ทำได้โดยการเอาถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มาบดรูปร่างจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวิธีการบด ซึ่งจะมีผลทำให้

คุณสมบัติการดูดซับแตกต่างกันไป ถ่านกัมมันต์ชนิดผงนี้นิยมใช้สำหรับการดูดสีในสภาวะที่เป็นของเหลวโดยทั่วไปมีขนาด 5-100 ไมโครเมตร

(2) ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (Granular Activated Carbon ,GAC) ทำจากวัตถุดิบที่เป็นเม็ด หรือแบบผงทำให้เป็นเม็ดโดยการเติมตัวประสาน (Binding Agent) ตัวอย่างเช่น ทาร์ (Tar) แล้วนำมาอัดเป็นเม็ด วัตถุดิบที่นิยมทำถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด ได้แก่ วัตถุดิบที่ค่อนข้างแข็งและมีความหนาแน่นสูง เช่น กะลามะพร้าว ถ่านหิน เป็นต้นถ่านกัมมันต์ชนิดนี้มักใช้ในการดูดกลิ่นก๊าซพิษและไอของสารละลายอินทรีย์

1.2.2 ประโยชน์ของถ่านกัมมันต์ ในอุตสาหกรรมมีการใช้ถ่านกัมมันต์อย่างแพร่หลาย การนำถ่านกัมมันต์ไปใช้ประโยชน์ในแต่ละโรงงานจะแตกต่างกันดังนี้

1) ถ่านกัมมันต์ประเภทที่ใช้การดูดซับก๊าซหรือไอ

(1) ใช้ในอุตสาหกรรมทำหน้าที่ปกป้องกันก๊าซพิษ ทั้งนี้เพราะถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับก๊าซพิษและไอเสียของสารอินทรีย์ได้

(2) ใช้แยกก๊าซโซลีนออกจากก๊าซธรรมชาติ

(3) ใช้แยกไอระเหยของตัวทำละลายที่ใช้แล้วเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ โดยถ่านกัมมันต์จะดูดซับไอระเหยเหล่านั้นที่อุณหภูมิห้องและคายออกที่ความดันของไอต่ำๆ

(4) กำจัดสิ่งเจือปนออกจากก๊าซ เช่น ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ฮีเลียม อะเซทิลีน แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ สารประกอบออร์แกนิกซัลเฟอร์ เป็นต้น

(5) กำจัดกลิ่นจากอากาศในเครื่องปรับอากาศทำให้กลิ่นเหม็นลดลง

(6) ใช้ดูดซับกัมมันตภาพรังสีออกมาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์สำหรับหน่วยปฏิกิริยาให้การสลายตัวเกิดขึ้นสมบูรณ์ขณะที่ยังถูกจับไว้ในเบตของถ่านกัมมันต์ (Activated carbon Bed)

2) ประเภทที่ใช้กับของเหลว (ฟอกสีและทำให้ของเหลวบริสุทธิ์) ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท

(1) ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำตาล อุตสาหกรรมผลิตอาหาร เครื่องดื่ม แอลกอฮอล์

(2) ใช้ในทางการแพทย์อุตสาหกรรมเคมีและยา

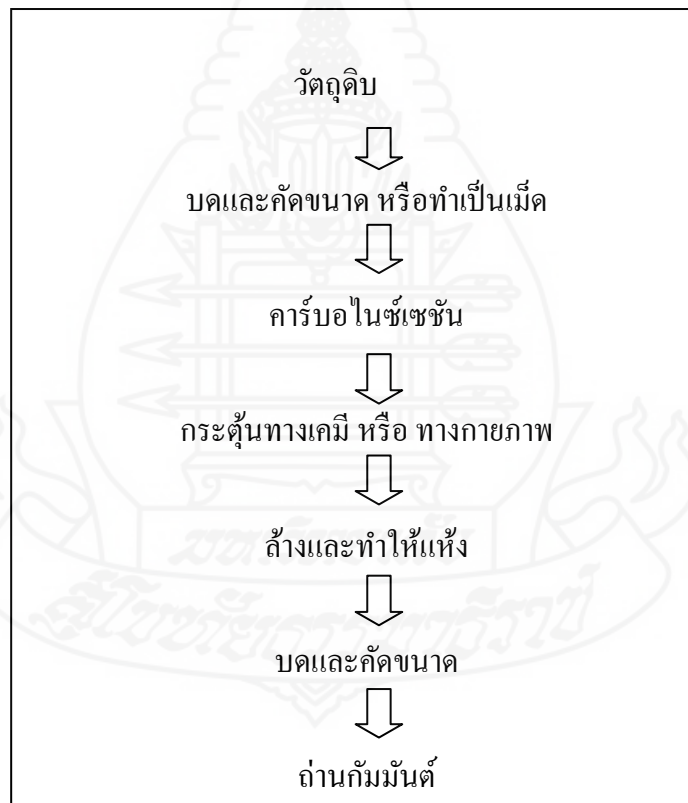
(3) ใช้ทำน้ำดื่มให้บริสุทธิ์เป็นการกำจัดรสสีและกลิ่น นอกจากนี้ยังใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

(4) ใช้แยกโลหะกับสารละลายที่ต้องการ เช่น การแยกทองหลังการสกัดจากแร่ด้วยวิธีไซยาไนด์เป็นต้น

(5) ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาหรือเป็นตัวพาสารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst Carrier)

1.2.3 การผลิตถ่านกัมมันต์ (Processing of Activated Carbon)

ในปัจจุบันกรรมวิธีผลิตถ่านกัมมันต์มีมากมายวิธีขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบลักษณะและคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ต้องการแต่โดยทั่วไปกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ประกอบด้วยขั้นตอนใหญ่ๆ 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนเตรียมวัตถุดิบให้เป็นถ่านหรือคาร์บอนในเซชัน (Carbonization) และการกระตุ้นหรือแอคติเวชัน (Activation) ดังแสดงในภาพที่ 2.2 (ปริบทรเต็มจวารศึลป้,2551)



ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนผลิตถ่านกัมมันต์ (ที่มา: ปริบทรเต็มจวารศึลป้,2551)

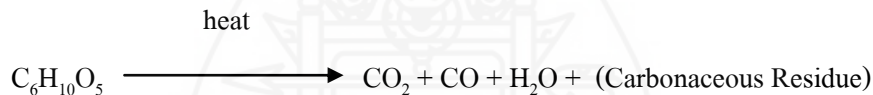
1) การเตรียมวัตถุดิบ ถ่านกัมมันต์สามารถผลิตจากวัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งการผลิตถ่านกัมมันต์สามารถเริ่มจากวัตถุดิบโดยตรงหรือเริ่มจากวัตถุดิบที่เป็น

ถ่านแล้วก็ได้ขึ้นอยู่กับการผลิต แต่โดยทั่วไปมักนำวัตถุดิบมาบดและคัดขนาดก่อนที่จะนำไปคาร์บอนไนเซชันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หลังจากนั้นทำการอบหรือตากวัตถุดิบให้แห้ง (Dehydration) แต่บางครั้งวัตถุดิบอาจมีความแข็งและเหนียว การบดวัตถุดิบโดยตรงทำได้ยาก ก็อาจนำวัตถุดิบนั้นไปคาร์บอนไนเซชันก่อนแล้วจึงนำมาบดคัดขนาดก็ได้

สำหรับวัตถุดิบที่มีลักษณะเป็นผง อาจนำมาทำให้เป็นเม็ดโดยใช้ตัวประสานเช่น แป้งน้ำมันเตา หรือทาร์ แล้วนำไปอัดเป็นเม็ดก่อนที่คาร์บอนไนเซชันเป็นขั้นตอนต่อไป

2) การทำให้เป็นถ่านคาร์บอนหรือคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization) ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการนำวัตถุดิบมาเผาในสภาวะที่มีออกซิเจนอยู่น้อยที่อุณหภูมิ 200-500 องศาเซลเซียสหรือการเผาแบบไพโรไลซิส (Pyrolysis) ซึ่งจะทำการทำให้สารที่ไม่ใช่คาร์บอนเช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน และซัลเฟอร์ ถูกไล่ออกมาในรูปก๊าซ ส่วนคาร์บอนที่มีอยู่ในรูปของเซลล์ูโลส เซลลูโลส และลิกนินจะรวมตัวกันเป็นผลึก (Microcrystalline) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ในรูปของถ่าน ขนาดของผลึกจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของเตาเผา องค์ประกอบและโครงสร้างของวัตถุดิบ

เมื่อมีการเผาวัตถุดิบให้เป็นถ่าน องค์ประกอบที่เป็นคาร์บอนที่มีอยู่จะสลายไป ซึ่งการสลายจะเกิดขึ้นคือวัตถุดิบที่มีโครงสร้างหลักเป็นเซลล์ูโลส ($C_6H_{10}O_5$) เมื่อถูกเผาในกระบวนการไพโรไลซิสจะเกิดปฏิกิริยาดังสมการ



กระบวนการคาร์บอนไนเซชันเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์เพราะเป็นขั้นตอนการสร้างโครงสร้างที่เป็นรูพรุน โดยทำให้เกิดการแตกตัวทางเคมีของสารที่ไม่ใช่คาร์บอน (เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน เป็นต้น) ออกมาในรูปของก๊าซ คาร์บอนอิสระที่มีอยู่จะรวมตัวกันอยู่ในรูปของถ่านชาร์ ถ่านชาร์ที่ได้จากการคาร์บอนไนเซชันจะมีลักษณะสำคัญ คือมีสีดำตลอด (Uniformly Black) เมื่อหักดูส่วนที่หักจะมีผิวที่เป็นมันเงา (Shiny Surface) ปลายที่หักจะแหลมคม (Sharp) ปราศจากผงฝุ่นและขี้เถ้า

ถ่านชาร์ที่ได้จากขั้นตอนการคาร์บอนไนเซชันนี้มีความสามารถในการดูดซับสูงมากเพราะว่าการทำให้เกิดถ่านชาร์จะใช้อุณหภูมิประมาณ 400-600 องศาเซลเซียสซึ่งยังมีน้ำมันทาร์ตกค้างอยู่ภายในช่องว่าง (Pore) หรือเกาะอยู่ตามผิวจึงจำเป็นต้องนำถ่านนี้ไปผ่านกระบวนการกระตุ้นเพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซับ (จตุพร วิทยาคุณ และนุรักษ์ กฤษดานุรักษ์, 2004)

3) การกระตุ้น หรือแอคติเวชัน (Activation) การกระตุ้นหรือการทำให้คาร์บอนหรือถ่านมีความสามารถในการดูดซับสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มพื้นที่ผิวและการทำให้ผิวมีความว่องไวมากขึ้น (Jankowska et al, 1991 และ Marsh, 2006)

1.2.4 วัตถุประสงค์ของการกระตุ้นถ่านคาร์บอน

1) เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวที่ว่องไว (Active Surface Area) โดยเกิดปฏิกิริยาทางเคมีทำให้โมเลกุลบางกลุ่มหลุดออกไป เกิดส่วนที่มีอำนาจดูดซับผิวขึ้นมาแทน

2) เป็นการเพิ่มความว่องไวในการว่องไวในการดูดซับผิวให้พื้นที่ที่มีอยู่แล้ว หมายถึง ทำให้อะตอมของคาร์บอนมีพลังงานศักย์สูงขึ้นโดยจัดเปลี่ยนโครงสร้างใหม่ ให้มีความว่องไวในการดูดซับผิวสูงขึ้น

3) เป็นการกำจัดอินทรีย์วัตถุหรืออนินทรีย์วัตถุต่างๆ ซึ่งเป็นสารปนเปื้อนออกจากบริเวณที่ทำหน้าที่ดูดซับผิว (Active Centers)

1.2.5 การกระตุ้นถ่านกัมมันต์ แบ่งตามกลไกที่เกิดขึ้นได้ 2 ประเภท คือ วิธีการกระตุ้นทางกายภาพ และการกระตุ้นทางเคมี

1) วิธีการกระตุ้นทางกายภาพ (Physical Activation) เป็นการผลิตถ่านกัมมันต์โดยที่ผิวคาร์บอนเกิดการเปลี่ยนแปลงเช่นการจัดเรียงตัวใหม่ เป็นต้นซึ่งจะเพิ่มความสามารถในการดูดซับผิวของถ่านให้สูงขึ้น เนื่องจากรูพรุนจะกว้างมากขึ้นและมีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น นิยมใช้ก๊าซออกซิไดซ์ต่างๆ เช่น ไอน้ำอิมตัวยังยวด คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ออกซิเจน เป็นต้นร่วมกับการใช้ความร้อน ปฏิกิริยาการกระตุ้นอาจเกิดจากความร้อนเพียงอย่างเดียวแต่ต้องใช้อุณหภูมิสูงมากถึง 1,200 องศาเซลเซียส แต่พบว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตโดยการกระตุ้นด้วยก๊าซออกซิไดซ์

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวิธีการกระตุ้นทางเคมีคือ ชนิดและปริมาณขององค์ประกอบที่มีอยู่ในวัตถุดิบ คุณสมบัติทางเคมีและอัตราส่วนของก๊าซที่ใช้อุณหภูมิขณะเกิดปฏิกิริยาและระยะเวลาของการเกิดปฏิกิริยา

ข้อดีของการกระตุ้นแบบนี้ คือ ไม่มีสารเคมีตกค้างหลังจากกระตุ้นจนได้ถ่านกัมมันต์แล้วสามารถนำไปใช้งานได้ทันที ไม่มีปัญหาในการล้างสารเคมีที่เหลือตกค้างส่วน

ข้อเสียคือต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าการกระตุ้นด้วยสารเคมี (700-1,200 องศาเซลเซียส) จึงเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน

2) วิธีการกระตุ้นทางเคมี (Chemical Activation)(Jankowska et al, 1991 และ Marsh, 2006 และสราวุธ ศรีคุณ, 2550) เป็นกระบวนการกระตุ้นโดยใช้สารเคมีเป็นตัวกระตุ้นซึ่งสารเคมีที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นสารละลายกรดหรือเกลือของโลหะ (ลลิตา นิตศนจารกุล, 2544)

การกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดติดผิว โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรศึกษาความสามารถในการดูดติดผิวตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร คือเปลือกทุเรียนและเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่ผ่านกระบวนการกระตุ้นทางเคมีโดยใช้เกลือแกง (NaCl) โดยการแช่วัตถุดิบหรือถ่านคาร์บอนในสารเคมีก่อนนำมาเผากระตุ้นวัตถุดิบหรือถ่านคาร์บอนจะดูดซับเอาสารละลายนั้นเข้าไปแทรกตัวอยู่ตามรูพรุนบนผิววัตถุดิบหรือถ่านคาร์บอนเมื่อนำไปเผากระตุ้นที่อุณหภูมิสูงประมาณ 500 - 800 องศาเซลเซียสจะเกิดการสลายตัวของสารประกอบเหล่านี้และเปลี่ยนเป็นก๊าซระเหยออกไปทำให้เกิดรูพรุนขึ้นเป็นจำนวนมากการกระตุ้นด้วยสารเคมีจะใช้อุณหภูมิในการเผากระตุ้นต่ำกว่าการกระตุ้นทางกายภาพจึงเป็นการประหยัดพลังงานมากกว่าและสารเคมีสามารถแทรกซึมลงไปยังผิวถ่านคาร์บอนได้อย่างทั่วถึงเกิดรูพรุนในถ่านกัมมันต์มากและลดขั้นตอนการผลิตได้มากแต่มีข้อเสียคือการล้างเอาสารเคมีที่ตกค้างทำได้ออกสารเคมีที่ใช้มีราคาแพงและอาจเป็นพิษต่อร่างกายตัวอย่างการกระตุ้นด้วยวิธีทางเคมีได้แก่

(1) การกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์การใช้สารละลายซิงค์คลอไรด์เป็นตัวกระตุ้นเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดวิธีหนึ่งในการผลิตถ่านกัมมันต์ทางอุตสาหกรรมโดยแช่วัตถุดิบในสารละลายซิงค์คลอไรด์ประมาณ 0.5-4 ส่วนต่อน้ำหนักของวัตถุดิบแห้ง 1 ส่วนอาจเติมกรดเกลือหรือกรดฟอสฟอริกลงไปเล็กน้อยแล้วนำไปทำการคาร์บอนในเซชันที่อุณหภูมิ 600 - 800 องศาเซลเซียสจากนั้นล้างถ่านกัมมันต์ที่ได้ด้วยน้ำหรือกรดไฮโดรคลอริกเจือจางเพื่อกำจัดซิงค์คลอไรด์ที่เหลือและสารประกอบของซิงค์คลอไรด์ที่เกิดขึ้นออกไปในทางอุตสาหกรรมสารละลายซิงค์คลอไรด์ที่ใช้แล้วสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกแต่ด้วยปัญหาการกัดกร่อนเครื่องปฏิกรณ์ทำให้ระยะหลังการใช้ซิงค์คลอไรด์เป็นสารกระตุ้นลดลงมาก

(2) การกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกการใช้กรดฟอสฟอริกเป็นสารกระตุ้นจะใช้อุณหภูมิในการเผากระตุ้นต่ำกว่าการใช้ซิงค์คลอไรด์เป็นตัวกระตุ้นคือประมาณ 400-600 องศาเซลเซียสตัวอย่างของการผลิตถ่านกัมมันต์โดยวิธีนี้ได้แก่การใช้ดินพุดหรือขี้เถ้าโดยการผสมกับสารละลายกรดฟอสฟอริกเข้มข้น 25-50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแล้วนำไปเผากระบวนการกระตุ้นด้วยวิธีนี้จะเกิดจากการดูดน้ำของกรดฟอสฟอริกซึ่งคล้ายกับการกระตุ้นโดยใช้ซิงค์คลอไรด์โดยกรดฟอสฟอริกกลายเป็นฟอสฟอรัสและไฮโดรซัลไฟด์ที่ระเหยได้จะถูกออกซิไดซ์กลับมาเป็นกรดฟอสฟอริกสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

(3) การกระตุ้นด้วยสารประกอบของโปแตสเซียมหรือโซเดียมเป็นการกระตุ้นโดยใช้สารละลายที่มีไอออนของโปแตสเซียมหรือโซเดียม (K^+ หรือ Na^+) กับวัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบแล้วให้ความร้อนไอออนของโลหะเหล่านี้จะเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างชั้น

ของผลึกของถ่านกัมมันต์เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 700 องศาเซลเซียส โมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์น้ำ และออกซิเจนจะหลุดออกไปทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ตามต้องการ (Jankowska et al, 1991 และ Marsh, 2006 และสราวุธ ศรีคุณ, 2550)

ก. วิธีการกระตุ้นทางเคมี แบ่งเป็น 2 แบบดังนี้

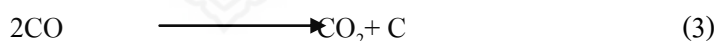
ก) แบบที่ 1 ผสมวัสดุติดกับสารเคมี โดยตรงแล้วให้ความร้อนแบบไพโรไลซิสเพื่อทำให้เป็นผลึกถ่าน พร้อมๆกับการกระตุ้น

ข) แบบที่ 2 ทำให้อัตุติคเป็นถ่านก่อนเติมสารเคมีแล้วจึงให้ความร้อนเพื่อทำการกระตุ้นอีกครั้งหนึ่ง

การกระตุ้นเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวโดยทำให้ถ่านมีรูพรุนมากขึ้น และเป็นการเพิ่มความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ประสิทธิภาพของการกระตุ้นขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุติด ชนิดของสารกระตุ้นรวมถึงวิธีการอื่น ๆ ที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์ด้วย สารเคมีที่ใช้ในการกระตุ้นนิยมใช้สารประกอบของโปแตสเซียมหรือโซเดียมเช่นโปแตสเซียมคาร์บอเนต โปแตสเซียมซัลไฟต์เป็นต้น และการกระตุ้นโดยใช้สารดูดน้ำ (Dehydrating Agent) ประเภทสารในกลุ่มเกลือโลหะคลอไรด์เช่นแคลเซียมคลอไรด์ซิงค์คลอไรด์ โซเดียมคลอไรด์ กรดฟอสฟอริกกรดซัลฟูริกเป็นต้น

เมื่อนำเอาวัสดุติดที่ต้องการทำเป็นถ่านกัมมันต์มาผสมสารประกอบที่มีไอออนของโปแตสเซียมหรือไอออนของโซเดียม ไอออนเหล่านี้จะแทรกเข้าไปอยู่ระหว่างชั้นของผลึกแกรไฟต์ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงกว่า 700 องศาเซลเซียส โมเลกุลของน้ำ ก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะหลุดออกทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ตามต้องการ

ปฏิกิริยาที่เกิดในการกระตุ้นด้วยสารประกอบของโซเดียม มีดังนี้

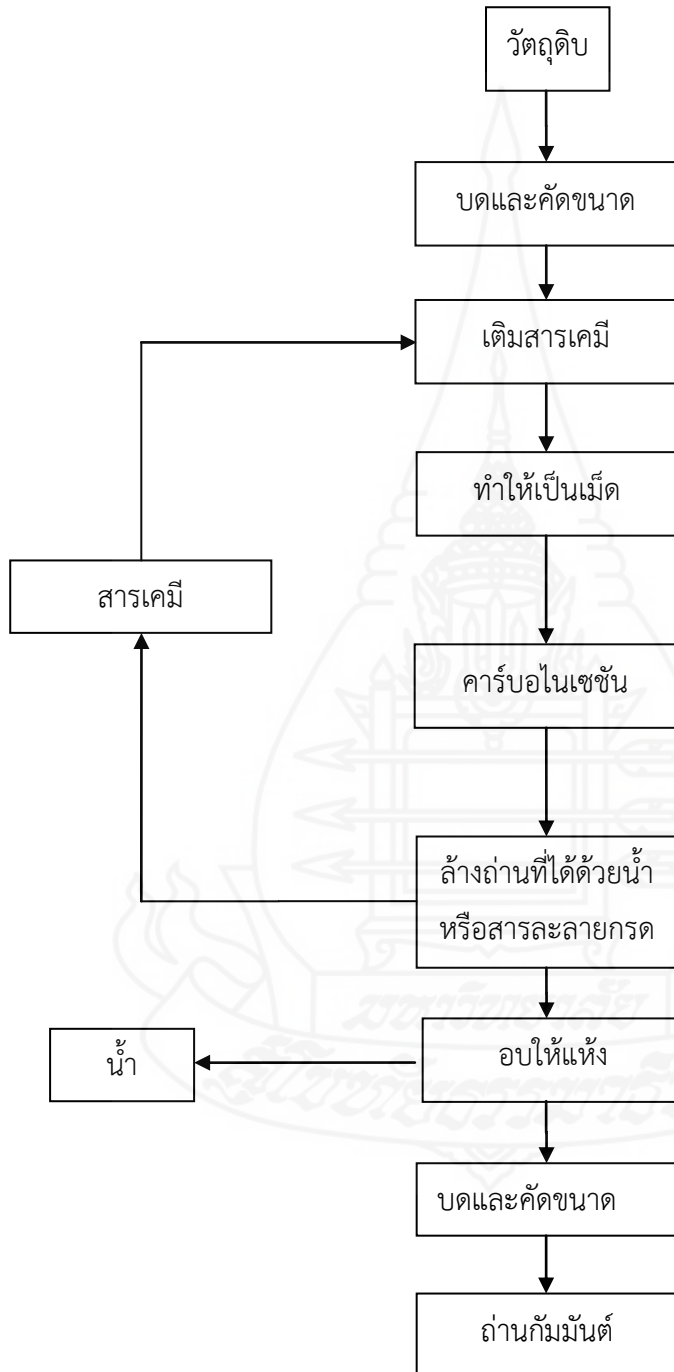


โดยที่ X คือ ไอออนของโปแตสเซียม (K^+) หรือไอออนของโซเดียม (Na^+)

ข้อดีของการกระตุ้นทางเคมี คือ การใช้อุณหภูมิในการกระตุ้นไม่สูงมาก (400-600 องศาเซลเซียส) สารเคมีแทรกซึมได้ทั่วถึงได้รูพรุนของถ่านกัมมันต์ที่ค่อนข้างใหญ่

ข้อเสียของการกระตุ้นทางเคมี คือมีสารเคมีตกค้างในถ่านกัมมันต์ทำให้ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการล้างสารเคมี รวมทั้งเครื่องมือที่ใช้ก็ต้องเป็นชนิดพิเศษ ที่สามารถ

ด้านทานการกักร่อนได้เพราะสารเคมีเหล่านี้เป็นสารกักร่อน แต่สำหรับเกลือแคง เป็นสารที่มีคุณสมบัติดูดน้ำมีราคาถูก หาซื้อได้ตามท้องตลาด และไม่ก่อให้เกิดพิษตกค้างหลังผ่านการกระตุ้นขั้นตอนผลิตถ่านกัมมันต์ โดยการใช้สารเคมีเป็นตัวกระตุ้นแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนผลิตถ่านกัมมันต์ โดยการใช้สารเคมีเป็นตัวกระตุ้น

(ที่มา: Derbyshire, Jagtoyen and Thwaites, 1995)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวิธีกระตุ้นทางเคมีคือชนิดของวัตถุดิบ ถ่านกัมมันต์ที่ได้จะมีคุณภาพแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับ โครงสร้างของวัตถุดิบ และวิธีในการกระตุ้น อุณหภูมิและเวลาในการกระตุ้นคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกระบวนการกระตุ้น และวัสดุที่แตกต่างกัน

1.2 การดูดซับด้วยถ่าน (Carbon Adsorption)

1.2.1 กระบวนการกำจัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ-เคมี การดูดซับผิวเกี่ยวข้องกับ การสะสมตัวของสารหรือความเข้มข้นของสารที่บริเวณพื้นผิว กระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นที่ ระหว่างผิวหน้าของ 2 สภาวะใดๆ เช่นของเหลวกับของเหลว ก๊าซกับของเหลว ก๊าซกับของแข็ง หรือของเหลวกับของแข็ง เป็นต้น โดยโมเลกุลหรือคอลลอยด์ของสารที่ถูกดูดซับผิวเรียกว่า สารถูกดูดซับ (Adsorbate) ส่วนของแข็งที่มีพื้นที่ผิวเกาะจับของสารถูกดูดซับผิวเรียกว่าตัวดูดซับผิว (Adsorbent) การดูดซับผิวบนถ่านถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการบำบัดทั้งน้ำดีและน้ำเสีย เพื่อใช้ในการกำจัดสิ่งสกปรกที่ละลายน้ำบางชนิด ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ออกจากน้ำเสีย เช่น บีโอดีซีโอดีทีกลีนิรส โลหะหนักยาฆ่าแมลง เป็นต้น เนื่องจากการดูดซับผิวเป็นกระบวนการที่ ง่ายต่อการควบคุมและมีประสิทธิภาพสูง และระบบที่มีความทนทานต่อสารพิษซึ่งเป็นข้อจำกัดของ ระบบชีวภาพนอกจากนี้ยังไม่มีผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง pH อุณหภูมิ หรือปริมาณ สารอินทรีย์ (Organic Load) ในระบบใช้เงินลงทุนต่ำ และระบบมีความยืดหยุ่นสูง สามารถเพิ่มหรือ ลดขนาดของระบบได้ง่าย การบำบัดน้ำโดยใช้สารดูดซับผิว

1.2.2 อัตราการเคลื่อนย้ายโมเลกุล (Rate of Molecule Transfer) อัตราการดูดซับ ผิวมีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากอัตราการดูดซับผิวที่รวดเร็วจะทำให้ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลได้ เร็วขึ้น อัตราการดูดซับผิวจะถูกควบคุมโดยขั้นตอนที่มีความต้านทานมากที่สุดในการเคลื่อนย้าย โมเลกุล ขั้นตอนในการดูดซับผิวของสารละลายโดยตัวดูดซับผิวของสารละลายโดยตัวดูดซับผิวที่มี รูพรุน มี 3 ขั้นตอนคือ

1) การขนส่งทั้งก้อน (Bulk Transport) เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นเร็วที่สุด โมเลกุลของสารที่ละลายในของเหลวจะถูกส่งไปที่ผิวหน้าของชั้นของเหลวบางๆ ที่ห่อหุ้มตัวดูดซับ ผิว

2) การขนส่งชั้นผิวหน้าของตัวดูดซับผิว (Surface Transport) เป็นขั้นตอนที่ โมเลกุลที่ผิวหน้าของชั้นของเหลวบางๆ แทรกตัวเข้าสู่ตัวดูดซับผิวการขนส่งในขั้นนี้เป็น กระบวนการที่เกิดการแพร่ผ่านของเหลว (Surface Diffusion) จัดเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราการดูด ซับผิวขั้นตอนหนึ่ง

3) การขนส่งภายในอนุภาค (Intraparticle Transport) เป็นการแพร่ของโมเลกุลของสารที่ละลายในของเหลวเข้าสู่โพรงหรือพรุนของตัวดูดซับ (Pore Diffusion) และทำให้เกิดการดูดซับขึ้นภายใน ขั้นตอนนี้อาจเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราการดูดซับ เช่นเดียวกันภายใต้สภาวะสภาวะการทำงานหนึ่งๆ การขนส่งชั้นผิวหน้าของตัวดูดซับจัดเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราการดูดซับ แต่ถ้าหากว่าภายในระบบมีสภาพความปั่นป่วนเพียงพอ ขั้นตอนการขนส่งภายในอนุภาคจะเป็นขั้นตอนที่ควบคุมอัตราการดูดซับ

1.2.3 กลไกการดูดซับ การดูดซับที่สิ่งสกปรกที่ละลายอยู่ในถ้วยถ่านกัมมันต์ในระยะแรกโมเลกุลของสิ่งสกปรกจะเคลื่อนที่ไปเกาะอยู่บนอกของเม็ดถ่านในระยะที่สองโมเลกุลของสิ่งสกปรกจะฟุ้งกระจาย (Diffusion) เข้าไปในรูของเม็ดถ่านดังนั้นอัตราการดูดซับนี้จึงถูกควบคุมด้วยอัตราการฟุ้งกระจายเข้าไปในตามรูพรุนของเม็ดถ่าน อัตราการดูดซับนี้จะไม่แปรผกผันกับกำลังสองของเส้นผ่านศูนย์กลางของโมเลกุลและจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสิ่งสกปรกในน้ำเสีย และจะลดลงตามการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักรวมของเม็ดถ่านนอกจากนี้ยังแปรผันตามกำลังสองของเวลาสัมผัสระหว่างโมเลกุลของสิ่งสกปรกกับถ่านและจะเพิ่มขึ้นถ้าค่า pH ของน้ำเสียลดลงความสามารถในการดูดซับของถ่านจะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของถ่านและชนิดของสารที่จะถูกดูดซับ ดังนั้นการใช้ถ่านดูดซับจึงจำเป็นต้องศึกษาทดลองเพื่อหาถ่านที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งาน

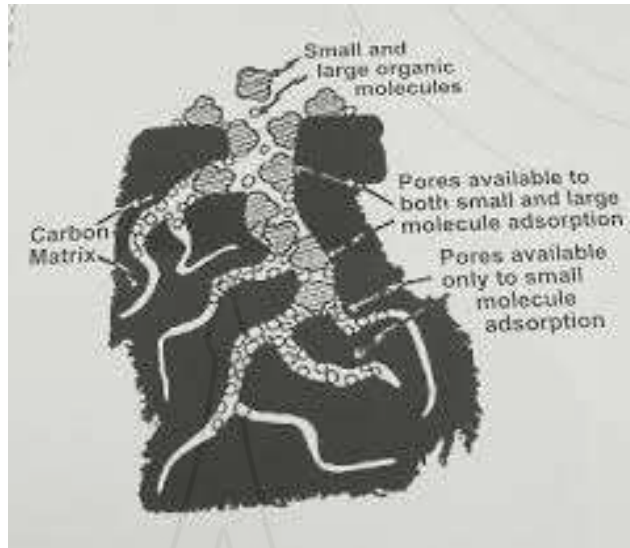
1.2.4 ขั้นตอนที่เกิดขึ้นในการดูดซับ(ชราพงษ์ วิทิตสานต์, 2553) กล่าวว่า ขั้นตอนสำคัญที่เกิดขึ้นในการดูดซับมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของตัวถูกละลายเข้าหาคาร์บอนหรือสารดูดซับ ในกรณีของคาร์บอนแบบผง การเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการกวนน้ำจนทำให้เกิดความปั่นป่วน แต่ในกรณีของคาร์บอนแบบเกร็ดการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นมีกลไก เช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นในเครื่องกรองน้ำ

2) การแพร่ชั้นฟิล์ม (Film Diffusion) เมื่อโมเลกุลของตัวถูกละลายเข้ามาถึงคาร์บอนซึ่งตามปกติมีฟิล์มของน้ำห่อหุ้มอยู่โดยรอบคล้ายเยื่อบางๆ โมเลกุลต้องแทรกตัวผ่านฟิล์มน้ำให้ได้จึงจะเข้าถึงผิวคาร์บอนได้

3) การแพร่ภายใน (Pore Diffusion) เนื่องจากคาร์บอนมีพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ที่โพรงหรือช่องว่างภายในโมเลกุลของตัวถูกละลาย จึงต้องแทรกตัวเข้าไปถึงช่องว่างภายในคาร์บอนจึงจะมีการดูดซับเกิดขึ้น

4) โมเลกุลต้องเกาะติดบนผิวคาร์บอนโดยไม่หลุด



ภาพที่ 2.4 โพรงหรือช่องว่างภายในถ่านกัมมันต์

ที่มา : <http://www.wateensolutions.com.au/page/carbon-filter>

5) การดูดติดผิว (Adsorption) ที่เกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสียอาจมีอยู่ด้วยกัน 3 ลักษณะคือ แบบแลกเปลี่ยนประจุ (Exchange Adsorption) แบบเคมี (Chemical Adsorption) และแบบกายภาพ (Physical Adsorption)

(1) แบบแลกเปลี่ยนประจุ (Exchange Adsorption) การดูดติดผิวแบบนี้อาศัยการดูดติดผิวด้วยแรงดึงดูดระหว่างไอออน (Ionic Force) หรือไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Force) บริเวณผิวหน้าของตัวดูดติดผิว

(2) แบบเคมี (Chemical Adsorption หรือ Chemisorbed) การดูดติดผิวแบบนี้อาศัยการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่อกันทำให้โมเลกุลของสารเคมีที่ถูกดูดติดผิวไม่เกิดการเคลื่อนที่บริเวณผิว

(3) แบบกายภาพ (Physical adsorption) การดูดติดผิวแบบนี้อาศัยการเกิดดูดติดแรงประเภท แวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals) ซึ่งไม่ยึดติดแน่นเหมือนกับสองแบบแรกและเป็นกระบวนการที่ผันกลับได้ มักจะเหมาะสมกับสภาวะอุณหภูมิต่ำๆ

ในกระบวนการดูดติดผิว โมเลกุลของสารที่ถูกดูดติดเข้ามาอยู่ในชั้นแรกจะสามารถเข้าไปทำปฏิกิริยากับผิวของตัวดูดติดผิวได้ จึงเกิดการดูดติดผิวทั้งแบบกายภาพและเคมี ส่วนการดูดติดผิวของโมเลกุลในชั้นต่อไปจะเกิดการดูดติดผิวแบบกายภาพเท่านั้น ซึ่งแบบ

ของจำนวนชั้นของ โมเลกุลที่ดูดซับผิวแบบกายภาพจะมีความสำคัญต่อการเลือกใช้สมการทางคณิตศาสตร์ในการประเมินความสามารถในการดูดซับผิวหรือการคำนวณไอโซเทอมการดูดซับผิว

1.2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับผิวของถ่านกัมมันต์ได้แก่

1) คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านกัมมันต์

(1) ขนาดของถ่านกัมมันต์ ถ่านกัมมันต์ที่มีขนาดเล็กจะมีอัตราการดูดซับผิวเร็วกว่า ดังนั้นถ่านกัมมันต์ชนิดผงจึงมีอัตราเร็วในการดูดซับผิวสูงกว่าถ่านกัมมันต์แบบเม็ด

(2) พื้นที่ผิว ความสำคัญโดยตรงกับความสามารถ ในการดูดซับผิวนั้นคือถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวมากย่อมดูด โมเลกุลของสารไว้ได้มากกว่าถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวน้อย

(3) ปริมาณของถ่านกัมมันต์ ถ้าใช้ถ่านกัมมันต์จำนวนมากขึ้น ประสิทธิภาพในการบำบัดก็จะมากขึ้นด้วย แต่การนำถ่านมาใช้งานจำเป็นจะต้องเลือกปริมาณที่เหมาะสม จึงควรมีการทำ ไอโซเทอมการดูดซับผิว เพื่อประเมินปริมาณถ่านที่จะนำมาใช้งาน

(4) ขนาดของรูพรุน และส่วนประกอบทางเคมีเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการดูดซับผิวเช่นกัน

2) คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของตัวถูกดูดซับ เช่น

(1) ความสามารถในการละลาย สารที่มีความสามารถในการละลายสูงจะสามารถดูดซับผิวน้อย

(2) ขนาดของโมเลกุล การดูดซับผิวจะเกิดได้ดีที่สุด เมื่อขนาดของโมเลกุลตัวถูกดูดซับมีขนาดเล็กกว่าขนาดของรูพรุนเล็กน้อย และ โมเลกุลที่มีโครงสร้างเป็นกิ่งก้าน (Branched Chain) จะถูกดูดซับผิวได้ดีกว่าโมเลกุลที่เป็นโซ่ตรง

(3) คุณสมบัติอื่นๆ เช่น ประจุไฟฟ้าของโมเลกุลและส่วนประกอบทางเคมี เป็นต้น

3) ความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับในสารละลายความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับในสารละลายจะมีผลต่อประสิทธิภาพ ในการดูดซับ โดยการดูดซับผิวในสารละลายที่มีความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับต่ำจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับผิวสูงกว่าสารละลายที่มีความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับสูง

4) คุณสมบัติของสารละลาย เช่น

(1) ค่าความเป็นกรดค่า pH เนื่องจากความสามารถในการดูดซับผิวนั้นขึ้นกับสภาพความเป็นขั้วของพื้นผิวคาร์บอน

(2) อุณหภูมิการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้การแพร่ผ่านของสารที่ถูกดูดติดผิวลงไปยังรูพรุนของถ่านได้เร็วขึ้นแต่จะส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารที่ถูกดูดติดผิวกับพื้นผิวของถ่านลดลง

5) ระยะเวลาในการสัมผัสระหว่างถ่านกัมมันต์และตัวถูกดูดติดผิวในระบบระยะเวลาในการสัมผัสระหว่างถ่านกัมมันต์กับตัวถูกดูดติดผิว เมื่อน้ำเสียสัมผัสกับถ่านเป็นเวลานาน โอกาสที่จะเกิดการดูดติดผิวจะเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดติดผิวเพิ่มขึ้น

1.2.5 คุณสมบัติต่างๆของถ่านกัมมันต์ในการนำถ่านกัมมันต์ไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่จำเป็นจะต้องมีการเลือกถ่านที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้แต่ละประเภท โดยพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของถ่าน ลักษณะคุณสมบัติของน้ำเสียหรือน้ำทิ้งตลอดจนความสะดวกในการควบคุมระบบบำบัด ฯลฯ

ลักษณะสมบัติของถ่านที่เป็นตัวกำหนดการใช้งาน ได้แก่

1) พื้นที่ผิว (Surface Area) โดยทั่วไปถ่านที่มีพื้นที่ผิวมากจะมีความสามารถในการดูดติดผิวมาก

2) ความหนาแน่นประจักษ์ (Apparent Density) ใช้ในการประเมินความสามารถในการฟื้นฟูสภาพของถ่าน (Carbon Regeneration)

3) ความหนาแน่นก้อน (Bulk Density) ใช้ในการประเมินปริมาณของถ่านในแต่ละการใช้งาน

4) ขนาดใช้งาน (Effective Size) เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (Mean Particle Diameter) และสัมประสิทธิ์ของความเสมอกัน (Uniformity Coefficient) ใช้ในการประเมินภาวะทางชลศาสตร์ (Hydraulic Conditions) ของถังดูดติดผิว (Adsorption Column)

5) ปริมาตรรูพรุน (Pore Volume) ใช้ในการประเมินการดูดติดผิวโมเลกุลในน้ำเสีย

6) การวิเคราะห์ (Sieve Analysis) เป็นตัวตรวจสอบการจัดการผลกระทบ (Plant-Handling Effects) ของถ่าน

7) หมายเลขการขัดสี (Abrasion Number) ใช้ในการประเมินความคงทนต่อการขัดสี

8) ปริมาณร้อยละของเถ้า (%Ash) บอกถึงปริมาณเถ้าของถ่านกัมมันต์

9) ความชื้น (%Moisture) บอกถึงปริมาณน้ำในถ่านจากการผลิต

10) ไอโอดีนัมเบอร์ (Iodine Number) เป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญในการประเมินความสามารถของถ่านในการดูดซับสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ และความสามารถในการฟื้นฟูสภาพของถ่านดูดซับ (Carbon Regeneration)

11) ขนาดของรูพรุน (Pore Size) เป็นตัวกำหนดความสามารถในการดูดซับโมเลกุลจำเพาะบางชนิด

1.2.6 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์(มอก.900-2547) ขอบข่ายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมถ่านกัมมันต์ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ หลายประเภท เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีและเกษตรกรรม ใช้ฟอกสีในอุตสาหกรรมอาหาร น้ำตาล น้ำมันพืช น้ำอัดลม โมโนโซเดียมแอล-กลูตาเมต (Monosodium L-Glutamate) ใช้ดูดก๊าซในกั้นกรองบุหรี่ เครื่องทำให้อากาศบริสุทธิ์ในโรงงานและใช้ในการกรองน้ำ

1) ถ่านกัมมันต์แบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ

(1) ชนิดผง (Powdered Activated Carbon)

(2) ชนิดเม็ด (Granular Activated Carbon)แบ่งออกเป็นสองชั้น

คุณภาพคือ

- ชั้นคุณภาพพิเศษ (Premium Graed)

- ชั้นคุณภาพที่ 1 (First Graed)

(3) ชนิดอัดเม็ด (Pelletised Activated Carbon)

(4) ชนิดแท่ง (Block Activated Carbon)

2) ขนาด

(1) ชนิดผงให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย แต่ปริมาณที่ผ่านแรง 150 ไมโครเมตร ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 99 โดยน้ำหนัก

(2) ชนิดเม็ดและชนิดอัดเม็ดให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย แต่ปริมาณที่ผ่านแรง 150 ไมโครเมตร ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก

(3) ชนิดแท่งให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย

3) คุณลักษณะที่ต้องการ

(1) ลักษณะทั่วไป

ก) ชนิดผงต้องเป็นผงสีดำ ปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้

ข) ชนิดเม็ดและชนิดอัดเม็ดต้องเป็นเม็ดสีดำ ปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้

ค) ชนิดแห่งต้องเป็นแห่ง ปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้ การทดสอบให้ทำการตรวจพินิจ

1.2.7 โครงสร้างทางเคมีของพื้นที่ผิวถ่านกัมมันต์(Surface Functional Groups)

พื้นผิวของถ่านกัมมันต์จะมีอะตอมที่สามารถเกิดพันธะเคมีกับอะตอมอื่นๆ ได้เช่นอะตอมของออกซิเจนและไฮโดรเจน ในกระบวนการกระตุ้นถ่านกัมมันต์ จะทำให้ธาตุเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปซึ่งเป็นผลจากกระบวนการผลิตทั้งในขั้นตอนคาร์บอนเซชัน และการเกิดพันธะเคมีบนพื้นผิว ในขั้นตอนการกระตุ้น การที่มีอะตอมของออกซิเจนและไฮโดรเจนที่ส่งผลอย่างมากต่อคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ เนื่องจากอะตอมเหล่านี้เมื่อเกิดการรวมตัวกันกับอะตอมของคาร์บอนโดยเกิดพันธะเคมี จะเกิดเป็นกลุ่มฟังก์ชันนัล (Functional groups) บนพื้นผิวถ่านกัมมันต์กลุ่มฟังก์ชันนัลที่พบบนพื้นผิวถ่านกัมมันต์ที่พบได้บ่อย ๆ ได้แก่กลุ่มฟีนอลิก ไฮดรอกซิล (Phenolic Hydroxyl Group) กลุ่มคาร์บอนิลประเภทควอนอน (Quinone Type Carbonyl Group) กลุ่มแลคโตนปกติ (Normal Lactone Group) กลุ่มแลคโตนประเภทฟลูออเรสเซินเซียม (Fluorescein Type Lactone Group) กลุ่มคาร์บอนิล (Carbonyl Group) กลุ่มกรดแอนไฮไดรด์คาร์บอนิล (Carboxyl Acid Anhydride Group) และกลุ่มวงจรรเปอร์ออกไซด์ (Cyclic Peroxide Group) นอกจากนี้ในขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์ยังเกิดเถ้า ซึ่งเถ้าและองค์ประกอบทางเคมีของเถ้ายังมีอีกด้วย

นอกจากนี้ยังพบว่า การเติมถ่านกัมมันต์ลงไปในการละลายจะทำให้ pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลง คือสามารถแสดงความเป็นกรด ซึ่งพื้นผิวที่เป็นกรดนี้มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ส่วนถ่านกัมมันต์ที่มีอะตอมของออกซิเจนน้อย จะแสดงความเป็นด่าง ซึ่งจะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุลบ

1.3 การศึกษาและทดลองวิเคราะห์ระบบดูดซับ

ในการออกแบบระบบการดูดซับด้วยถ่าน จำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาดูทดลองเพื่อให้ได้ถ่านที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดและเพื่อหาค่ากำหนดในการออกแบบระบบที่เหมาะสมที่สุด การศึกษาดูทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การทดลองแบบทีละเท (Bath Experimental) และการทดลองแบบต่อเนื่อง (Continuous Experimental)

1.3.1 การทดลองแบบทีละเท (Bath Experimental) คือการทดลองเพื่อหาความสามารถในการดูดซับของถ่าน (Adsorption Capacity) ซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น การหาความสามารถในการดูดซับ (Adsorption Isotherm Test) การหาค่าไอโอดีนัมเบอร์ (Iodine Number Test) และการหาค่าโมลาสซัมเบอร์ (Molasses Number Test) เป็นต้น แต่วิธีที่ใช้โดยทั่วไปคือ การหาไอโซเทอมการดูดซับ

1) แบบจำลองคณิตศาสตร์ของการดูดซับ

มีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หลายรูปแบบได้อธิบายถึงข้อมูลการดูดติดผิวเพื่อให้ได้รูปของสมการอย่างง่าย แล้วนำมาวาดกราฟเพื่อสามารถวิเคราะห์หาค่าคงที่ต่างๆ ได้ ซึ่งเป็นแนวทางที่นำมาใช้ในการคำนวณออกแบบระบบดูดติดผิว การวิเคราะห์ระบบดูดติดผิวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ สมการแลงเมียร์ (Langmuir Equation), สมการ (Brunauer-Emmett-Teller Equation) และสมการฟรุนดิช (Freundlich Equation) แต่ที่นิยมใช้กันมากในการดูดติดผิวสารปนเปื้อนในน้ำเสียคือสมการฟรุนดิช

(1)สมการฟรุนดิช (Freundlich Equation) ไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดิช (โสภาคินันท์, 2548) ใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีความถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีการดูดซับที่ใช้สารละลายที่ค่อนข้างเจือจาง ซึ่งสมการดังนี้

$$q_e = K_F C_e^{1/n}$$

โดยที่ q_e คือ ปริมาณของสารที่ถูกดูดซับต่อปริมาณของตัวดูดซับหรือค่าการดูดซับที่สมดุล (มิลลิกรัมต่อกรัมหรือมิลลิโมลต่อกรัม)

C_e คือ ความเข้มข้นของตัวถูกละลาย (ตัวถูกดูดซับ) ในสารละลายที่จุดสมดุล (มิลลิกรัมต่อลิตรหรือมิลลิโมลต่อลิตร)

K_F คือ ค่าคงที่สัมพันธ์กับความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับ (ลิตรต่อกรัม)

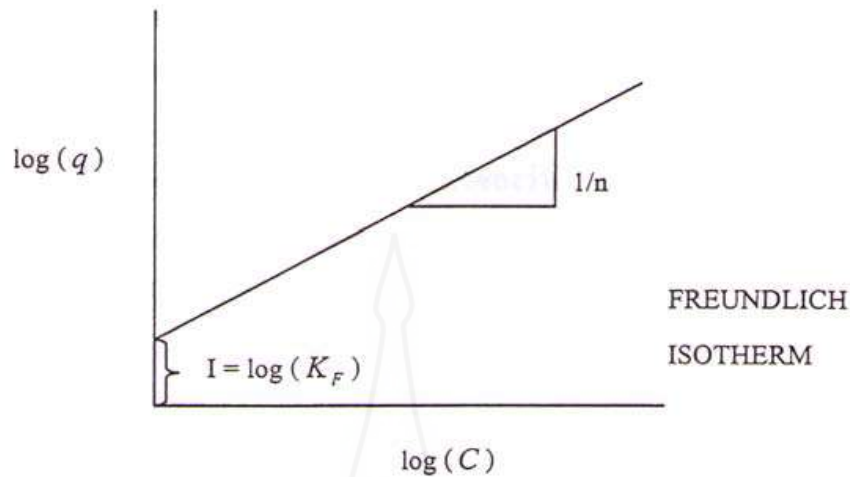
n คือ ค่าคงที่สัมพันธ์กับพลังงานของการดูดซับ

ซึ่งสามารถแสดงสมการในรูปลอกการิทึม ได้ดังนี้

$$\log(q_e) = \log(K_F) + \left(\frac{1}{n}\right) \log(C_e)$$

เมื่อเขียนกราฟระหว่าง $\log(C_e)$ กับ $\log(q_e)$ จะเป็นเส้นตรงที่มีความชัน

$1/n$ และจุดตัดแกน y เท่ากับ $\log(K_F)$ ดังแสดงในภาพ 2.5



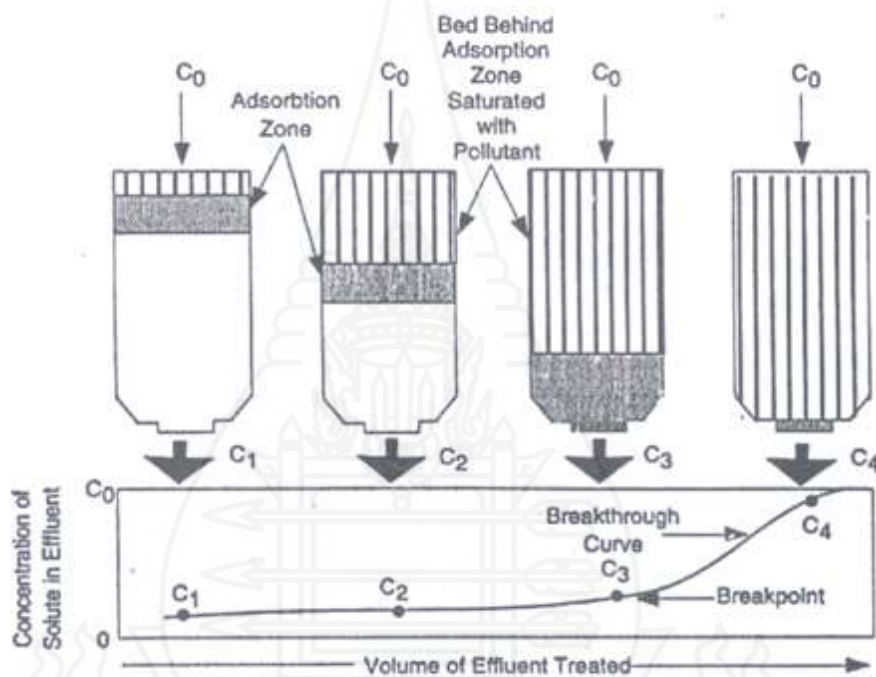
ภาพที่ 2.5 ลักษณะไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรอนด์ลิช (โศภากลินจันทร์, 2548)

จากสมการการดูดซับแบบฟรอนด์ลิชความสามารถในการดูดซับพิจารณาจากความชันของกราฟระหว่าง $1/n$ โดยถ้าเส้นกราฟที่ได้มีค่าความชันมากหรือค่า n น้อยแสดงว่าการดูดซับจะเกิดขึ้นได้ดีที่ความเข้มข้นสูงๆ แต่เกิดขึ้นได้น้อยที่ความเข้มข้นต่ำ โดยทั่วไปถ่านกัมมันต์ที่มีเส้นกราฟที่มีค่าความชันมากจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงเมื่อนำไปใช้ในระบบสัมผัส (Carbon Contacting System) ส่วนถ่านกัมมันต์ที่มีเส้นกราฟที่มีค่าความชันน้อยเหมาะที่จะนำไปใช้ในการกำจัดแบบครั้งคราว (Batch Treatment)

1.3.2 การทดลองแบบต่อเนื่อง (Continuous Experimental) การหาไอโซเทอมการดูดซับนั้นเป็นการทดลองแบบชั่วคราว ซึ่งบอกให้ทราบได้ว่าการดูดซับด้วยถ่านนั้นจะใช้ได้ผลดีหรือไม่ ซึ่งข้อมูลที่ได้นั้นยังไม่เพียงพอสำหรับการออกแบบระบบบำบัด โดยใช้การดูดซับผิวไวด์ด้วยถ่าน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการทดลองแบบต่อเนื่อง โดยใช้ท่อขนาดเล็กแทนถังบรรจุถ่านระบบดูดซับแบบนี้ น้ำเสียไหลผ่านชั้นถ่าน (ชั้นจริง) ที่อยู่กับที่ ไม่มีการเคลื่อนที่ขึ้นลักษณะการดูดซับเริ่มเกิดขึ้นบริเวณส่วนบนๆ ของถังดูดซับแบบแบ่งแล้วบริเวณการดูดซับจะค่อยๆ เคลื่อนลง และจะเกิดการดูดซับขึ้นที่ส่วนล่างของชั้นถ่าน จนกระทั่งหมดสภาพการดูดซับที่ส่วนบนของชั้น ดังนั้นความเข้มข้นของสิ่งสกปรกในน้ำเสียที่ผ่านการดูดซับแล้วจะเพิ่มขึ้นตามเวลาหรือปริมาณน้ำเสีย จนในที่สุดความเข้มข้นของสิ่งสกปรกในน้ำเสียที่ผ่านถังดูดซับแบบแบ่งจะเท่ากับความเข้มข้นที่เข้าสู่ระบบ (อริญ ขวัญปาน, 2011)

กราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในน้ำที่ผ่านชั้นถ่านแล้วต่อความเข้มข้นเริ่มต้น เทียบกับปริมาณน้ำที่ผ่านชั้นถ่านกัมมันต์คือเส้นโค้ง

ที่เรียกว่าเส้นโค้งเบรคทรูจ (Breakthrough Curve) ณ จุดที่มีการดูดซับผ่านเริ่มทำงานไม่ได้ประสิทธิภาพ นิยมเรียกว่า จุดเริ่มหมดสภาพ และหลังจากนี้ต่อไปเป็นเส้นตรงยกขึ้นสูง คือประสิทธิภาพการดูดซับค่อยๆลดลง จนผ่านหมดสภาพจนไม่สามารถบำบัดน้ำเสียได้อีก เส้นโค้งเบรคทรูจแสดงในภาพที่ 2.8 ที่จุด C_4 ที่เรียกว่าจุดหมดสภาพ (Breakthrough Point) ระยะเวลานับจากเริ่มต้นการดูดซับจนถึง จุดเริ่มหมดสภาพเรียกว่า (Breakpoint Time) ซึ่งจะมีค่าลดลงในกรณี ที่ ความสูงของชั้นถ่านลดลง เม็ดถ่านมีขนาดใหญ่ขึ้นอัตราการไหลของน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของสารที่ถูกดูดซับเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 2.5 ระบบดูดซับแบบไหลต่อเนื่องในชั้นตรึง (เกรียงศักดิ์ อุดมลินโรจน์, 2542)

1.4 การฟื้นฟูสภาพของถ่านดูดซับ (Carbon Regeneration)

เมื่อถ่านดูดซับถูกใช้งานเป็นระยะเวลานานๆ รูพรุนของเม็ดถ่านจะถูกอุดตันด้วยโมเลกุลของสิ่งสกปรก ทำให้ถ่านหมดประสิทธิภาพในการดูดซับเนื่องจากถ่านดูดซับมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นเพื่อลดราคาค่าใช้จ่ายในการกำจัดจะต้องนำถ่านดูดซับที่หมดประสิทธิภาพ (Exhausted Carbon) มาฟื้นฟูเพื่อสามารถนำกลับมาใช้งานอีก (Lyman, 1987) การฟื้นฟูถ่านดูดซับสามารถทำได้โดยการนำถ่านไปกำจัดโมเลกุลของสิ่งสกปรกที่อุดอยู่ในรูของถ่านดูดซับอาจทำได้หลายวิธี ได้แก่

1.4.1 การใช้ความร้อนในการฟื้นฟูสภาพ (Thermal Reactivation) วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก ถ่านดูดติดผิวที่หมดประสิทธิภาพแล้วจะรวมกับน้ำมีลักษณะขุ่น (Slurry) นำเข้ามาในระบบฟื้นฟูคุณภาพ หลังจากนั้นทำการแยกน้ำ (Dewater) ออกจากถ่านดูดติดผิว แล้วส่งเข้าเตาเผาที่เรียกว่า Multiple Hearth Furnace หรือ Rotary Kiln ทำการเผาที่อุณหภูมิ 870 – 980 องศาเซลเซียส ระหว่างนี้ถ่านจะถูกทำให้แห้ง และการเผาไหม้จะทำให้โมเลกุลของสิ่งสกปรกที่เป็นสารอินทรีย์บนผิวหน้า และในรูพรุนของเม็ดถ่านระเหยเป็นไอและถูกเผาทำลายตัวไป ในขั้นตอนการเผาจะต้องควบคุมปริมาณออกซิเจนเพื่อให้ความร้อนทำลายโมเลกุลของสิ่งสกปรกที่ติดผิวถ่าน แต่ไม่ทำลายเนื้อถ่าน (Cheremisinoff and Morresi 1978) หลังจากนั้นถ่านถูกดูดติดผิวที่ร้อนจัดจะถูกทำให้เย็นโดยจุ่มลงในน้ำ (Quenching) แล้วนำไปล้างแยกเศษผงถ่านออก แล้วจึงสูบไปเก็บไว้หรือนำกลับไปใช้งาน การฟื้นฟูสภาพของถ่านดูดติดผิวจะใช้เวลาประมาณ 30 นาที และสิ้นเปลืองพลังงานประมาณ 4,000-5,000 บีทียูต่อถ่านหนึ่งปอนด์ ในแต่ละขั้นตอนถ่านจะสูญหายไปประมาณร้อยละ 4-9

1.4.2 การใช้ด่างในการฟื้นฟูสภาพ (Alkaline Regeneration) วิธีนี้นิยมใช้กับตัวดูดติดผิว หรือสถานะที่ใช้ในการดูดติดผิวที่เป็นกรด

1.4.3 การใช้กรดในการฟื้นฟูสภาพ (Acid Regeneration) วิธีนี้นิยมใช้กับตัวดูดติดผิว หรือสถานะที่ใช้ในการดูดติดผิวที่เป็นด่าง

1.4.4 การใช้ตัวทำละลายในการฟื้นฟูสภาพ (Solvent Regeneration) วิธีนี้นิยมใช้กับตัวดูดติดผิวกลุ่มสารอินทรีย์

1.4.5 การใช้ไอน้ำในการฟื้นฟูสภาพ (Steam Regeneration) วิธีนี้นิยมใช้กับตัวดูดติดผิวที่เป็นไอได้ง่าย

1.4.6 การฟื้นฟูสภาพโดยวิธีทางเคมี (Chemical Regeneration) วิธีนี้นิยมใช้กับตัวดูดติดผิวที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้เช่น สารอินทรีย์

1.5 ตะกั่ว Lead (Pb)

การค้นพบตะกั่วเป็น โลหะหนึ่งที่มีมนุษย์รู้จักและนำมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่สมัยโบราณ มีหลักฐานยืนยันว่ามนุษย์รู้จักนำตะกั่วมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่ 4,000 ปีก่อนคริสตศักราช ตะกั่วมีสัญลักษณ์ Pb จากชื่อละติน Plumbum การใช้ประโยชน์ตะกั่วจัดเป็นโลหะหลักโลหะหนึ่งที่ใช้ในอุตสาหกรรมและมีเพียงไม่กี่โลหะเท่านั้นที่มีปริมาณการใช้มากกว่าตะกั่ว โลหะเหล่านี้ได้แก่ เหล็ก (Fe), ทองแดง (Cu), สังกะสี (Zn) และอะลูมิเนียม (Al) ทั่วโลกใช้ตะกั่วประมาณ 3 ล้านตันต่อปี (ประมาณการของปี 1970) และเฉพาะในสหรัฐอเมริกาก็ใช้มากถึง 1.25 ล้านตัน ส่วนในสหราชอาณาจักรใช้ประมาณ 0.5 ล้านตัน ตะกั่วใช้ประโยชน์มากที่สุด ในอุตสาหกรรมแบตเตอรี่ และใช้ในรูปของ

เตตระเอทิลเลดซึ่งใช้เติมใส่น้ำมันเพื่อเพิ่มเลขออกเทนของน้ำมันตัวอย่างการใช้ประโยชน์ที่สำคัญของตะกั่วมีดังนี้ (ที่มา : <https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet5/topic2/Pb.html>),

1) ใช้ในการสังเคราะห์สารเตตระเอทิลเลด Tetraethyllead เขียนย่อว่า TEL ซึ่งเป็นสารที่ใช้เติมใส่แก๊สโซลีนเพื่อเพิ่มเลขออกเทน (Octane Number) ของแก๊สโซลีนสาร TEL เตรียมจากเอทิลคลอไรด์ (Ethyl Chloride) และโลหะเจือของตะกั่ว

2) ใช้ในแบตเตอรี่ แบตเตอรี่รถยนต์ที่ใช้ทั่วไปเป็นเซลล์กัลวานิกที่ใช้โลหะตะกั่วเป็นแอโนดและออกไซด์ของโลหะตะกั่ว (PbO_2) เป็นคาโทด เนื่องจากอุตสาหกรรมแบตเตอรี่เป็นอุตสาหกรรมหลักชนิดหนึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่ มีอายุการใช้งานจำกัด อุตสาหกรรมแบตเตอรี่รถยนต์จึงเป็นแหล่งที่มีการใช้ตะกั่วในปริมาณมหาศาลแหล่งหนึ่ง เมื่อประมาณ 10 ปีที่ผ่านมาเอง ได้มีการค้นพบว่าเด็กที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้านที่ 8 ตำบลบางครุ อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ เกิดอาการเป็นพิษเนื่องจากตะกั่ว กล่าวคือเด็กกลุ่มอายุตั้งแต่แรกเกิดจนถึง 6 ขวบ แสดงลักษณะผิดปกติในการพัฒนาภาษาสายตาคพร่อง หรือผิดปกติ และระดับสติปัญญามีแนวโน้มที่จะต่ำกว่าระดับปกติ การวิจัยในขณะนั้นพบว่าสาเหตุตะกั่วเป็นพิษนี้เกิดขึ้นจากการนำกากหม้อแบตเตอรี่ตะกั่วที่ใช้แล้วจากโรงงานแบตเตอรี่ที่อยู่ใกล้เคียงมาถมดินและถนน เมื่อนำดินในบริเวณหมู่บ้านนี้มาวิเคราะห์พบว่าตะกั่วมีระดับสูงกว่าที่ดินที่ไม่ได้ถมด้วยกากแบตเตอรี่รถยนต์ถึง 25 เท่า การวิเคราะห์ระดับตะกั่วได้นำพืช ผัก ปลา ตลอดจนในเลือดและเส้นผมของเด็กที่อาศัยในบริเวณหมู่บ้านแห่งนี้ก็พบว่าสูงกว่าระดับเกณฑ์ปกติตามเช่นกัน

3) การใช้งานอื่นๆ ได้แก่ ใช้งานบัดกรี ทำโลหะเจือ ใช้ในการทำท่อในอุตสาหกรรมเคมี เช่น อุตสาหกรรมการผลิตกรดซัลฟูริก กระจุนปืน และเคยใช้ผสมกับสีทาบ้าน เป็นต้น (ที่มา : <https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet5/topic2/Pb.html>),

1.5.1 ความเป็นพิษของตะกั่ว

ความเป็นพิษเหมือนจากโลหะชนิดอื่น ๆ เช่น พรอท แคดเมียม ตะกั่วเป็นโลหะที่ร่างกายไม่ต้องการกล่าวคือ ไม่มีส่วนที่เกี่ยวข้องกับระบบเผาผลาญอาหาร (Metabolism) ยิ่งไปกว่านั้นตะกั่วยังเป็นพิษต่อร่างกายอย่างแรง ถ้าร่างกายรับตะกั่วเข้าไปในปริมาณสูง โดยปกติร่างกายคนเราสามารถทนต่อตะกั่วในปริมาณสูงพอสมควร มีการวิจัยพบว่าคนทั่วไปมีตะกั่วในเลือด 0.25 ppm โดยไม่เกิดอาการเป็นพิษแต่อย่างไร แต่ถ้าร่างกายรับตะกั่วเข้าไปในปริมาณมากในทันทีทันใดเช่นในเลือดมีมากกว่า 0.8 ppm จะเกิดอาการเป็นพิษอย่างฉับพลัน เช่น เกิดอาการปวดท้องอย่างแรง อูจาระมีสีดำ (เกิดจาก Pbs ในอุจจาระ) เกิดอาการ Shock ตื่นเต้นง่าย ความจำเสื่อม และทำอันตรายต่อไต อาการพิษตะกั่วอย่างฉับพลันมักเกิดในคนงานที่ทำงานในอุตสาหกรรมที่ใช้

ตะกั่วในกระบวนการการผลิต เช่น โรงงาน สังกะระห์เตตระเอทิลเลด โรงงานแบตเตอรี่รถยนต์ เป็นต้น (ชัยวัฒน์ เจนวานิชย์, 2525)

1.6 เกลือแกง

เกลือแกงมีชื่อทางเคมีว่า โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นสารเคมีที่มีประโยชน์และใช้กันมากในครัวเรือนและในอุตสาหกรรม โดยทั่วไปถ้าแบ่งออกตามแหล่งที่มาจะแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.6.1 เกลือทะเลหรือเกลือสมุทร

เป็นเกลือที่ผลิตจากน้ำทะเล โดยการทำนาเกลือจะทำในพื้นที่บริเวณชายทะเล พื้นดินเป็นดินเหนียว สามารถเก็บกักน้ำได้ดี มีน้ำทะเลขึ้นลงในระดับที่เหมาะสม จังหวัดที่มีลักษณะภูมิประเทศเหมาะกับการทำนาเกลือในประเทศไทยมีรวม 6 จังหวัดคือสมุทรสาคร สมุทรปราการ เพชรบุรี สมุทรสงคราม ฉะเชิงเทรา และชลบุรี (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ 2521) วิธีการทำนาเกลือจะปล่อยหรือสูบน้ำเกลือเข้ามา แล้วตากแดดให้น้ำเกลืออิมตัวจนกระทั่งตกผลึก กลายเป็นเกลือที่พื้นนาเกลือ แล้วจึงทำการเก็บผลึกเกลือที่ได้โดยใช้เวลารวมประมาณ 45 วัน

1.6.2 เกลือสินเธาว์

เป็นเกลือที่ได้จากเกลือที่อยู่ในดินผลิตกันมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ ผลิตได้จากการตากแดดน้ำเกลือจากบ่อน้ำเกลือผิวดิน หรือบ่อน้ำเกลือใต้ดิน และการต้มเกลือที่ค้างอยู่กับดินด้วยน้ำนอกจากประกอบด้วยสารประกอบหลักคือ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) แต่ก็มีเกลือแร่ธาตุอื่นๆ เจือปนอยู่ เช่น แคลเซียมซัลเฟต (CaSO_4) แมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO_4) และแมกนีเซียมคลอไรด์ (MgCl_2) เกลือมีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ประมาณร้อยละ 26.395 โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส ถึงแม้การละลายจะเพิ่มขึ้นบ้างที่อุณหภูมิสูง แต่เมื่อเย็นลงเกลือบางส่วนก็จะตกผลึก และจะเหลือเกลือละลายอยู่ในสารละลายอิมตัวประมาณร้อยละ 22.6 โดยน้ำหนัก

1) การทำให้เกลือบริสุทธิ์ (Rejinery) วิธีทำให้เกลือบริสุทธิ์มีหลายวิธี แต่มีหลักการที่สำคัญดังนี้ (กล้าณรงค์ ศรีรอด, 2521)

- (1) น้ำเกลือมาละลายกับน้ำสะอาดใหม่
- (2) ใช้สารเคมีเพื่อตกตะกอน หรือแยกอนุโมลของสิ่งเจือปน เช่น พวก แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟตออกเสียก่อน
- (3) ตกผลึกเกลือใหม่อีกครั้ง โดยใช้ความร้อนควบคุมได้

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเพื่อหาวัสดุในการทำถ่านกัมมันต์มีผู้วิจัยจำนวนมากทั้งในประเทศไทยและในต่างประเทศดังนี้

Kalderis et al.(2008) ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากแกลบและชานอ้อยด้วยวิธีการแบบขั้นตอนเดียวโดยการนำวัสดุดิบมากระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$) โซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดฟอสฟอริกแล้วทำการเผาที่อุณหภูมิ 600 700 และ 800 องศาเซลเซียสพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผาวัสดุทั้งสองชนิดคือ 700 องศาเซลเซียส การเผาที่อุณหภูมิสูงจะทำให้มีน้ำมันดินมากขึ้น และรูพรุนหรือโพรงของถ่านจะเกิดการยุบตัวทำให้ถ่านมีพื้นที่ผิวลดลง ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์มีพื้นที่ผิวสูงสุดโดยที่ถ่านกัมมันต์จากแกลบมีพื้นที่ผิว 750 ตารางเมตรต่อกรัมและถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยมีพื้นที่ผิว 674 ตารางเมตรต่อกรัม

Lua et al.(2005) ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกถั่วพิสตาชิโอ (Pistachio-Nut shell) โดยใช้ซิงค์คลอไรด์ทำการเผาที่ 400 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมงภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนและสูญญากาศได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิว 1635.37 และ 1647.16 ตารางเมตร/กรัมตามลำดับและจากการเผาที่ 500 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมงภายใต้สูญญากาศได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวสูงถึง 2527 ตารางเมตร/กรัม

Nabaiset al.(2008) เตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดกาแฟโดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารกระตุ้นแล้วทำการเผาที่ 650 750 และ 850 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมงภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนมีพื้นที่ผิวอยู่ระหว่าง 361 893 และ 842 ตารางเมตร/กรัมตามลำดับ

Namane et al.(2005) นำกากกาแฟมาเตรียมเป็นถ่านกัมมันต์โดยใช้สารละลายผสมระหว่างซิงค์คลอไรด์กับกรดฟอสฟอริกนำไปเผาที่ $600^{\circ}C$ เป็นเวลา 45 นาทีที่ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีพื้นที่ผิว 640 ตารางเมตร/กรัม

Namasivayam and Sangeetha.(2004) ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากไส้กาบมะพร้าวที่เป็นของแข็งเหลือใช้ทางการเกษตรโดยใช้ $ZnCl_2$ เป็นสารกระตุ้นนำคาร์บอนกัมมันต์ที่เตรียมได้ไปกำจัดฟอสเฟตโดยทำการศึกษาที่เวลาปริมาณของตัวดูดซับความเข้มข้นของฟอสเฟต pH และอุณหภูมิจากการใช้ Langmuir Model พบว่าคาร์บอนกัมมันต์มีความสามารถในการดูดซับเป็น 5.1 mg/g การดูดซับเป็นปฏิกิริยาอันดับสองกำจัดฟอสเฟตได้ดีที่ pH 3-10 มีกลไกการดูดซับทั้งแบบแลกเปลี่ยนไอออนและทางเคมี การดูดซับนี้สามารถเกิดขึ้นเองได้และเป็นชนิดดูดความร้อนการมีไอออนของเปอร์คลอเรตซัลเฟตและซิลิไนท์อยู่ร่วมด้วยทำให้การกำจัดฟอสเฟตลดลง

Koby et al.(2005) ได้ทำการศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากเม็ดลูกท้อโดยใช้การกระตุ้นทางเคมีและศึกษาคุณสมบัติต่างๆของถ่านกัมมันต์เพื่อใช้ในการดูดซับโลหะหนักธาตุ निकเกิลโคบอลต์แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว โครเมียม ในรูปของสารละลายที่ได้สังเคราะห์ขึ้นมา ผลการทดลองแบบเบทซ์พบว่า pH มีผลต่อการดูดซับของถ่านกัมมันต์โดยทำปฏิกิริยาในช่วง pH ที่ 1-6 ในกระบวนการดูดซับโลหะหนักด้วยถ่านในครั้งนี้นพบว่า ที่ pH 1-2 จะสามารถดูดซับโลหะหนักธาตุโครเมียม ไดดีและธาตุอื่นๆที่เหลือจะดูดซับได้ในช่วง pH 3-6 จากผลการศึกษาเมื่อสารละลายโลหะหนักมีค่า pH ต่ำกว่า 3 จำนวน โปรตอนจะมีมากขึ้นทำให้พื้นที่ผิวของถ่านมีไม่เพียงพอในการดูดซับถ้าหากเพิ่ม pH สูงขึ้น จะมีเปอร์เซ็นต์ในการกำจัดโลหะได้มากขึ้น

Mozammelet al.(2002) ศึกษาตัวแปรเกี่ยวกับอุณหภูมิเวลาและอัตราส่วนของการแช่ (impregnation ratio)ของการกระตุ้นต่อการเกิดเป็นถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวจากการทดลองพบว่า การเผาที่อุณหภูมิสูง (200-700 องศาเซลเซียส) ให้ผลของการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ที่ดี(ให้ค่าตัวเลขไอโอดีนสูงขึ้น) แต่เกิดเป็นถ่านกัมมันต์ได้น้อยลงเงื่อนไขของการเตรียมถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมคือที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 50 นาทีในอัตราส่วนของการแช่เป็น 40% ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้พบว่ามีทั้งรูที่มีขนาดกว้างขนาดกลางและขนาดใหญ่มีความหนาแน่นและความบริสุทธิ์สูงมีความแข็งแกร่งต่อการขัดสีได้ดี

จิราภรณ์ ธรรมศรี (2546) การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นสารกระตุ้น การศึกษาเป็นการทดลองนำเอากะลามะพร้าวมาใช้ประโยชน์ร่วมกับโซเดียมคลอไรด์ในการผลิตถ่านกัมมันต์ ซึ่งได้ศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมในการกระตุ้นถ่านกะลาให้เป็นถ่านกัมมันต์ โดยใช้สารโซเดียมคลอไรด์เป็นสารกระตุ้น โดยมีตัวแปรที่จะศึกษาคือ ระยะเวลาในการแช่ถ่านในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ อุณหภูมิและระยะเวลาในการกระตุ้น และอัตราส่วนเกลือต่อถ่าน จากนั้นนำไปผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ไปวิเคราะห์หาค่าไอโอดีน นัมเบอร์ ค่าความชื้น และทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมผ้า จากการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นถ่านกะลาให้เป็นถ่านกัมมันต์คือ อุณหภูมิที่ 700 องศาเซลเซียส ในเตาเผาความร้อนสูงเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้ตัวอย่างถ่านขนาด 1.68 ถึง 2.38 มิลลิเมตร ผสมกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ในอัตราส่วน 3 : 1 โดยน้ำหนักเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จะทำให้ถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติดังนี้ ค่าไอโอดีน นัมเบอร์ 849 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าความชื้นเท่ากับร้อยละ 7.2

ปัญญามณีจักร (2013) การพัฒนาถ่านกัมมันต์จากลูกหวางเพื่อดูดซับโครเมียม (III) ไอออน จากน้ำเสียในการวิเคราะห์ค่า COD สำหรับใช้เป็นตัวดูดซับโครเมียม กระตุ้นถ่านคาร์บอนไนซ์ด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH)ด้วยอัตราส่วนต่างๆแล้วนำไปเผากระตุ้นที่อุณหภูมิและระยะเวลาเดียวกัน พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านคาร์บอนไนซ์คือ เเผาที่ 500 องศา

เซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมงและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์คือใช้ถ่านคาร์บอนในชุดต่อ KOH อัตราส่วน 1 ต่อ 1 เผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงการดูดซับโครเมียม (III) ไอออนต่อปริมาณถ่านเท่ากับ 4.64 mg/g ซึ่งสูงกว่าถ่านกัมมันต์การค้า (Fluka 50120) ซึ่งกำจัดได้เพียง 0.61 mg/g

ภควดีสุขอนันต์ (2549) ศึกษาพื้นที่ผิวของถ่านและถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ เปลือกมังคุดเปลือกทุเรียนซังข้าวโพดและแกลบโดยการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านและถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วย $ZnCl_2$ แล้วนำไปหาพื้นที่ผิวของถ่านและถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผาถ่านคือ 450 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมงส่วนการเตรียมถ่านกัมมันต์เตรียมโดยแช่ถ่านในสารละลาย $ZnCl_2$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วนำไปเผาที่ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมงถ่านที่เตรียมได้มีพื้นที่ผิวในช่วง 151-208 m^2/g -1 (Char) ส่วนถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวอยู่ในช่วง 166-222 m^2/g -1 (Char) ซึ่งหาได้จากการใช้สมการของ Langmuir isotherm นอกจากนี้ผลการนำถ่านและถ่านกัมมันต์ไปกำจัดตะกั่วจากน้ำที่พบว่าถ่านมีแนวโน้มในการกำจัดโลหะหนักตะกั่วได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์ยกเว้นถ่านจากแกลบโดยที่ถ่านจากเปลือกมังคุดเปลือกทุเรียนซังข้าวโพดและแกลบสามารถกำจัดตะกั่วได้ร้อยละ 54.3 72.7 78.5 และ 36.8 ตามลำดับขณะที่ถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดเปลือกทุเรียนซังข้าวโพดและแกลบสามารถกำจัดตะกั่วได้ร้อยละ 33.3 38.1 42.8 และ 50.8 ตามลำดับ

ภัทรา ปัญญวัฒน์กิจ (2540) ได้ทำการวิจัยเรื่องถ่านกัมมันต์โดยใช้เกลือ (NaCl) เป็นตัวกระตุ้นใช้วัสดุดิบ 3 ชนิด คือ กะลามะพร้าว ขี้เถ้า และถ่านกะลามะพร้าว ในการทดลองใช้อัตราส่วน โดยน้ำหนักของวัสดุดิบ ต่อ NaCl เท่ากับ 1:3 และอุณหภูมิเท่ากับ 700 องศาเซลเซียส ผลที่ได้จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าเวลามีส่วนที่ทำให้คุณภาพของถ่านกัมมันต์เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเริ่มทำการกระตุ้น ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากวัสดุดิบทั้งสามจะต่ำและค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อเวลากระตุ้นเพิ่มขึ้นเมื่อเวลากระตุ้นเพิ่มขึ้นและจะลดลงเมื่อเวลากระตุ้นมากกว่าค่าๆ หนึ่ง เวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้นกะลามะพร้าว และขี้เถ้า เท่ากับ 60 นาที ส่วนถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกะลามะพร้าวมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อใช้เวลาในการกระตุ้นมากขึ้น การที่ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกะลามะพร้าวและขี้เถ้าเพิ่มขึ้นเมื่อเริ่มทำการกระตุ้นเข้าใจว่า เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของวัสดุดิบไปเป็นถ่านช่วง 30 นาทีแรกเป็นสารที่ไอน้ำและสารละลายถูกขับออกจากกะลามะพร้าวและขี้เถ้า ในช่วงนี้ขณะที่กะลามะพร้าวและขี้เถ้าเปลี่ยนสภาพไปเป็นถ่าน NaCl จะแพร่เข้าไปตามรูพรุนของถ่าน ซึ่งรูพรุนเหล่านี้เคยเป็นที่อยู่ของสารอินทรีย์และถูกขับออกไปด้วยความร้อน เมื่อปล่อยให้เป่าเป็นถ่านเย็นตัวลงถ่านจะหดตัวได้อย่างจำกัดเพราะมีสารกระตุ้นอยู่ในรูพรุน ก่อนที่จะนำเอาถ่านกัมมันต์ที่ได้ไปใช้ต้องล้างสาร

กระตุ้นออกให้หมดเพื่อให้เกิดรูพรุนในถ่านขึ้น (จำนวนรูพรุนเป็นตัวชี้คุณภาพถ่านกัมมันต์) ปริมาณสารกระตุ้นสามารถแทรกซึมเข้าไปตามรูพรุนขึ้นอยู่กับเวลาในช่วงแรกของการกระตุ้น ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์เพิ่มขึ้นแสดงว่าสารอินทรีย์ถูกขับออกมามากขึ้นและสารกระตุ้นสามารถแทรกซึมเข้าไปแทนที่มากขึ้น เมื่อทำการกระตุ้นไปได้ระยะเวลาหนึ่งสารอินทรีย์จะเหลือน้อยลงและสารกระตุ้นเข้าไปแทนที่ได้น้อยลงด้วย ทำให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์เพิ่มน้อยมากแต่ถ้าทำการกระตุ้นมากเกินไปถ่านกัมมันต์จะมีคุณภาพต่ำลงเข้าใจว่าการที่ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ลดลงเกิดขึ้นจากผิวของถ่านเริ่มสลายตัวทำให้พื้นที่ผิวลดลง

ยุพดี เส้นขาว (2557) การกำจัดไอออนแคดเมียมและตะกั่วจากน้ำเสียด้วยมะขามและเปลือกทับทิมเพื่อกำจัดไอออนแคดเมียมและตะกั่วจากน้ำเสีย โดยใช้มะขามและเปลือกทับทิมที่ไม่ปรับสภาพทางเคมีและที่ปรับสภาพทางเคมีด้วยกรดซัลฟูริกเป็นตัวดูดซับ และศึกษาสมบัติของตัวดูดซับด้วยการหาค่าการดูดซับไอโอดีน รวมทั้งศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพของตัวดูดซับ ผลการศึกษาจากการทดลองแบบกะพบว่ามะขามและเปลือกทับทิมที่ปรับสภาพมีประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ได้สูงกว่ามะขามและเปลือกทับทิมที่ไม่ปรับสภาพ ส่วนมะขามและเปลือกทับทิมที่ไม่ปรับสภาพต่างก็มีประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมได้ใกล้เคียงกับมะขามและเปลือกทับทิมที่ปรับสภาพตามลำดับนอกจากนี้ประสิทธิภาพการดูดซับไอออนจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาและความเข้มข้นของไอออนโลหะในน้ำเสีย รวมทั้งมีแนวโน้มว่าการดูดซับแคดเมียมและตะกั่วของมะขามและเปลือกทับทิมปรับสภาพมีความเหมาะสมกับไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนคลิชมากกว่าแบบแลงเมียร์

รินฤดีเบญจางคประเสริฐ (2008) การทำสารดูดซับจากกระดูกหมู ในการศึกษาการทำสารดูดซับจากกระดูกหมูนี้เตรียมถ่านกระดูกหมูโดยเผาไล่สารระเหยในบรรยากาศทำการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสด้วยสารละลายซิงก์คลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโดยใช้สารละลายซิงก์คลอไรด์ต่อกระดูกหมูในอัตราส่วนโดยมวล 1:1 1.5:1 และ 2:1 ตามลำดับเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่จะใช้ในการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนัก ตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านกระดูกทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพคือพื้นที่ผิวจำเพาะซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธีบีอีทีที่ปริมาตรจำเพาะและขนาดของโพรงหลังการกระตุ้นพบว่าถ่านกระดูกที่กระตุ้นด้วยสารละลายซิงก์คลอไรด์ต่อกระดูกหมูในอัตราส่วน 1:1 ให้ค่าพื้นที่ผิวและปริมาตรจำเพาะของโพรงมากที่สุดและมีประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วสูงที่สุดและได้ใช้อัตราส่วนนี้ในการศึกษาผลของพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีต่อการดูดซับโดยน้ำเสียสังเคราะห์ตะกั่วในเตรียมมีความเข้มข้นเริ่มต้น 50.25 มิลลิกรัมต่อลิตรเมื่อปรับเปลี่ยนพีเอชเป็น 3 4 5 6 และ 7 เขย่าด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 13 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสพบว่ากำจัดสารตะกั่ว

ได้มากที่สุดเมื่อสารละลายมีพีเอช 6 คิดเป็นร้อยละ 87.73 ส่วนการศึกษาโดยใช้สมการไอโซเทอม ทำนายประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์พบว่าค่า R^2 ของไอโซเทอมแบบ ฟรุณฑลิชและแบบแลงมัวร์มีค่า 0.9599 และ 0.9276 ตามลำดับดังนั้นทั้งสองไอโซเทอมใช้ทำนาย กลไกการดูดซับตะกั่วได้ดีแต่ไอโซเทอมแบบฟรุณฑลิชสอดคล้องกับผลการทดลองมากกว่าไอโซเทอมแบบแลงมัวร์

ลลิตา นิตฺสนจารุกุล (2544) การกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดติดผิว โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรศึกษาความสามารถในการดูดติดผิวตะกั่ว ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร คือเปลือกทุเรียน และเปลือกเม็ดยะมวงหิมพานต์ ที่ผ่านกระบวนการกระตุ้นทางเคมีโดยใช้เกลือแกง (NaCl) การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ขึ้นแรกเป็นการเตรียมถ่านกัมมันต์ ศึกษาลักษณะทางกายภาพและ ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้น โดยการวัดค่าไอโอดีนนัมเบอร์ขั้นตอนที่สองคือ การทดลองแบบไม่ต่อเนื่องหรือแบบเบตซ์เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการดูดติดผิวตะกั่ว ได้แก่ ค่า พีเอช เวลาสัมผัส และปริมาณถ่าน เพื่อทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุณฑลิช และขั้นตอน สุดท้ายคือการทดลองแบบต่อเนื่อง โดยใช้ถ่านดูดติดผิวแบบแห้งเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้งาน ของถ่าน ในขั้นตอนการทดลองเตรียมถ่านกัมมันต์พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการเผาวัสดุดิบ ให้เป็นถ่าน พร้อมกับการกระตุ้นคือ 800 องศาเซลเซียสอัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัสดุดิบต่อเกลือ แกงที่เหมาะสม ซึ่งทำให้ถ่านมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงที่สุดคืออัตราส่วน 1:0 สำหรับถ่านกัมมันต์ ทั้งสองชนิด โดยถ่านเปลือกทุเรียน และถ่านเปลือกเม็ดยะมวงหิมพานต์ จะมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ สูงที่สุดเท่ากับ 567 และ 532 มก.ของไอโอดีนต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ตามลำดับ

ศราวุชศรีคุณ (2550) ศึกษาคุณสมบัติการดูดซับสีข้อมและไอออนโลหะตะกั่วด้วย ถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากเปลือกทุเรียนด้วยกระบวนการคาร์บอนในเซชันสองแบบคือ กระบวนการคาร์บอนในเซชันภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนและภายใต้ความดันสูญญากาศและทำการ กระตุ้นต่อกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งศึกษาผลของการบำบัดถ่านกัมมันต์ด้วยสารเคมีผล การศึกษาพบว่าถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการคาร์บอนในเซชันภายใต้ความดันสูญญากาศมีพื้นที่ผิว จำเพาะปริมาตรรูพรุนประสิทธิภาพในการดูดซับ ไอโอดีนและเมทิลีนบลูดีกว่าถ่านกัมมันต์ที่ได้จาก การคาร์บอนใน-เซชันภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนการบำบัดถ่านกัมมันต์ด้วยสารละลายกรดไฮโดร คลอริกความเข้มข้น 2 โมลต่อลิตรจะทำให้พื้นที่ผิวจำเพาะปริมาตรรูพรุนประสิทธิภาพการดูดซับ ไอโอดีนและเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 แบบดีขึ้นถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากเปลือกทุเรียน และบำบัดด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 2 โมลต่อลิตรสามารถดูดซับสีเบสิกกรีน 4 (Basic Green4) ได้มากกว่าสีแอซิดบลู 113 (Acid Blue 113) และสีไครเร็กซ์บลู80

(Direct Blue 80) พบว่าไอโซเทอมการดูดซับสีเบสิกกรีน 4 และไอออนโลหะตะกั่ว (Pb²⁺) สอดคล้องกับไอโซเทอมการดูดซับของแลงเมียร์ประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมเบสิกกรีน 4 และไอออนโลหะตะกั่วของถ่านกัมมันต์ที่คาร์บอนในเซชันภายใต้บรรยากาศในโตรเจนเท่ากับ 312.50 และ 7.97 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับส่วนประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมเบสิกกรีน 4 และไอออนโลหะตะกั่วของถ่านกัมมันต์ที่คาร์บอนในเซชันภายใต้ความดันสูญญากาศเท่ากับ 312.50 และ 8.43 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับจลนพลศาสตร์การดูดซับของถ่านกัมมันต์ทั้งสองแบบสอดคล้องกับสมการจลนพลศาสตร์อัตราเร็วปฏิกิริยาเทียมอันดับสอง (Pseudo Second Order)

สุนีย์คู่เสงี่ยม (2544) การกำจัดตะกั่วและปรอทจากน้ำทิ้งอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มและกะลามะพร้าวโดยใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นตัวกระตุ้นกับถ่านกัมมันต์ที่จำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไปซึ่งได้ทำการทดสอบค่าไอโอดีนนัมเบอร์ ศึกษาลักษณะทางกายภาพ การทดสอบไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิชและการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับโดยใช้ถังดูดซับแบบแท่ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ทำการป้อนน้ำเสียแบบไหลลงด้วยอัตราการไหล 3 ลิตร/ชั่วโมง และเก็บตัวอย่างที่ระดับความสูงของสารดูดซับ 0.30, 0.60, 0.90 และ 1.20 เมตร ผลการทดลองพบว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว มีค่าไอโอดีน 532.29 มิลลิกรัมต่อกรัม พื้นที่ผิว 492.4200 ตารางเมตรต่อกรัม การทดสอบไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิชโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ พบว่า สามารถดูดซับตะกั่วและปรอท ได้ 8.37 และ 5.52 มิลลิกรัมต่อกรัม

อนิสา ทรัพย์นิวัตต และคณะ (2555) การบำบัดน้ำปนเปื้อนโลหะหนักด้วยเปลือกหอยผสมธรรมชาติ (กระช้ำ) ศึกษาการดูดซับโลหะหนักในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้เปลือกหอยผสมธรรมชาติ (กระช้ำ) ที่มีอยู่ในจังหวัดสมุทรสาครซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นหอยสองฝาได้แก่ หอยลาย หอยตลับ และหอยแครงเมื่อทำการทดลองแบบเบตซ์พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสังกะสี ทองแดง และแคดเมียม คือ พีเอช 5 ระยะเวลาปั่นกวาน 60 นาที ระยะเวลาสัมผัส 60 นาที ปริมาณ 0.25 กรัม ขนาด 2 -4.275 มิลลิเมตร โดยสามารถลดปริมาณโลหะหนักได้ 40-65 %

อรัญ ขวัญปาน (2011) ประสิทธิภาพของการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ไม้โกงกาง และเปลือกทุเรียนเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ไม้โกงกาง และเปลือกทุเรียน การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนการทดลอง ขั้นตอนหนึ่งเป็นการเตรียมถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว ไม้โกงกาง และเปลือกทุเรียนที่ผ่านการกระตุ้นทางเคมีโดยใช้โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ศึกษาลักษณะทางกายภาพและประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้น โดยการวัดค่าไอโอดีนนัมเบอร์และขั้นตอนที่สองทำการทดลองแบบทีละเท (Batch Experiment)

ศึกษาวิจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการดูดติดผิวตะกั่ว ได้แก่ pH เวลาสัมผัส และปริมาณถ่านกัมมันต์ เพื่อทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรอนคลิช



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ถ่านไมยราบยักษ์ เป็นถ่านที่เตรียมขึ้นมาเอง โดยการนำเอาส่วนของลำต้นไมยราบยักษ์ มาจากพื้นที่เขตอำเภอหนองหาน จังหวัดอุดรธานี มาตัดให้มีขนาดยาวท่อนละ 30 เซนติเมตรแล้ว นำมาเผาในหลุมเผา จากนั้นนำมาบดให้ละเอียด นำถ่านมาร่อนผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐาน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 2.1.1 ตู้อบความร้อน : Memmert UNB 200
- 2.1.2 เครื่องดูดความชื้น : Decicator auto Decicator, Modal D-Boxes
- 2.1.3 เตาเผา : Muffle Furnaces, Modal CWF 12/13
- 2.1.4 เครื่องบดละเอียด : Herzog, Modal HSM 100 H, Germany
- 2.1.5 เครื่องชั่งแบบละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง : Scientech, Modal SA 310
- 2.1.6 เครื่องให้ความร้อน Hotplate : Schott
- 2.1.7 เครื่องเขย่า (Shaker) Mettler Toledo A0245
- 2.1.8 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง : Mettler Toledo MP 120 pH Meter
- 2.1.9 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง UV-VIS Spectrophotometer : Shimadzu

UV-1800

- 2.1.10 เตาให้ความร้อน Hotplate
- 2.1.11 กระดาษกรอง Whatman GF/C
- 2.1.12 ภาชนะดินเผา พร้อมฝาเปิด
- 2.1.13 ชุดกรองสุญญากาศ
- 2.1.14 ตะแกรงคัดขนาดเบอร์ 8, 30, 100, และ 325 เมช

- 2.1.15 ชุดเครื่องแก้วได้แก่ บิวเรตต์ ปิเปต กวยกรอง บีกเกอร์ ขวดปรับปริมาตร
- 2.1.16 ครุฑิเบลพอร์ชเลน
- 2.1.17 สายยางพลาสติก
- 2.1.18 ถังน้ำพลาสติกaz

2.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

- 2.2.1 ตะกั่วออกไซด์ (PbO_2) ความบริสุทธิ์ร้อยละ 95
- 2.2.2 สารละลายกรดไนตริก (HNO_3) ความบริสุทธิ์ร้อยละ 60
- 2.2.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$) ความบริสุทธิ์ร้อยละ 98
- 2.2.4 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความบริสุทธิ์ร้อยละ 85
- 2.2.5 สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไอโอเดต (KIO_3) ความบริสุทธิ์ร้อยละ 94.4-100
- 2.2.6 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) ความบริสุทธิ์ร้อยละ 95
- 2.2.7 สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไอโอไดน์ (KI) ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.9
- 2.2.8 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ($NaCl$) ความบริสุทธิ์ร้อยละ 98
- 2.2.9 สารละลายมาตรฐานไอโอดีน ความบริสุทธิ์ร้อยละ 95
- 2.2.10 สารละลายแป้ง
- 2.2.11 น้ำกลั่น
- 2.2.12 ถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์

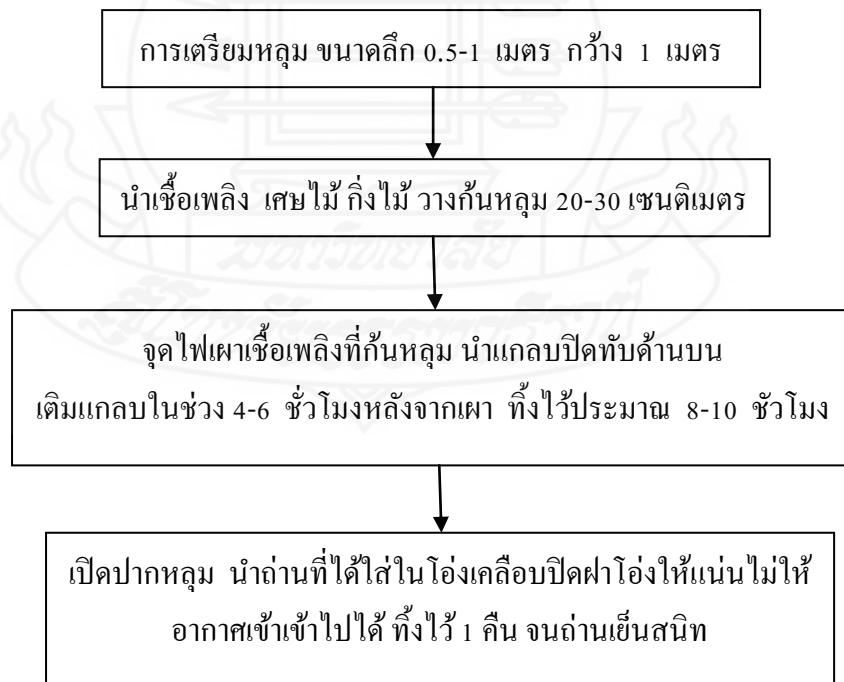
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนโดยขั้นตอนที่ 1 เป็นการเตรียมถ่านกัมมันต์ที่ได้จากไมยราบยักษ์ ทำการหาอัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุดิบต่อโซเดียมคลอไรด์ที่ทำให้ถ่านกัมมันต์มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงสุด เพื่อนำไปใช้ในการทดลองในขั้นตอนต่อไป 1) คัดขนาดนำถ่านที่ได้มาคัดขนาดให้ได้ประมาณ 3-4 มิลลิเมตร 2) นำวัตถุดิบที่ได้มาผสมกับโซเดียมคลอไรด์ที่อัตราส่วน 1:0 1:1 และ 1:2 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบต่อโซเดียมคลอไรด์แล้วบรรจุลงในภาชนะดินเผาปิดฝาแล้วนำสู่กระบวนการเผา และกระตุ้นในเตาเผาที่อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองหาผลของ

อุณหภูมิในการเผา ต่อประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 3) ล้างสารกระตุ้นหลังจากการเผาถ่านกัมมันต์มาล้างสารกระตุ้นที่เหลือจากการเผา โดยการแช่น้ำค้างคืนไว้ 1 คืน หลังจากนั้นล้างถ่านด้วยน้ำเดือด เพื่อล้างโซเดียมคลอไรด์ออก นำไปอบแห้งแล้วบดละเอียดจนสามารถร่อนผ่านตะแกรงคัดขนาด (ตามมาตรฐานที่ใช้วิเคราะห์หาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ตามวิธีการของ ASTM D 4607) ร่อนผ่านตะแกรงคัดขนาดเบอร์ 100 เมช ได้ 95 % และผ่านตะแกรงคัดขนาดเบอร์ 325 เมช ได้ 60 % 4) วิเคราะห์หาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ นำถ่านที่ผ่านการเผาที่อัตราส่วนต่าง ๆ และถ่านที่ผ่านการกรองขนาด 300 เมช ที่ร่อนผ่านตะแกรงแล้ว มาวิเคราะห์หาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ขั้นตอนที่ 2 เป็นการศึกษาความสามารถในการดูดติดผิวตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากขั้นตอนแรก โดยศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดติดผิว โดยทำการทดลองแบบทีละเท (Batch Experimental) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

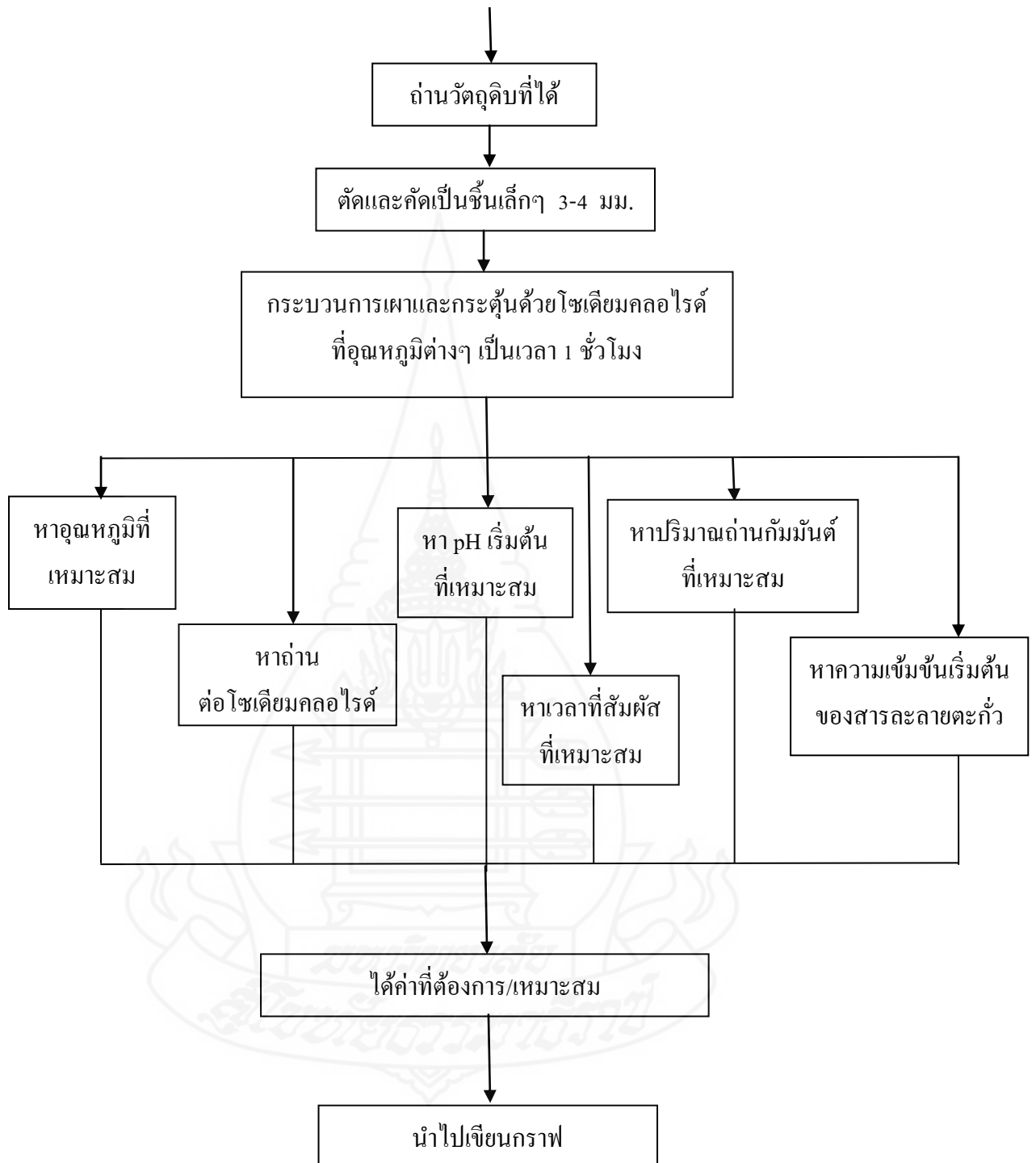
3.1 การเตรียมถ่านกัมมันต์

ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์ และปัจจัยที่มีต่อประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์คือผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา เวลาที่ใช้ในการกระตุ้นและอัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัสดุดิบต่อโซเดียมคลอไรด์ซึ่งเป็นตัวกระตุ้น



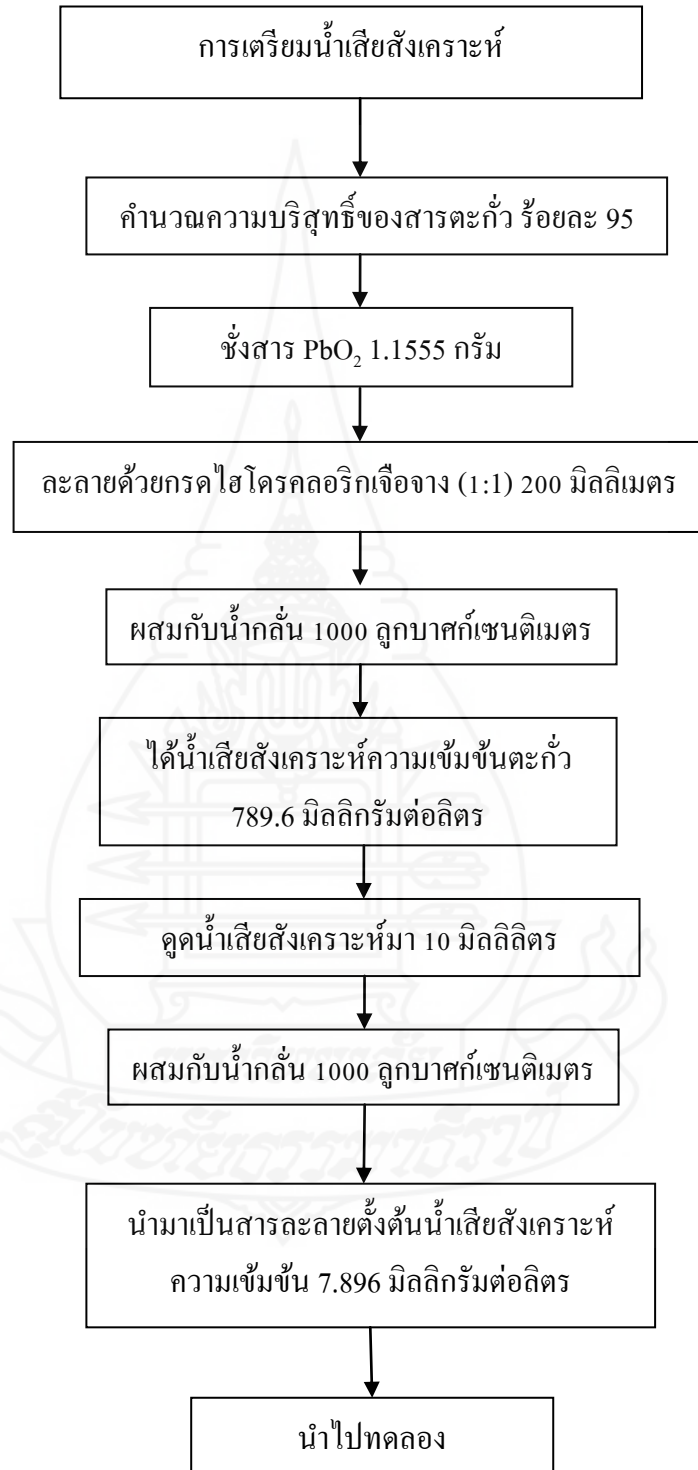
(ต่อ)

(ต่อ)



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมถ่านและการทดลอง

3.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์



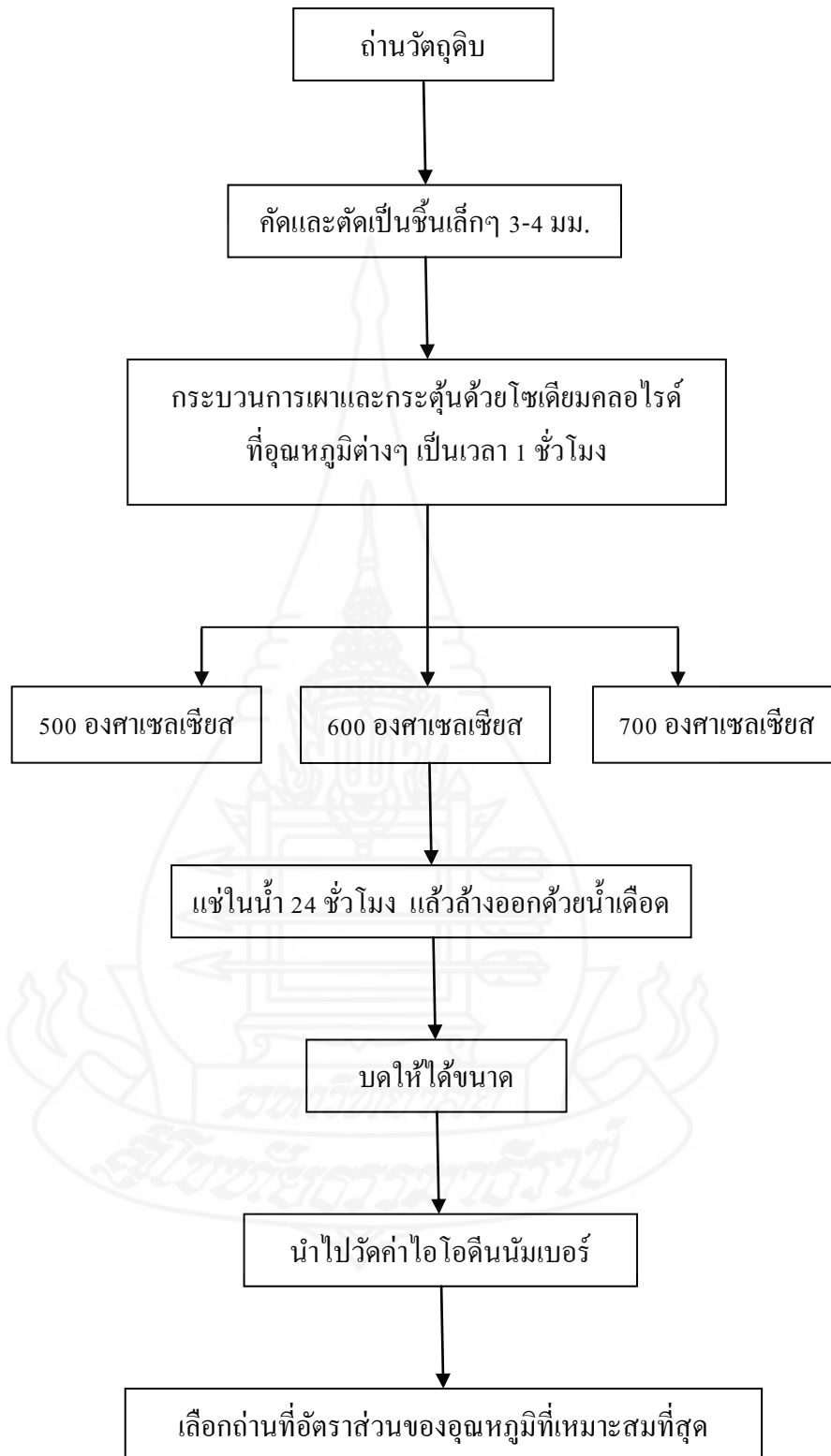
ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

3.1.1 การแปรสภาพอินทรีย์วัตถุให้เป็นถ่าน

- 1) การเตรียมหลุม ขุดหลุมลึกประมาณ 0.5-1 เมตร กว้าง 1 เมตร
- 2) นำเชื้อเพลิงวางก้นหลุม โดยวางหนาประมาณ 20-30 เซนติเมตร เชื้อเพลิงที่ใช้ได้แก่ เศษใบไม้ กิ่งไม้เล็กๆ ฟางข้าว
- 3) จุดไฟเผาเชื้อเพลิงที่ก้นหลุม เมื่อไฟเริ่มติดบริเวณผิวด้านบนของเชื้อเพลิงให้ใส่วัสดุคืบทีละน้อยจนเต็มหลุม รอจนสังเกตเห็นว่าไฟเริ่มลุกติดวัสดุคืบ
- 4) นำแกลบปิดทับด้านบนให้หนาพอที่ควันไฟไม่สามารถขึ้นมาได้ ในช่วงนี้ต้องคอยเติมแกลบในช่วง 4-6 ชั่วโมงหลังจากเผา ทิ้งไว้ประมาณ 8-10 ชั่วโมง
- 5) เปิดปากหลุม นำถ่านที่ได้ใส่ในโถงเคลือบปิดฝาโถงให้แน่นไม่ให้อากาศเข้าเข้าไปได้เพื่อลดการเกิดเชื้อรา ทิ้งไว้ 1 คืน จนถ่านเย็นสนิท
- 6) นำถ่านที่ได้จากขั้นตอนข้างต้นมาคัดขนาดให้ได้ประมาณ 3-4 มิลลิเมตร เพื่อเตรียมใช้ในกระบวนการกระตุ้นในขั้นตอนต่อไป

3.1.2 ผลของอุณหภูมิในการเผาต่อประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์

- 1) ทำการบรรจุวัสดุคืบในภาชนะดินเผาปิดฝา นำเข้าสู่กระบวนการเผา และกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ที่อุณหภูมิ 500, 600, และ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- 2) ล้างสารกระตุ้นหลังจากการเผา นำถ่านกัมมันต์มาล้างสารกระตุ้นที่เหลือจากการเผาโดยการแช่น้ำค้างคืนไว้ 1 คืน หลังจากนั้นล้างถ่านกัมมันต์ด้วยน้ำเดือดเพื่อล้างสารโซเดียมคลอไรด์ออก แล้วนำไปอบแห้งแล้วบดละเอียดจนสามารถร่อนผ่านตะแกรงคัดขนาดตามมาตรฐาน
- 3) วิเคราะห์ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ นำถ่านที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ ไปวิเคราะห์ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ตามวิธีการของ ASTM D 4607 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ที่ทำการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ และเลือกอุณหภูมิการเผาที่ให้ถ่านกัมมันต์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด มาใช้ในการทดลองในขั้นตอนต่อไป ขั้นตอนการทดลองแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการเตรียมถ่านพิจารณาอุณหภูมิที่เผา

3.1.3 ผลของอัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุดิบต่อโซเดียมคลอไรด์ต่อประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์

1) คัดขนาดนำถ่านที่ได้มาคัดขนาดให้ได้ประมาณ 3-4 มิลลิเมตร

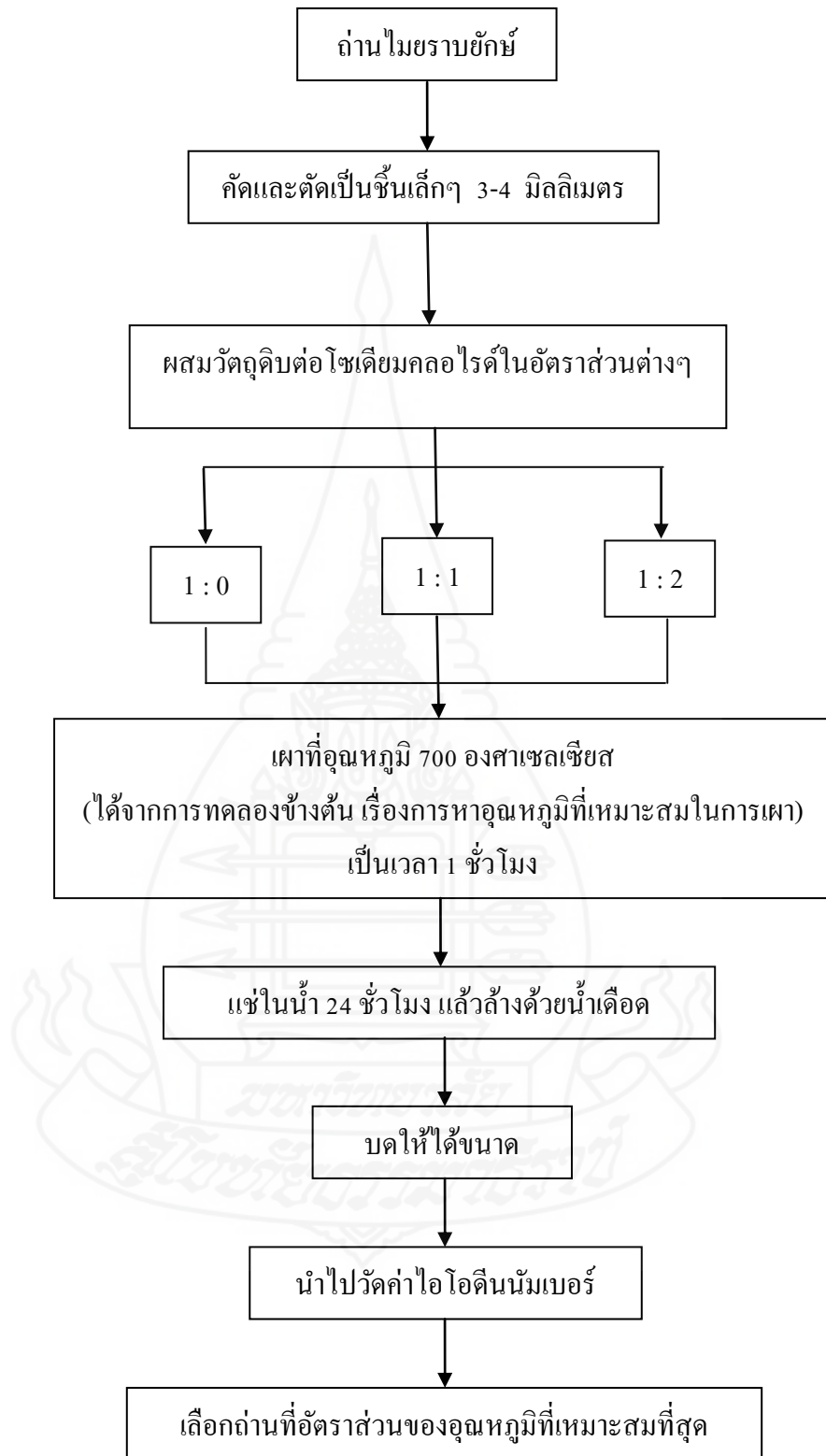
2) ผสมกับโซเดียมคลอไรด์ นำวัตถุดิบที่ได้มาผสมกับโซเดียมคลอไรด์ที่อัตราส่วน 1:0 1:1 และ 1:2 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบต่อโซเดียมคลอไรด์แล้วบรรจุลงในภาชนะดินเผาปิดฝา แล้วนำสู่กระบวนการเผา และกระตุ้นในเตาเผาที่อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองหาผลของอุณหภูมิในการเผา ต่อประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง อัตราส่วนของวัตถุดิบต่อโซเดียมคลอไรด์ที่อัตราส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุดิบต่อโซเดียมคลอไรด์ต่อประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์

| วัตถุดิบ | อัตราส่วนของวัตถุดิบ/ โซเดียมคลอไรด์ | จำนวนวัตถุดิบที่ทำการเผากระตุ้น (ส่วน) | โซเดียมคลอไรด์ที่เติมลงในวัตถุดิบในขั้นตอนการเผาและกระตุ้น |
|----------|---|--|--|
| | 1:0 | 1 | - |
| วัตถุดิบ | 1:1 | 1 | 1 |
| | 1:2 | 1 | 2 |

3) ล้างสารกระตุ้นหลังจากการเผา นำถ่านกัมมันต์มาล้างสารกระตุ้นที่เหลือจากการเผา โดยการแช่น้ำค้างคืนไว้ 1 คืน หลังจากนั้นล้างถ่านด้วยน้ำเดือด เพื่อล้างโซเดียมคลอไรด์ออก นำไปอบแห้งแล้วบดละเอียดจนสามารถร่อนผ่านตะแกรงคัดขนาด (ตามมาตรฐานที่ใช้วิเคราะห์หาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ตามวิธีการของ ASTM D 4607) ร่อนผ่านตะแกรงคัดขนาดเบอร์ 100 เมช ได้ 95 % และผ่านตะแกรงคัดขนาดเบอร์ 325 เมช ได้ 60 %

4) วิเคราะห์หาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ นำถ่านที่ผ่านการเผาที่อัตราส่วนต่าง ๆ และถ่านที่ผ่านการกรองขนาด 300 เมช ที่ร่อนผ่านตะแกรงแล้ว มาวิเคราะห์หาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ทำการเผาที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุดิบต่อสารกระตุ้นที่ต่างกัน และเลือกอัตราส่วนที่ให้ถ่านกัมมันต์ประสิทธิภาพสูงสุด มาใช้ในการทดลองประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่ว ขั้นตอนการทดลองแสดงในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการเตรียมถ่านพิจารณาอัตราส่วนน้ำหนักต่อสารกระตุ้น

5) ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของถ่านกัมมันต์ได้ดังต่อไปนี้

- (1) ค่าการดูดติดผิวไอโอดีนตาม ASTM D 4607-86
- (2) ค่าพีเอชตาม ASTM D 3838-80

3.2 การศึกษาความสามารถในการดูดติดผิวตะกั่ว

ศึกษาความสามารถในการดูดติดผิวตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการทดลองข้างต้น โดยใช้การทดลองแบบทีละเท (Batch Experimental) และศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดติดผิว ได้แก่ อิทธิพลของค่า pH เวลาสัมผัส ปริมาณถ่านกัมมันต์ และปริมาณตะกั่ว

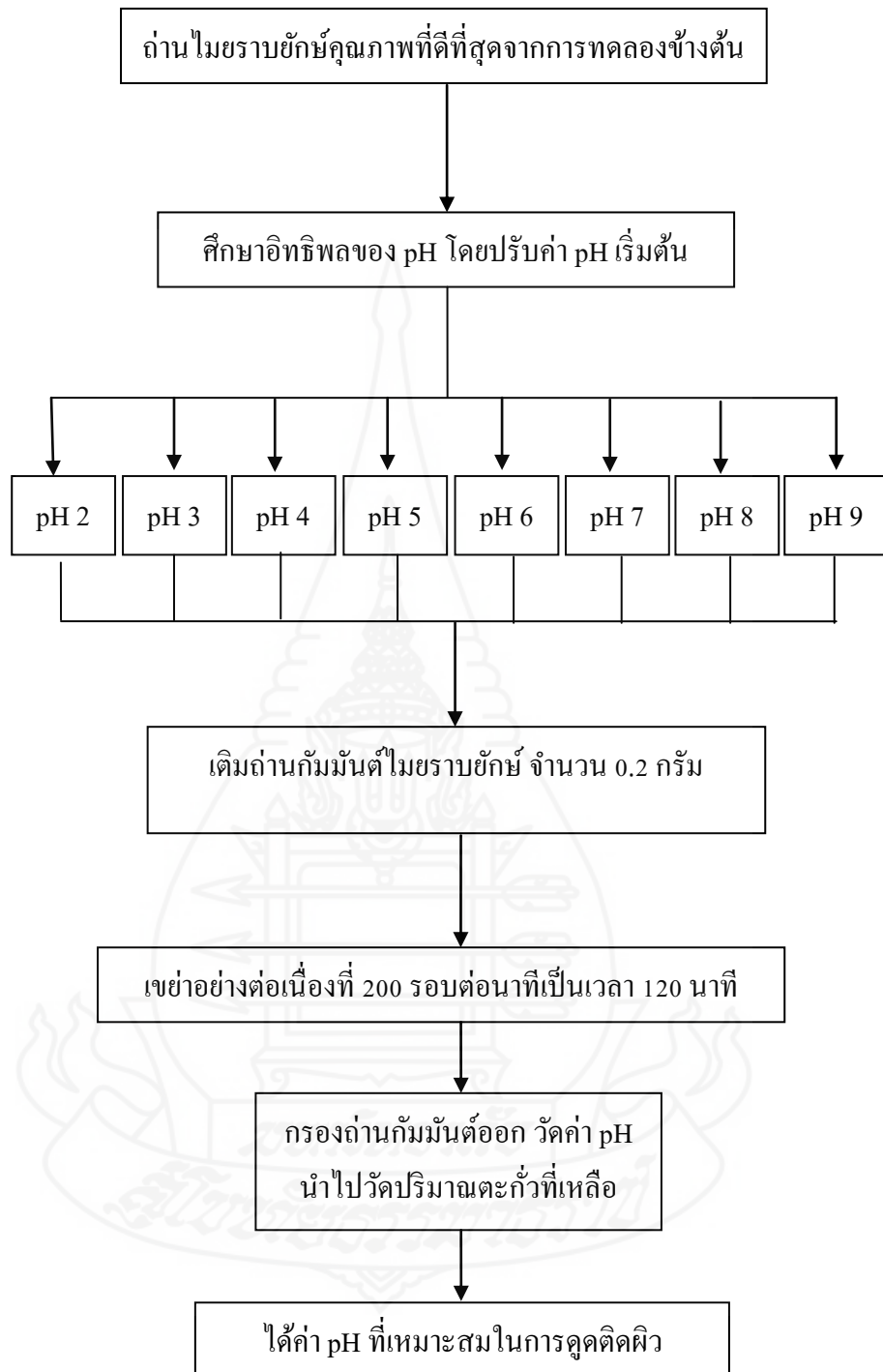
3.2.1 อิทธิพลของ pH ต่อการดูดติดผิว

1) ปรับค่า pH นำน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 ลบ. ซม. ที่ปรับค่า pH ให้เท่ากับ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แล้วกรองตะกอนออกโดยใช้กระดาษกรอง แล้วนำน้ำเสียไปวัดค่าความเข้มข้นตะกั่วที่เหลืออยู่

2) เขย่าบนเครื่องเขย่า นำน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 ลบ. ซม. ที่ปรับค่า pH ให้เท่ากับ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ใส่ลงในขวดรูปชมพูนขนาด 250 ลบ. ซม. เติมผงถ่านกัมมันต์ปริมาณ 0.2 กรัม ลงในขวดแต่ละใบ นำขวดไปเขย่าบนเครื่องเขย่าเป็นเวลา 120 นาที

3) แยกผงถ่านกัมมันต์ออกโดยนำไปกรองผ่านกระดาษกรองวัดค่า pH ของน้ำเสียหลังเขย่าแล้วนำน้ำเสียไปวัดค่าความเข้มข้น ตะกั่วที่เหลืออยู่ ทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ

4) ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนแรก แล้วเปรียบเทียบเลือกค่า pH ที่ดีที่สุดเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป ขั้นตอนการทดลองแสดงในภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการศึกษาอิทธิพลของ pH ที่เหมาะสมในการทดลองแบบทีละเท
(Batch Experiment)

3.2.2 อิทธิพลของเวลาสัมผัสต่อการดูดติดผิว

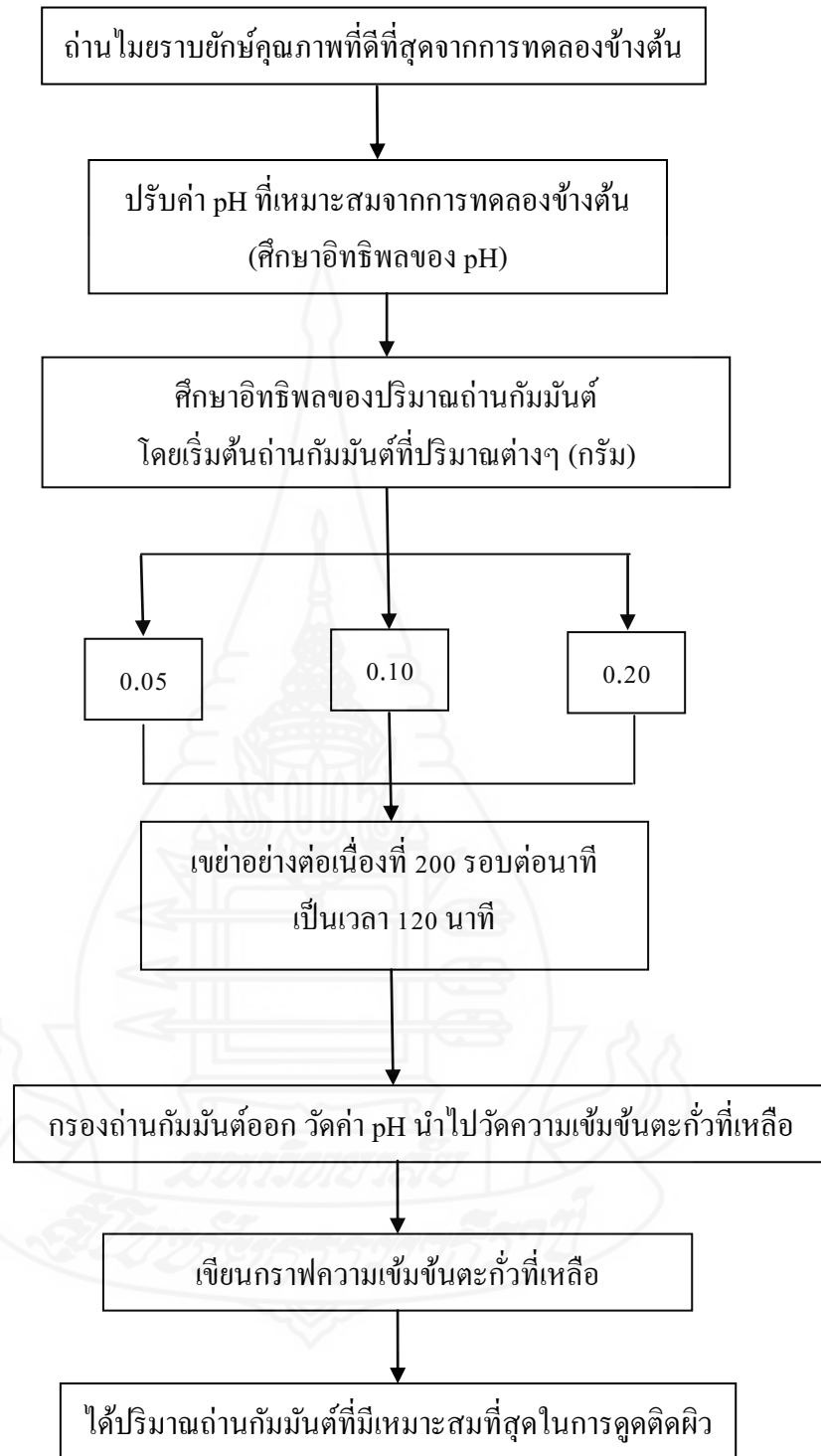
- 1) เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ นำน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 ลบ.ซม. ที่ปรับค่า pH ให้เท่ากับการทดลองในขั้นตอนขั้นต้น ใส่ลงในขวดรูปชมพูนขนาด 250 ลบ.ซม. เติมผงถ่านกัมมันต์ปริมาณ 0.1 กรัม ลงในขวดแต่ละใบ
- 2) นำขวดรูปชมพู่ไปเขย่าบนเครื่องเขย่าเป็นเวลา 5, 10, 15, 30, 60 และ 120 นาที
- 3) แยกผงถ่านกัมมันต์ออก โดยนำไปกรองผ่านกระดาษกรองวัดค่า pH ของน้ำเสียหลังเขย่าแล้วนำน้ำเสียไปวัดปริมาตรตะกั่วที่เหลืออยู่ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง
- 4) ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนแรก แล้วเปรียบเทียบเลือกเวลาสัมผัสที่ดีที่สุด เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.2.3 อิทธิพลของปริมาณถ่านกัมมันต์ต่อการดูดติดผิว

- 1) เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ นำน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 ลบ.ซม. ที่ปรับค่า pH ให้เท่ากับการทดลองในขั้นตอนข้างต้น ใส่ลงในขวดรูปชมพูนขนาด 250 ลบ.ซม.
- 2) นำขวดไปเขย่าบนเครื่องเขย่า เติมผงถ่านกัมมันต์ปริมาณ 0.05, 0.10 และ 0.20 กรัม (ถ่านกัมมันต์มีความเป็นด่างสูง จึงใช้ปริมาณดังกล่าวในการทดลอง) ลงในขวดแต่ละใบ นำไปเขย่าบนเครื่องเขย่า เป็นเวลา 120 นาที
- 3) แยกผงถ่านกัมมันต์ออก โดยนำไปกรองผ่านกระดาษกรองวัดค่า pH ของน้ำเสียหลังเขย่า แล้วนำน้ำเสียไปวัดค่าความเข้มข้นตะกั่วที่เหลืออยู่ ทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ
- 4) เขียนกราฟค่าความเข้มข้นตะกั่วที่เหลืออยู่
- 5) ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนแรก แล้วเปรียบเทียบเลือกปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่ดีที่สุด เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป



ภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการศึกษาอิทธิพลของเวลาสัมผัสที่เหมาะสมในการทดลองแบบทีละเท
(Batch Experiment)

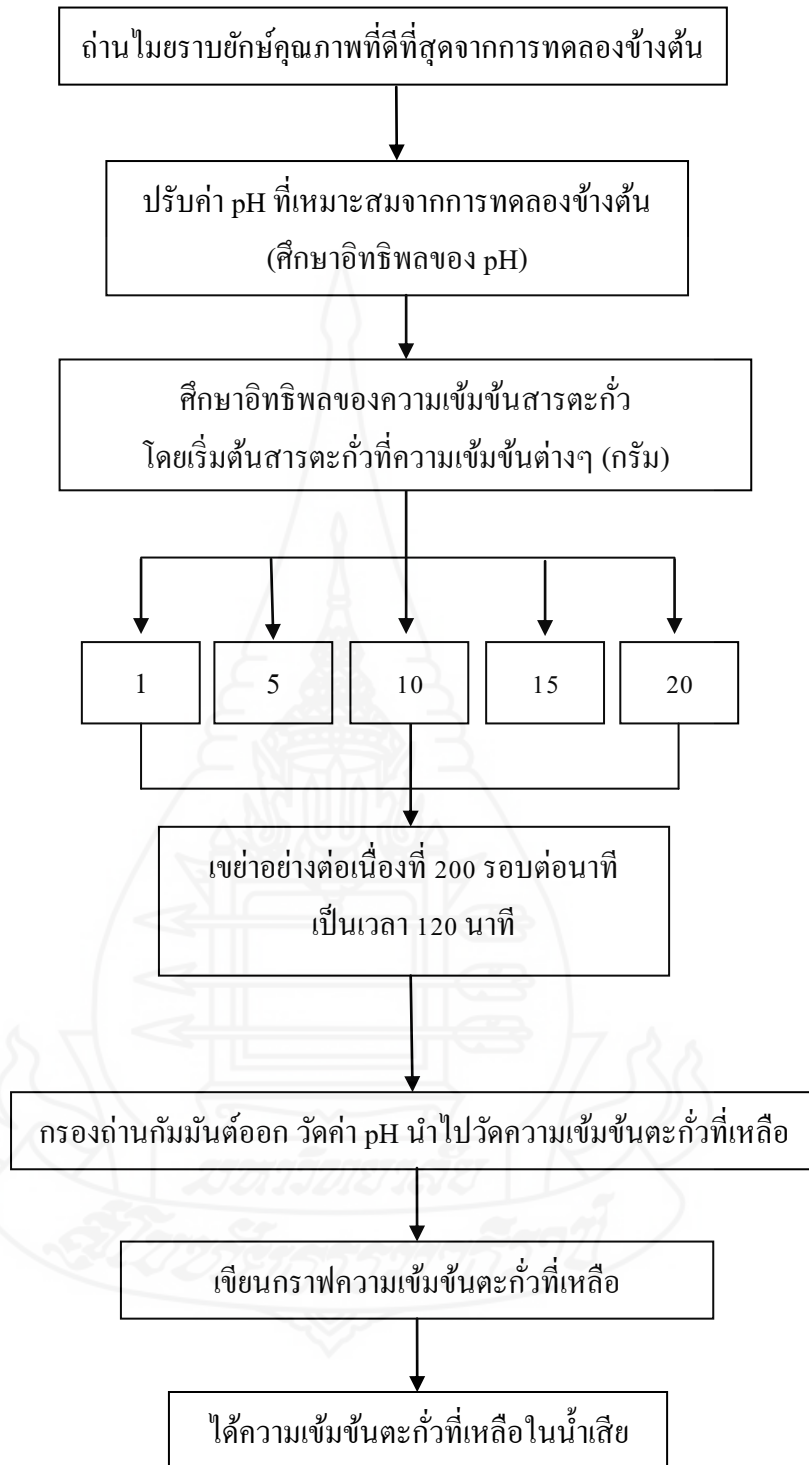


ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการศึกษาอิทธิพลของปริมาณถ่านกัมมันต์ในการทดลองแบบทีละเท (Batch Experiment)

4.2.4 อิทธิพลของปริมาณตะกั่วต่อการดูดติดผิว

- 1) เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ นำตะกั่วสังเคราะห์ความเข้มข้น 1, 5, 10, 15, 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรที่ปรับค่า pH ให้เท่ากับการทดลองในขั้นตอนข้างต้น ใส่ลงในขวดรูปชมพูนขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 2) นำขวดไปเขย่าบนเครื่องเขย่า เติมผงถ่านกัมมันต์ปริมาณ 0.20 กรัมลงในขวดแต่ละใบ นำไปเขย่าบนเครื่องเขย่า เป็นเวลา 120 นาที
- 3) แยกผงถ่านกัมมันต์ออกโดยนำไปกรองผ่านกระดาษกรองวัดค่า pH ของน้ำเสียหลังเขย่า แล้วนำน้ำเสียไปวัดค่าความเข้มข้นตะกั่วที่เหลืออยู่ ทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ
- 4) เขียนกราฟค่าความเข้มข้นตะกั่วที่เหลืออยู่
- 5) ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนแรก แล้วเปรียบเทียบเลือกน้ำเสียตะกั่วสังเคราะห์ที่ดีที่สุด





ภาพที่ 3.8 ขั้นตอนการศึกษอิทธิพลของความเข้มข้นสารตะกั่วในการทดลองแบบทีละเท
(Batch Experiment)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

4.1.1 สถิติพรรณนา ได้แก่ จำนวนร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.1.2 สถิติอนุมาน ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ; ANOVA)



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยขั้นตอนที่ 1 เป็นการเตรียมถ่านจากถ่านไมยราบยักษ์ ทำการหาอัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุดิบต่อโซเดียมคลอไรด์ที่ทำให้ถ่านกัมมันต์ มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงสุดไปใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป ขั้นตอนที่ 2 เป็นการศึกษาความสามารถในการดูดติดฟิวตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ของถ่านกัมมันต์ ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 โดยศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดติดฟิว โดยการทดลองแบบทีละเท (Batch Experimental) ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ แยกเป็นการทดลองแต่ละขั้นตอนลำดับในรูปแบบของภาพประกอบตาราง และกราฟ ดังนี้

1. การเตรียม และการศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์

การศึกษาในขั้นตอนที่ 1 จะเป็นการศึกษาลักษณะของวัตถุดิบ การเตรียมวัตถุดิบเพื่อผลิตถ่านกัมมันต์ การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์ ลักษณะทางกายภาพของถ่านกัมมันต์ที่ได้ การศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์โดยวัดค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านที่เตรียมขึ้นกับถ่านกัมมันต์สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด (มอก.900-2547) เพื่อเลือก ถ่านกัมมันต์ที่ดีที่สุดไปใช้ในการทดลองในขั้นตอนต่อไป

1.1 การเตรียมถ่านกัมมันต์ และศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต

1.1.1 ผลของอุณหภูมิในการเผา ต่อประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์

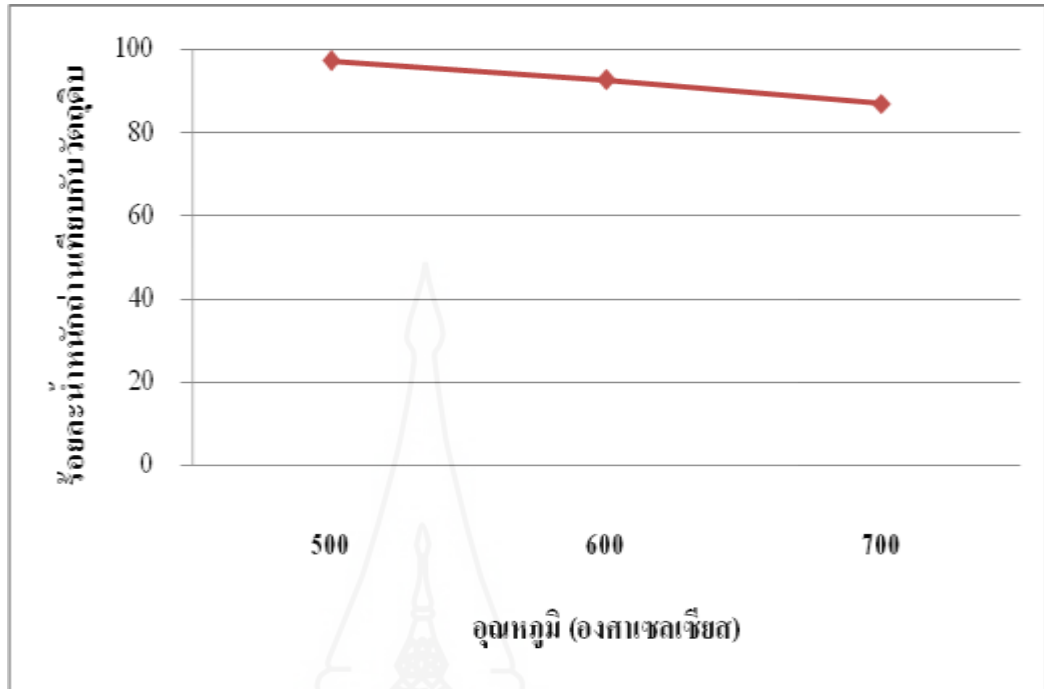
จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการเผา ต่อประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไมยราบยักษ์ ที่ได้จากการคาร์บอนในเซชัน มาทำการเผา และกระตุ้นไปพร้อมๆ กันที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 500 600 และ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ประสิทธิภาพของถ่านที่ได้จะพิจารณาจากค่าไอโอดีนนัมเบอร์ (วิธีการหาค่าไอโอดีนนัมเบอร์แสดงใน ภาคผนวก ก) การวัดความเข้มข้นของสารไอโอดีนที่เหลือจากการดูดติดฟิว โดยถ่านกัมมันต์จะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการดูดติดฟิว เมื่อพิจารณาจากค่าไอโอดีนนัมเบอร์ที่วัดได้ ถ่านที่มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงจะมีความสามารถในการดูดติดฟิว จากการวิเคราะห์ร้อยละของน้ำหนักถ่านที่ได้เทียบกับ

วัตถุดิบ (% yield) และค่าไอโอดีนนมเบอร์ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.1 และจากข้อมูลที่ได้ นำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ของผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา และประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่ได้ดังภาพที่ 4.1 แบบละ 4.2

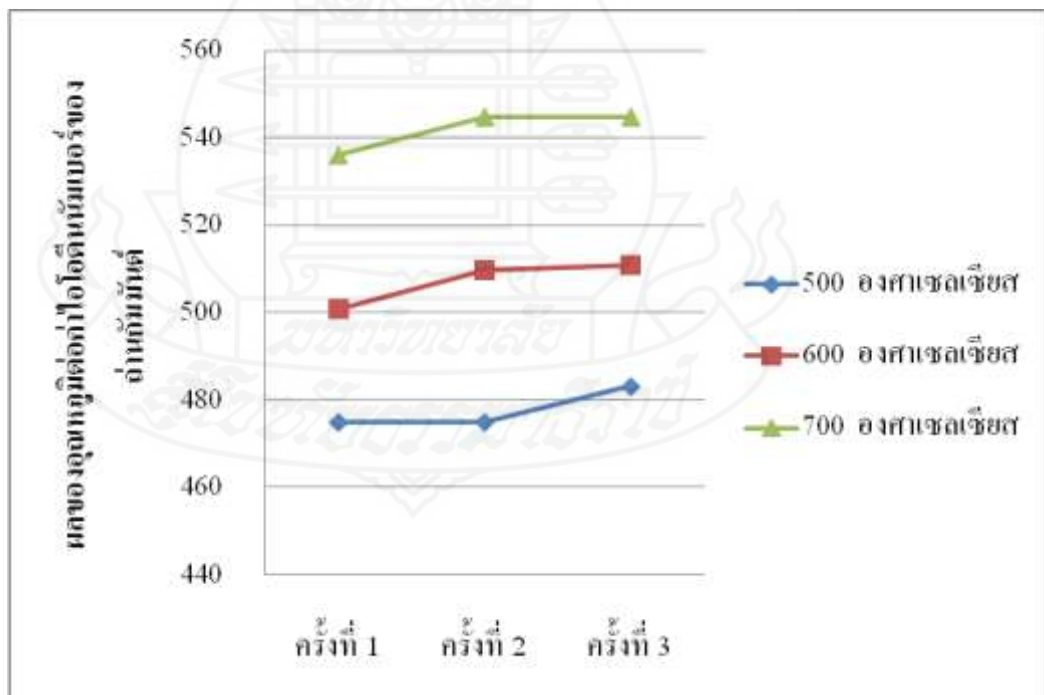
ตารางที่ 4.1 ค่าร้อยละของน้ำหนักที่ได้เทียบกับวัตถุดิบ และค่าไอโอดีนนมเบอร์ของถ่านที่เผา กระตุ้นที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

| วัตถุดิบ | ถ่านกัมมันต์ | | ค่าไอโอดีน (มิลลิกรัมต่อกรัม) | | | |
|--------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------|------------|--------|
| | อุณหภูมิเผากระตุ้น (องศาเซลเซียส) | ร้อยละถ่าน ต่อวัตถุดิบ | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | เฉลี่ย |
| ถ่านกัมมันต์ | 500 | 97.39 | 475.13 | 475.13 | 483.32 | 477.86 |
| ไมยราบ | 600 | 92.86 | 500.97 | 509.79 | 511.05 | 507.27 |
| ยักษ์ | 700 | 87.12 | 536.27 | 545.09 | 545.09 | 542.15 |

ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาต่อร้อยละของน้ำหนักถ่านที่ได้ พบว่าร้อยละของน้ำหนักถ่านที่ได้เทียบกับวัตถุดิบจะลดลง เมื่ออุณหภูมิการเผากระตุ้นสูงขึ้น เนื่องจากในวัตถุดิบ นอกจากจะมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลักแล้ว ยังมีสารประกอบอื่นๆ อีกมากมาย เช่น เสมิเซลลูโลส ลิกนิน สารที่สามารถสกัดได้ (Extractives) เช่น เทอร์ปีน (Terpenes) แทนนิน (Tannins) กรดไขมัน (Fatty Acids) และเรซิน (Resins) เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้จะมีอุณหภูมิในการสลายตัวแตกต่างกัน (Antunes and Figuciredo, 1999) เมื่อใช้อุณหภูมิในการเผากระตุ้นเพิ่มขึ้นสารที่สลายตัวก็มีจำนวนมากขึ้น จึงทำให้ถ่านที่เผากระตุ้นที่อุณหภูมิสูงมีร้อยละของน้ำหนักวัตถุดิบต่อน้ำหนักถ่านลดลง ส่วนประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไมยราบยักษ์ที่เผาที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 500 600 700 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาค่าไอโอดีนนมเบอร์ พบว่า ค่าไอโอดีนนมเบอร์จะเพิ่มขึ้น เมื่อกระตุ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากการที่ใช้อุณหภูมิในการเผากระตุ้นสูงขึ้น สารประกอบต่างๆ ในวัตถุดิบก็จะเริ่มสลายตัวมากขึ้น ส่วนที่เหลือก็จะเป็ถ่านคาร์บอนคงตัว หรือโครงสร้างหลักของถ่านกัมมันต์ เมื่อสารระเหยต่างๆ สลายไปพื้นที่ว่างในโครงสร้างถ่านก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นจากการทดลองนี้พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา 700 องศาเซลเซียสจะให้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไมยราบยักษ์มีค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงที่สุด คือ 542.15 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งแสดงว่ามีประสิทธิภาพสูงที่สุด จึงเลือกอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มาเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองในขั้นต่อไป



ภาพที่ 4.1 ร้อยละน้ำหนักส่วนที่เทียบกับวัสดุไม้ เมื่อเผาที่อุณหภูมิต่างๆ



ภ

ภาพที่ 4.2 ผลของอุณหภูมิต่อค่าไอโอดีนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์จากไมยราชักษ์

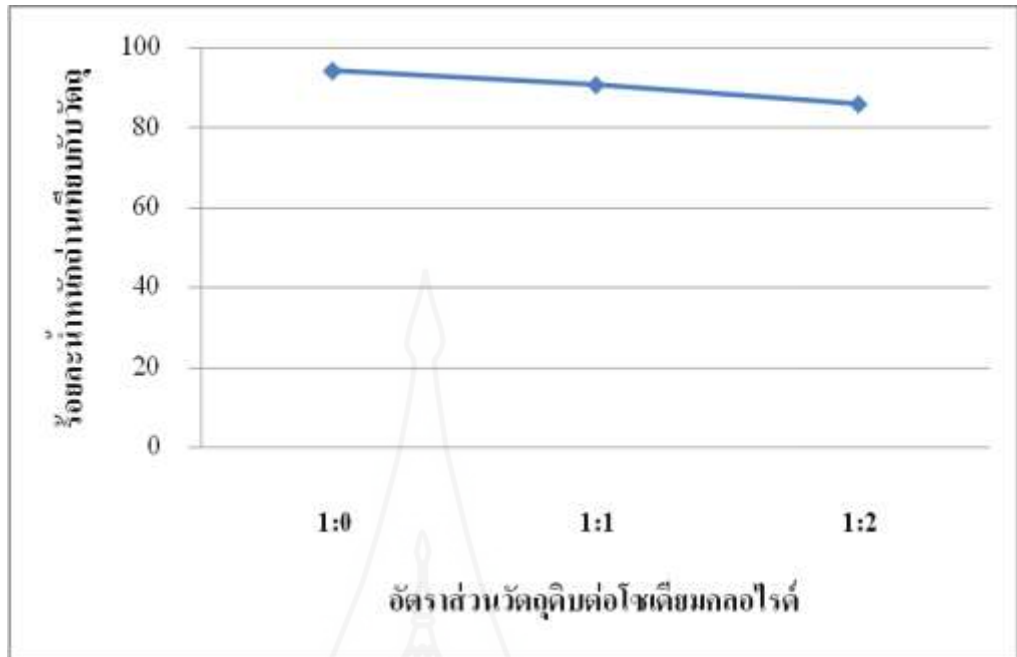
1.1.2 ผลของอัตราส่วนสารกระตุ้นต่อวัตถุดิบ ต่อประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์

การศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากไมยราบยักษ์ โดยใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุดิบต่อสารกระตุ้น โซเดียมคลอไรด์ที่อัตราส่วนต่างๆ กัน คือ 1:0 1:1 1:2 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ทำการเผาและกระตุ้นที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ประสิทธิภาพของถ่านจะพิจารณาจากค่าไอโอดีนนัมเบอร์ (วิธีการหาค่าไอโอดีนนัมเบอร์แสดงในภาคผนวก ก) จากการวิเคราะห์ร้อยละของน้ำหนักถ่านที่ได้เทียบกับวัตถุดิบ (% yield) และค่าไอโอดีนนัมเบอร์ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.2 และข้อมูลที่ได้นำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของผลของอัตราส่วนของสารกระตุ้น โซเดียมคลอไรด์ต่อประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่ได้ ดังภาพที่ 4.3 และภาพที่ 4.4

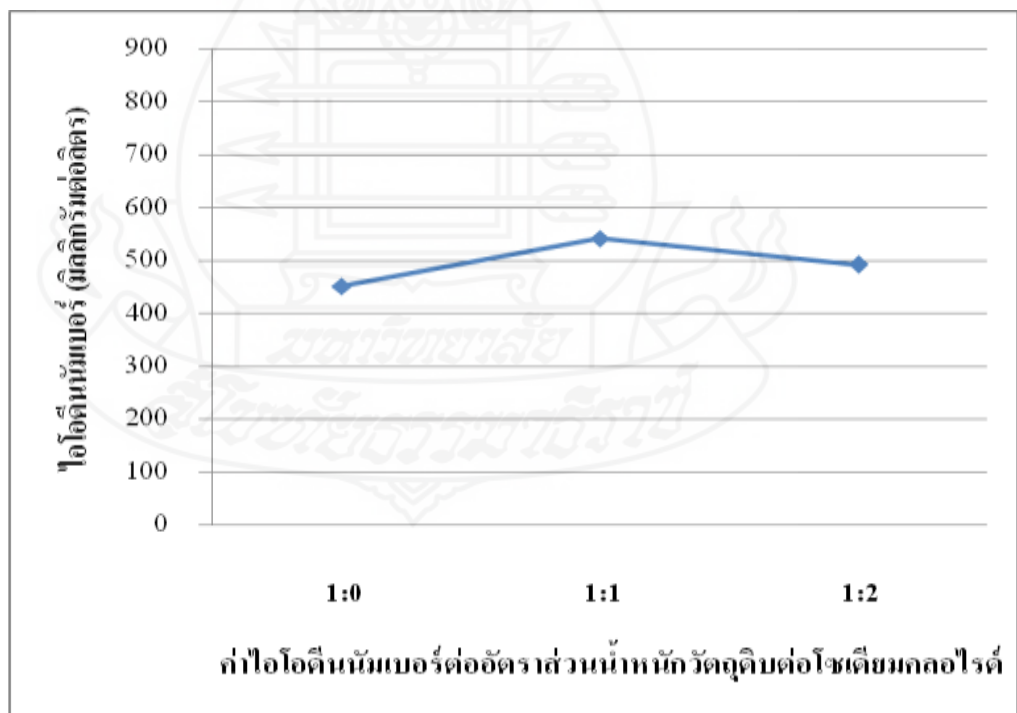
ตารางที่ 4.2 ค่าร้อยละของน้ำหนักถ่านที่ได้เทียบกับวัตถุดิบ และค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ ที่อัตราส่วนวัตถุดิบต่อโซเดียมคลอไรด์ในอัตราส่วนต่างๆ

| วัตถุดิบ | ถ่านกัมมันต์ | | ค่าไอโอดีน (มิลลิกรัมต่อกรัม) | | | |
|--------------|----------------|-----------------|-------------------------------|------------|------------|--------|
| | วัตถุดิบต่อ | ถ่านต่อวัตถุดิบ | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | เฉลี่ย |
| | โซเดียมคลอไรด์ | (ร้อยละ) | | | | |
| ถ่านกัมมันต์ | 1:0 | 94.39 | 449.29 | 455.59 | 451.81 | 452.23 |
| ไมยราบ | 1:1 | 90.86 | 536.27 | 545.09 | 545.09 | 542.15 |
| ยักษ์ | 1:2 | 86.12 | 492.14 | 494.785 | 490.63 | 492.52 |

จากการศึกษาผลของอัตราส่วนของวัตถุดิบต่อโซเดียมคลอไรด์ ที่มีผลต่อร้อยละของน้ำหนักถ่าน พบว่าร้อยละน้ำหนักถ่านที่ได้เทียบกับวัตถุดิบที่อัตราส่วนถ่านกัมมันต์ไมยราบยักษ์ต่อโซเดียมคลอไรด์ต่างๆ จะให้ผลที่ต่างกันคือ อัตราส่วน 1:0 1:1 และ 1:2 จะได้ร้อยละน้ำหนักถ่านต่อวัตถุดิบเท่ากับ ร้อยละ 94.39 ร้อยละ 90.86 และร้อยละ 86.12



ภาพที่ 4.3 ร้อยละน้ำที่กักเก็บกัมมันต์ที่ได้กับอัตราส่วนน้ำนักวัตดูดิบต่อโซเดียมกลอไรด์



ภาพที่ 4.4 ผลของค่าไอโอดีนัมเบอร์ต่ออัตราส่วนน้ำนักวัตดูดิบต่อโซเดียมกลอไรด์

1.2 คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์

จากการศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์ข้างต้น และการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในขั้นการผลิตถ่าน พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไมยราบยักษ์ ที่ให้ค่าไอโอดีนัมเบอร์สูงสุดที่อัตราส่วนวัตถุดิบต่อโซเดียมคลอไรด์เท่ากับ 1:1 จึงนำถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มาศึกษาลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ พื้นที่ผิว และวัดค่า pH

2. การศึกษาความสามารถในการดูดติดผิวแบบทีละเท (Batch Experimental)

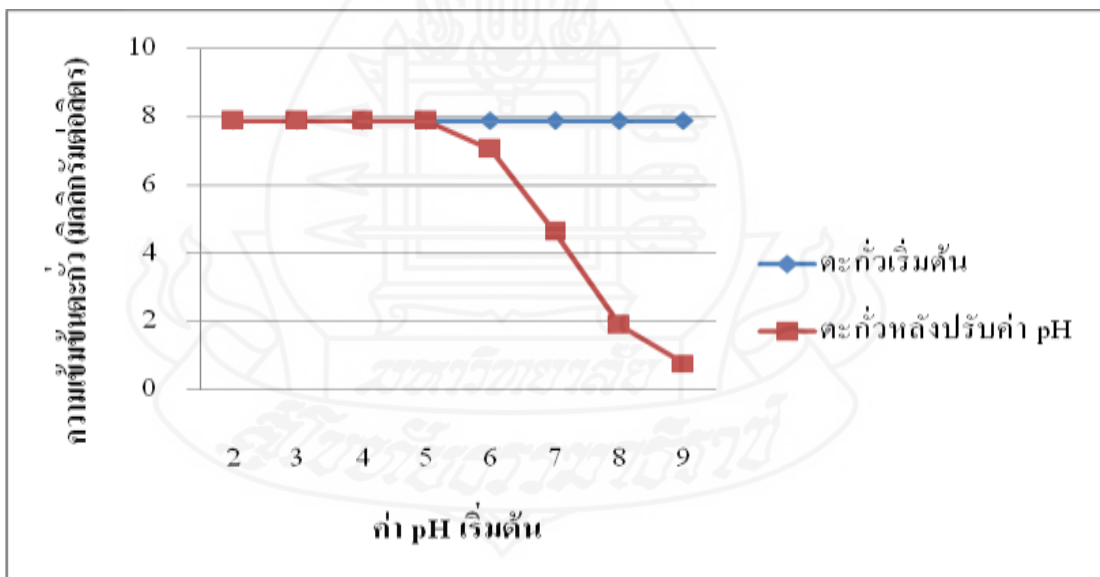
ในขั้นตอนที่ 2 เป็นการศึกษาความสามารถในการดูดติดผิวตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากไมยราบยักษ์ในขั้นตอนแรก โดยศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดติดผิวโดยทำการทดลองแบบทีละเท (Batch Experimental)

2.1 อิทธิพลของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่อการดูดติดผิว

จากการทดลองศึกษาอิทธิพลของค่า pH ต่อการดูดติดผิว พบว่าค่า pH มีอิทธิพลอย่างมากต่อการศึกษาการดูดติดผิว เนื่องจากพบว่าที่ค่า pH 5 ถึง 9 ตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ทำการทดลองจะตกตะกอนในรูปของตะกั่วไฮดรอกไซด์ ($Pb(OH)_2$) จึงไม่สามารถหาปริมาณตะกั่วที่ลดลงเนื่องจากการดูดติดผิวได้ จึงทำการทดลองปรับค่า pH ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ค่า pH ต่างๆ ตั้งแต่ 2 ถึง 9 ด้วยสารละลายกรดไนตริก และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำการกรองตะกอน ($Pb(OH)_2$) ที่เกิดขึ้นออก หลังจากนั้นจึงนำไปวัดปริมาณตะกั่วในน้ำเสียที่เหลืออยู่หลังการตกตะกอน เพื่อหาค่า pH ที่เหมาะสมที่จะทำการศึกษาการดูดติดผิว ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 4.3, 4.4 และภาพที่ 4.5, 4.6

ตารางที่ 4.3 ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียดังเคราะห์ที่เหลืออยู่ หลังจากปรับค่าความเป็นกรดต่างที่ค่า pH ต่าง ๆ

| ค่า pH | ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียดังเคราะห์เริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อลิตร) | ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียดังเคราะห์หลังปรับค่า pH (มิลลิกรัมต่อลิตร) |
|--------|---|---|
| 2.00 | 7.89 | 7.89 |
| 3.00 | 7.89 | 7.89 |
| 4.00 | 7.89 | 7.89 |
| 5.00 | 7.89 | 7.89 |
| 6.00 | 7.89 | 7.06 |
| 7.00 | 7.89 | 4.64 |
| 8.00 | 7.89 | 1.91 |
| 9.00 | 7.89 | 0.78 |

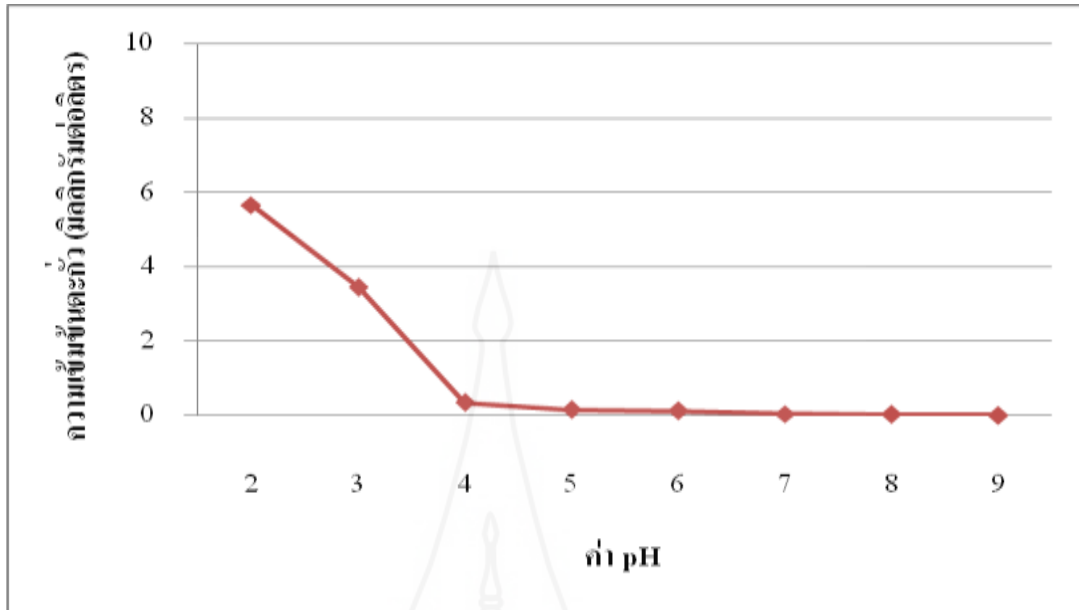


ภาพที่ 4.5 ผลของความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียดังเคราะห์ที่เหลืออยู่ หลังจากปรับค่าความเป็นกรดต่างที่ pH ต่าง ๆ

จากการทดลองจะเห็นว่า pH6 ตะกั่วจะเริ่มตกตะกอนเล็กน้อย และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึง pH 9 ตะกั่วจะเหลืออยู่ในสารละลายเพียงร้อยละ 7 จากความเข้มข้นเริ่มต้น จากการศึกษพบว่า ตะกั่วในรูปของ $(Pb(OH)_2)$ จะเริ่มตกตะกอนที่ pH 5.5 ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากทฤษฎีในส่วนของ pH ที่เพิ่มขึ้น เกิดจากถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์มีความเป็นด่างสูง จึงทำให้ pH เพิ่มขึ้นตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียดังเคราะห์ที่เหลืออยู่ที่ pH ต่างๆ หลังผ่านการดูดติดผิวด้วยถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์

| ค่า pH เริ่มต้น | ค่า pH น้ำเสียดัง เขย่า | ความเข้มข้นตะกั่วที่เหลือในน้ำ | |
|-----------------|----------------------------|--------------------------------|----------------|
| | | เสียดัง (มิลลิกรัมต่อลิตร) | ร้อยละการกำจัด |
| 2.00 | 3.34 | 5.678 | 43.22 |
| 3.00 | 5.34 | 3.464 | 65.36 |
| 4.00 | 7.75 | 0.358 | 96.42 |
| 5.00 | 8.23 | 0.160 | 98.40 |
| 6.00 | 8.67 | 0.132 | 98.68 |
| 7.00 | 8.86 | 0.055 | 99.45 |
| 8.00 | 8.92 | 0.033 | 99.67 |
| 9.00 | 9.30 | 0.015 | 99.85 |



ภาพที่ 4.6 ผลของความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียดังเคราะห์ที่เหลืออยู่ที่ pH ต่างๆ หลังผ่านการดูดติดด้วยถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์

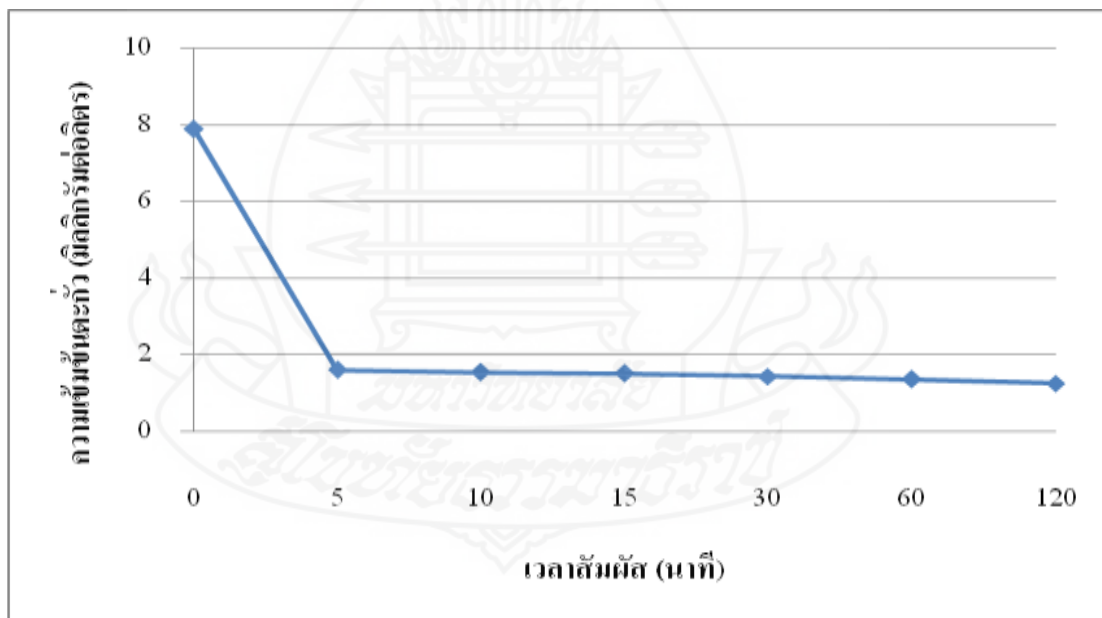
จากการทดลอง พบว่าเมื่อ pH ของน้ำเสียดังเคราะห์เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียดังเคราะห์จะเพิ่มขึ้น สำหรับถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์ พบว่า ค่าความเข้มข้นตะกั่วที่เหลือในน้ำเสียดังเคราะห์จะลดลงมาก เมื่อค่า pH เริ่มต้นของน้ำเสียดังเคราะห์เพิ่มขึ้นจาก pH 2, pH 3 เปลี่ยนเป็น pH หลังเขย่า เท่ากับ pH 3.34 และ pH 5.34 ประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วอยู่ที่ 43.22, 65.36 และเมื่อทำการทดลองโดยใช้ pH ของน้ำเสียดังเคราะห์เริ่มต้น ตั้งแต่ pH 4 จนถึง pH 9 และเปลี่ยนเป็น pH น้ำเสียดังเคราะห์จะทำให้ pH เพิ่มขึ้น ก็พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วจะมีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วงร้อยละ 96-99 แต่จากการทดลองพบว่า pH หลังการเขย่าอยู่ในช่วง pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนของตะกั่ว จึงทำให้ผลการทดลองที่ได้เกิดอาจจากการดูดซับหรือการตกตะกอน

2.2 อิทธิพลของเวลาสัมผัสต่อการดูดติดผิว

จากการทดลองศึกษาอิทธิพลของเวลาสัมผัสต่อการดูดติดผิวตะกั่ว โดยนำน้ำเสียดังเคราะห์ที่มีความเข้มข้น 7.89 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปรับค่า pH ให้เท่ากับค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับถ่านกัมมันต์ไมยราบยักษ์ เติมผงถ่านกัมมันต์ปริมาณ 0.1 กรัม นำขวดไปเขย่าบนเครื่องเขย่า เป็นเวลา 5, 10, 15, 30, 60 และ 120 นาที แล้วแยกผงถ่านกัมมันต์ออก นำน้ำเสียดังเคราะห์ไปวัดค่า pH และปริมาณตะกั่วที่เหลืออยู่ ผลการทดลองแสดงดังตาราง 4.5 และภาพที่ 4.7

ตารางที่ 4.5 ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียดังเคราะห์ หลังผ่านการดูดติดผิวด้วยถ่านกัมมันต์ไมยราบ
 ยักษ์ที่เวลาสัมผัสต่างๆ

| เวลาสัมผัส (นาทึ) | pH เริ่มต้น | pH น้ำเสียดหลัง เขย่า | ความเข้มข้นตะกั่วที่ เหลือในน้ำเสียด (มิลลิกรัมต่อลิตร) | ร้อยละการ กำจัด |
|----------------------|-------------|--------------------------|---|--------------------|
| 0 | 2.00 | 3.00 | 7.89 | 0.00 |
| 5 | 2.00 | 4.63 | 1.26 | 87.40 |
| 10 | 2.00 | 4.77 | 1.22 | 87.80 |
| 15 | 2.00 | 4.83 | 1.19 | 88.10 |
| 30 | 2.00 | 4.96 | 1.13 | 88.70 |
| 60 | 2.00 | 5.12 | 1.07 | 89.30 |
| 120 | 2.00 | 5.24 | 0.98 | 90.20 |



ภาพที่ 4.7 ผลของความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียดังเคราะห์ที่เหลืออยู่ หลังผ่านการดูด
 ติดผิวด้วยถ่านกัมมันต์ไมยราบยักษ์ ที่เวลาสัมผัสต่างๆ

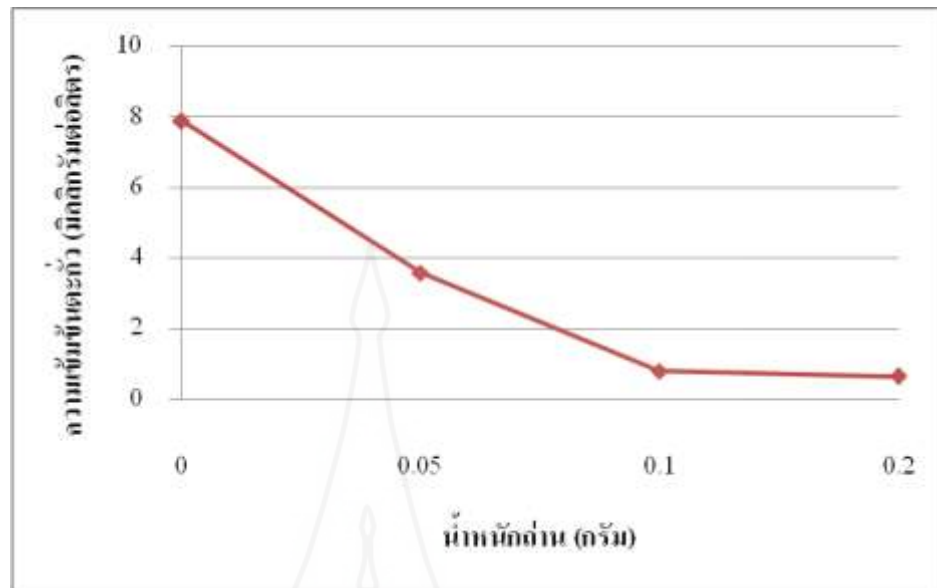
จากการทดลอง พบว่าอัตราการดูดติดผิวตะกั่วเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาสัมผัสเท่ากับ 5 นาที สังเกตได้จากความชันของกราฟ และลักษณะของกราฟ และใช้เวลาสัมผัสเท่ากับ 10 นาที จะมีอัตราการดูดติดผิวตะกั่วค่อนข้างคงที่ สำหรับถ่านกัมมันต์ที่ได้จากไมยราบยักษ์ พบว่าอัตราการดูดติดผิวตะกั่วเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วที่เวลาสัมผัส 5 นาที โดยมีประสิทธิภาพในการดูดติดผิวเท่ากับร้อยละ 87.40 ซึ่งใกล้เคียงกับเวลาที่สัมผัส 10 นาที และ 15 นาที ประสิทธิภาพการดูดติดผิวเท่ากับร้อยละ 87.80, 88.10 ในส่วนอัตราการดูดติดผิวตะกั่วที่เวลาสัมผัส 120 นาที มีประสิทธิภาพในการดูดติดผิวดีที่สุด เท่ากับร้อยละ 90.20

2.3 อิทธิพลของปริมาณถ่านกัมมันต์ต่อการดูดติดผิว

จากการทดลองศึกษาอิทธิพลของปริมาณถ่านกัมมันต์ต่อการดูดติดผิวตะกั่ว จากถ่านกัมมันต์ในอัตราส่วนที่ได้จากข้างต้น น้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 7.89 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปรับค่า pH ให้เท่ากับ pH ที่ได้จากการทดลองข้างต้น เติมผงถ่านกัมมันต์ปริมาณ 0.05, 0.1 และ 0.2 กรัม นำขวดไปเขย่าบนเครื่องเขย่าเป็นเวลา 120 นาที (ในการใช้เวลาที่ 120 นาที เพราะมีประสิทธิภาพในการดูดติดผิวดีที่สุด เท่ากับร้อยละ 90.20 ได้ผลจากการทดลองที่ผ่านมา) แล้วนำไปแยกผงถ่านออก นำน้ำเสียไปวัดค่า pH และปริมาณตะกั่วที่เหลืออยู่ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.8

ตารางที่ 4.6 ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ หลังผ่านการดูดติดผิวด้วยถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์ที่ปริมาณต่าง ๆ

| น้ำหนักถ่าน (กรัม) | pH เริ่มต้น | pH น้ำเสีย หลังเขย่า | ความเข้มข้นตะกั่ว ที่เหลือในน้ำเสีย (มิลลิกรัมต่อลิตร) | ร้อยละการกำจัด |
|-----------------------|-------------|-------------------------|--|----------------|
| 0.00 | 2.00 | 3.00 | 7.89 | 0.00 |
| 0.05 | 2.00 | 4.12 | 3.58 | 54.62 |
| 0.10 | 2.00 | 4.95 | 0.80 | 89.86 |
| 0.20 | 2.00 | 5.46 | 0.64 | 91.88 |



ภาพที่ 4.8 ผลของความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เหลืออยู่ หลังผ่านการดูดติดผิวด้วยถ่านกัมมันต์ไมรราบัยักษ์ ปริมาณต่างๆ

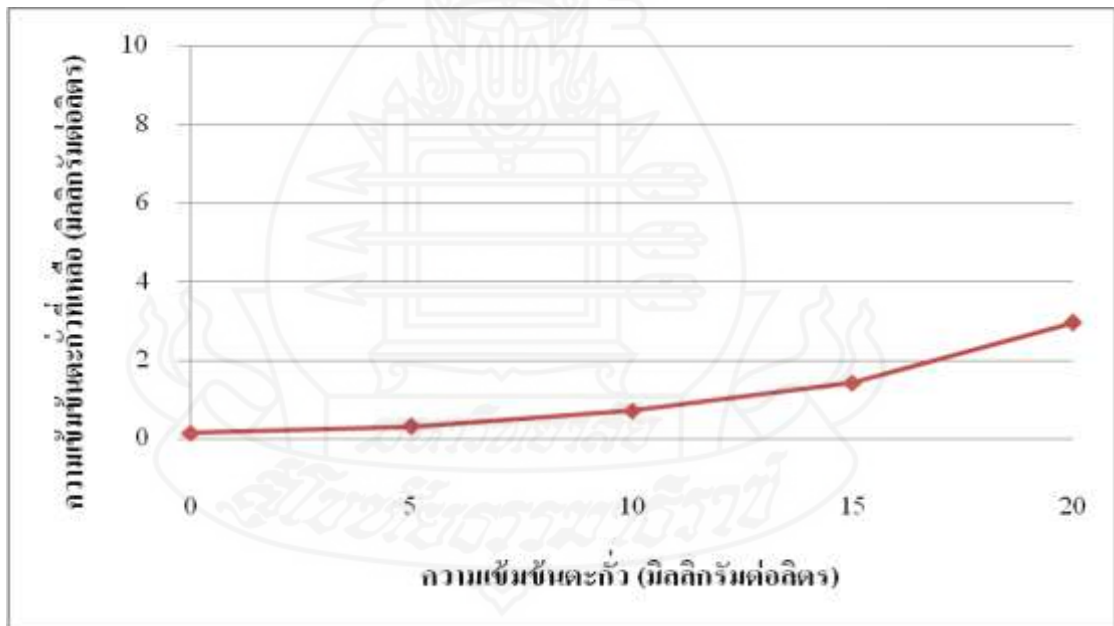
จากการทดลองหาการดูดติดผิวขั้นตอนแรกได้กำหนดน้ำหนักของถ่านที่จะใช้ในการทดลองเป็น 8 ค่า น้ำหนักคือ 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 และ 5.0 แต่เมื่อทำการทดลองพบว่าเมื่อใช้น้ำหนักถ่านในการทดลองตั้งแต่ 0.5 - 4.0 กรัม จะไม่สามารถวัดค่าตะกั่วที่เหลือหลังการเขย่าได้ ทั้งนี้เกิดจากการดูดติดผิวตะกั่วร่วมกับการตกตะกอน เนื่องจากเมื่อวัดค่า pH ของน้ำเสียหลังการเขย่าพบว่า มีค่า pH สูงมาก และอยู่ในช่วงการตกตะกอนของตะกั่วเนื่องจากถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติเป็นด่างมากทำให้ตะกั่วตกตะกอน และตกค้างอยู่บนกระดาษกรองในขั้นตอนการแยกถ่านกัมมันต์ออกจากน้ำเสีย ดังนั้น จึงทำการลดปริมาณถ่านที่ใช้ในการทดลองลงเหลือ 3 ค่า คือ 0.05, 0.10, 0.20 กรัม

2.4 อิทธิพลของความเข้มข้นตะกั่วต่อการดูดติดผิว

จากการทดลองศึกษาอิทธิพลของปริมาณตะกั่วต่อการดูดติดผิวตะกั่วจากถ่านกัมมันต์ในอัตราส่วนที่ได้จากข้างต้น นำน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้นตะกั่ว 1, 5, 10, 15, และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปรับค่า pH ให้เท่ากับ pH ที่ได้จากการทดลองข้างต้น เติมผงถ่านกัมมันต์ปริมาณ 0.2 กรัม นำขวดไปเขย่าบนเครื่องเขย่าเป็นเวลา 120 นาที แยกผงถ่านออกนำน้ำเสียไปวัดค่า pH และปริมาณตะกั่วที่เหลืออยู่ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.9

ตารางที่ 4.7 ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ หลังผ่านการดูดติดผิวด้วยถ่าน กัมมันต์จากไมยราบยักษ์ที่ปริมาณตะกั่วต่างๆ

| ความเข้มข้นตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อลิตร) | pH เริ่มต้น | pH น้ำเสียหลัง เขย่า | ความเข้มข้นตะกั่ว ที่เหลือในน้ำเสีย (มิลลิกรัมต่อลิตร) | ร้อยละการ กำจัด |
|---|-------------|-------------------------|--|--------------------|
| 0 | 2.0 | 3.00 | 0.0 | 0.00 |
| 1 | 2.0 | 5.90 | 0.16 | 84.00 |
| 5 | 2.0 | 5.65 | 0.33 | 93.40 |
| 10 | 2.0 | 5.38 | 0.72 | 92.80 |
| 15 | 2.0 | 4.86 | 1.44 | 90.40 |
| 20 | 2.0 | 4.52 | 2.97 | 85.15 |



ภาพที่ 4.9 ผลความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ หลังผ่านการดูดติดผิวด้วยถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์ที่ปริมาณตะกั่วต่างๆ

จากการทดลองหาความเข้มข้นของตะกั่วต่อการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ในการทดลองแบ่งเป็น 5 ค่า ความเข้มข้นของตะกั่ว คือ 1, 5, 10, 15, และ 20 เมื่อทำการทดลองพบว่า เมื่อ

ใช้น้ำหนักถ่านในการทดลองตั้งแต่ 0.2 กรัม นำขวดไปเขย่าบนเครื่องเขย่าเป็นเวลา 120 นาที เมื่อวัดค่า pH ของน้ำเสียหลังการเขย่าพบว่า มี ช่วงของค่า pH สูงมาก และอยู่ในช่วงการตกตะกอนของตะกั่ว จึงทำให้ความเข้มข้นของตะกั่วที่ใช้ในการทดลองลดลงตามช่วงของค่า pH และช่วงของการตกตะกอน



บทที่ 5

สรุปการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดซับผิว โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากต้นไมยราบยักษ์ การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมถ่านกัมมันต์ทำการหาอัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุดิบต่อโซเดียมคลอไรด์ที่ทำให้ถ่านกัมมันต์มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงสุด ไปใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป ขั้นตอนที่ 2 เป็นการศึกษาความสามารถในการดูดซับผิวตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ของถ่านที่ได้จากขั้นตอนแรก และศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับผิว โดยทำการทดลองแบบทีละเท (Batch Experiment) ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1.1 เพื่อหาประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดซับผิวโดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไมยราบยักษ์

1.1.2 เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับผิวตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไมยราบยักษ์

1.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.2.1 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรในการวิจัยครั้งนี้คือ ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับผิวของถ่านกัมมันต์ต้นไมยราบยักษ์ในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์

1) ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์จากต้นไมยราบยักษ์จากขั้นตอนการเตรียมถ่าน ปัจจัยที่สำคัญคือ

- (1) อุณหภูมิในการเผา
- (2) ระยะเวลาในการเผา
- (3) อัตราส่วนสารกระตุ้น

2) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ต้นไมยราบยักษ์ในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ ในการทดลองแบบทีละเท (Batch Experiment) ในรูปสมการ

แสดงความสัมพันธ์ของการดูดติดผิวแบบกราฟ ปัจจัยที่สำคัญคือ

- (1) ค่าพีเอช pH
- (2) ระยะเวลาการสัมผัส
- (3) ปริมาณถ่าน
- (4) ความเข้มข้นของสารตะกั่ว

1.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 1) อุปกรณ์ในการวิจัย (การวิจัยเชิงทดลอง)
- 2) อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง
- 3) เครื่องคำนวณ
- 4) เครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์
- 5) อื่นๆ ได้แก่ อุปกรณ์สำนักงานต่างๆ

1.2.3 การเตรียมตัวอย่างในการทำปฏิกิริยาในการดูดซับ (Adsorption)

ตัวอย่างที่จัดทำสำหรับการทดลองคือถ่านกัมมันต์ต้นไมยราบยักษ์ และน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมจากตะกั่ว (PbO_2)

1) การเตรียมถ่าน ในการเตรียมถ่านเพื่อใช้ในการทดลองหาประสิทธิภาพ เตรียมโดยนำถ่านที่ได้จากต้นไมยราบยักษ์ บดคัดขนาดให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ การทดลองด้วยตะแกรงคัดขนาดเบอร์ 325 เมช แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในตู้ดูดความชื้น (Decicator)

2) การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งตะกั่วไดออกไซด์ 1.1555 กรัม ละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง (1:1) 200 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปราศจากไอออนจนมีปริมาตร 1 ลิตร จะได้น้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นตะกั่วเท่ากับ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อนำมาเป็นสารละลายตั้งต้นน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้น 7.89 มิลลิกรัมต่อลิตร

1.2.4 วิธีการทดลอง แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

1) ขั้นตอนการเตรียมถ่านกัมมันต์จากต้นไมยราบยักษ์ ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ในขั้นตอนการเตรียมถ่าน ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของถ่าน ที่ทำการศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิในการเผากระตุ่น และปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่ใช้ในการกระตุ่น โดยพิจารณาจากค่าไอโอดีนัมเบอร์ (Iodine Number)

2) ขั้นตอนการทดลองแบบทีละเท (Batch Experiment) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ต้นไมยราบยักษ์ ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพ

ของถ่านที่ทำการศึกษา 4 ปัจจัย ได้แก่ ค่า pH เวลาการสัมผัส ปริมาณถ่าน และความเข้มข้นของสารตะกั่วในรูปของการแสดงความสัมพันธ์ของกราฟการดูดติดผิว

1.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ของประสิทธิภาพที่ได้จากถ่านกัมมันต์ต้นไมยราบยักษ์ จากปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการดูดซับค่าไอโอดีน

1) ใช้สถิติอนุมาน ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ; ANOVA)

1.2.6 ผลการวิจัย

1) การเผาในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ทำให้ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่ได้ต่างกัน (ในขั้นตอนกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์) อุณหภูมิต่างๆ คือ 500, 600 และ 700 องศาเซลเซียส

จากการทดลองครั้งนี้พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา 700 องศาเซลเซียส จะให้ถ่านที่ผลิตจากต้นไมยราบยักษ์ที่มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์เฉลี่ยสูงสุด 542.15 มิลลิกรัมไอโอดีนต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ตามลำดับ

2) อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างวัตถุดิบกับสารกระตุ้นที่ต่างกัน ทำให้ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่ได้ต่างกัน (ในขั้นตอนกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์) อัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุดิบต่อสารกระตุ้นโซเดียมคลอไรด์ ที่อัตราส่วนต่างๆ คือ 1:0, 1:1 และ 1:2

จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนที่ทำให้ถ่านมีคุณภาพสูงสุดคือ อัตราส่วน 1:1 ได้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์เฉลี่ยเท่ากับ 542.15 มิลลิกรัมต่อกรัม แสดงว่าสารกระตุ้นโซเดียมคลอไรด์มีผลต่อโครงสร้างของถ่านกัมมันต์ที่ได้

3) ตะกั่วจากน้ำเสียดังเคราะห์ที่ค่า pH ต่างกันมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ที่ต่างกัน (ในการทดลองแบบทีละเท) พบว่าความเข้มข้นตะกั่วที่เหลือในน้ำเสียจะลดลงมากเมื่อค่า pH เริ่มต้นของน้ำเสียเพิ่มขึ้นจาก pH 2 เป็น pH 3 ประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วอยู่ที่ ร้อยละ 43.22, ร้อยละ 65.36 และเมื่อทำการทดลองโดยใช้ pH ของน้ำเสียเริ่มต้น ตั้งแต่ pH 4 จนถึง pH 9 ก็พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วมีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง ร้อยละ 96.42- 99.85

จากการทดลองพบว่า ค่า pH ยิ่งสูงขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียดังเคราะห์จะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นด้วย แต่การกำจัดตะกั่วในน้ำเสียดังเคราะห์ที่เกิดขึ้นที่ pH สูงๆ นั้นไม่ได้เป็นการดูดติดผิวด้วยถ่านกัมมันต์เพียงอย่างเดียว แต่เป็นการตกตะกอนร่วมของตะกั่วเองด้วย

4) ระยะเวลาการสัมผัสที่ต่างกัน มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ต่างกัน (ในการทดลองแบบทีละเท) พบว่าอัตราการดูดซับที่เร็วเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเวลาสัมผัสเท่ากับ 5 นาที โดยประสิทธิภาพการดูดซับเท่ากับร้อยละ 87.40 ของถ่านกัมมันต์ต้นไมยราบยักษ์ เมื่อใช้เวลาสัมผัสเท่ากับ 10-120 นาที จะมีอัตราการดูดซับที่ช้าลงก่อนข้างคงที่ของถ่านกัมมันต์ โดยมีประสิทธิภาพการดูดซับเท่ากับร้อยละ 87.80 – 90.20

จากการทดลองพบว่า เวลาในการสัมผัสระหว่างสารถูกดูดซับกับตัวดูดซับที่เวลา 1- 5 นาที มีผลต่อการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เกิดขึ้น คือ สามารถกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ให้มีประสิทธิภาพสูง แต่หลังจาก 10 นาทีประสิทธิภาพจะคงที่เนื่องจากไม่มีพื้นที่สัมผัสในการดูดซับ

5) ปริมาณถ่านกัมมันต์ที่แตกต่างกัน มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ต่างกัน (ในการทดลองแบบทีละเท) พบว่าการดูดซับขั้นต้นแรกได้กำหนดน้ำหนักของถ่านที่จะใช้ในการทดลองเป็น 8 ค่า น้ำหนักคือ 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 และ 5.0 แต่เมื่อทำการทดลองพบว่า เมื่อใช้น้ำหนักถ่านในการทดลองตั้งแต่ 0.5 – 5.0 กรัม จะไม่สามารถวัดค่าตะกั่วที่เหลือหลังการเขย่าได้ ทั้งนี้เกิดจากการดูดซับที่เร็วร่วมกับตกตะกอนเนื่องจากเมื่อวัดค่า pH ของน้ำเสียหลังการเขย่าพบว่าค่า pH สูงมาก และอยู่ในช่วงการตกตะกอนของตะกั่ว เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติเป็นด่างมากทำให้ตะกั่วตกตะกอน และตกค้างอยู่บนกระดาษกรองในขั้นตอนการแยกถ่านกัมมันต์ออกจากน้ำเสีย ดังนั้น จึงทำการลดปริมาณถ่านที่ใช้ในการทดลองเหลือ 3 ค่า คือ 0.05, 0.10, 0.20 กรัม

จากการทดลอง พบว่าอัตราการดูดซับที่เร็วเกิดขึ้นในน้ำเสีย ความเข้มข้น 7.89 มิลลิกรัมต่อลิตรจะดูดซับที่เร็วได้ดีที่ปริมาณน้ำหนักของถ่านที่ 0.1 กรัม และปริมาณการดูดซับที่ 0.2 กรัม จะลดลงไปตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการดูดซับที่เร็วจะมีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วงร้อยละ 89.86-91.88

6) ความเข้มข้นตะกั่วที่ต่างกัน มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ต่างกัน (ในการทดลองแบบทีละเท) พบว่าอัตราการกำจัดตะกั่วที่ความเข้มข้นของตะกั่วที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วเท่ากับร้อยละ 92.80 ของถ่านกัมมันต์ต้นไมยราบยักษ์ และเมื่อใช้ความเข้มข้นตะกั่วที่มากขึ้น 15, 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วลดลง โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วเท่ากับร้อยละ 90.40, 85.15 ตามลำดับ

จากการทดลองพบว่า ความเข้มข้นตะกั่วหลังผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด คือความเข้มข้นตะกั่วที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อการกำจัด

ตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เกิดขึ้น สามารถกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ได้มีประสิทธิภาพสูง เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของสารตะกั่วต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง และหลังจากความเข้มข้น ตะกั่ว 15 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไป ประสิทธิภาพในการกำจัดกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์จะลดลง เนื่องจากความเข้มข้นของตะกั่วมีมากเกินไป จึงมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ลดลง

2. อภิปรายผล

การวิจัยเรื่องการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ถ่านไมยราบยักษ์ มีประเด็นที่นำมาอภิปรายผลดังนี้

2.1 ค่าร้อยละของน้ำหนักที่ได้เทียบกับวัตถุดิบ และค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านที่เผา กระตุ้นที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไมยราบยักษ์ที่เผาที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 500 600 700 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ พบว่า ค่าไอโอดีนนัมเบอร์จะเพิ่มขึ้น เมื่อกระตุ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากการที่ใช้อุณหภูมิในการเผากระตุ้นสูงขึ้น สารประกอบต่างๆ ในวัตถุดิบก็จะเริ่มสลายตัวมากขึ้น ส่วนที่เหลือก็จะเป็นถ่านคาร์บอนคงตัว หรือโครงสร้างหลักของถ่านกัมมันต์ เมื่อสารระเหยต่างๆ สลายไปพื้นที่ว่างในโครงสร้างถ่านก็จะมีมากขึ้นด้วย ดังนั้นจากการทดลองนี้พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา 700 องศาเซลเซียสจะให้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไมยราบยักษ์มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์เฉลี่ยสูงสุด คือ 542.15 มิลลิกรัมไอโอดีน ต่อกรัมของถ่านกัมมันต์ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่ามีประสิทธิภาพสูงที่สุด จึงเลือกอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มาเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองในขั้นต่อไป

จากการทดลองผู้ทำการทดลองไม่ใช้อุณหภูมิในการเผามากกว่า 700 องศาเซลเซียส ซึ่งในการทดลองอาจจะทำให้ถ่านกัมมันต์กลายเป็นเถ้าได้ ตามหลักการ การทำให้เป็นถ่านคาร์บอนหรือคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization) ขั้นตอนนี้เป็นการนำวัตถุดิบมาเผาในสถานะที่มีออกซิเจนอยู่น้อยที่อุณหภูมิ 200-500 องศาเซลเซียส หรือการเผาแบบไพโรไลซิส (Pyrolysis) ซึ่งจะทำการที่ ไม่ใช่คาร์บอน เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน และซัลเฟอร์ถูกไล่ออกมาในรูปก๊าซ ส่วนคาร์บอนที่มีอยู่ในรูปของเซลล์ูโลสเฮมิเซลล์ูโลส และลิกนินจะรวมตัวกันเป็นผลึก (Microcrystalline) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ในรูปของถ่าน ขนาดของผลึกจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของเตาเผา องค์ประกอบและโครงสร้างของวัตถุดิบ

2.2 ผลของอัตราส่วนสารกระตุ้นต่อวัตถุดิบ ต่อประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์

เมื่อเปรียบเทียบค่าไอโอดีนนัมเบอร์ ระหว่างถ่านกัมมันต์ที่ไม่ได้กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ คืออัตราส่วน 1:0 และกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ที่อัตราส่วน 1:1 จะเห็นได้ว่าค่าไอโอดีนนัมเบอร์เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน คือจาก 452.23 มิลลิกรัมต่อกรัม เป็น 542.15 มิลลิกรัมต่อกรัม สำหรับถ่านไมยราบยักษ์ เมื่อกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ทำให้ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์สูงขึ้น แต่เมื่อมีการเติมสารกระตุ้นเพิ่มลงไปในช่วงการเผากระตุ้น โดยเพิ่มปริมาณเป็น 1:2 พบว่าค่าไอโอดีนนัมเบอร์มีค่าลดลงมาที่ 492.52 มิลลิกรัมต่อกรัม สำหรับถ่านไมยราบยักษ์ กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์มากเกินไปไม่สามารถเพิ่มค่าไอโอดีนนัมเบอร์ได้

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ในการเผากระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์นั้น อัตราส่วนโดยน้ำหนักวัตถุดิบต่อโซเดียมคลอไรด์ที่เหมาะสมคือ 1:1 ก็จะได้ถ่านกัมมันต์ที่มีคุณภาพดีแล้ว คือ จะได้ค่าการดูดซับไอโอดีน หรือค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงสุดเท่ากับ 542.15 มิลลิกรัมต่อกรัม สำหรับถ่านกัมมันต์ไมยราบยักษ์ หากมีการเพิ่มปริมาณสารกระตุ้นในปริมาณที่มากขึ้นก็จะทำให้ถ่านกัมมันต์ มีรูพรุนขนาดใหญ่จะมีพื้นที่ในการดูดซับลดลง คือ อัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นเป็น 1:2 จะได้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์เท่ากับ 492.52 มิลลิกรัมต่อกรัม

การทดลองค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านที่เตรียมขึ้น โดยอัตราส่วนน้ำหนักของวัตถุดิบต่อโซเดียมคลอไรด์ ในอัตราส่วน 1:1 มีค่ามากกว่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านที่เตรียมโดยไม่ใช่สารกระตุ้นนั้น เกิดจากการที่มีผลึกเกลือไปแทรกอยู่ในเนื้อของถ่านกัมมันต์ตอนทำการเผากระตุ้น เมื่อล้างสารกระตุ้น ออกโดยการแช่น้ำไว้ค้างคืนแล้วล้างด้วยน้ำร้อนอีกครั้งผลึกเกลือที่ติดอยู่ในโครงสร้างถ่านที่จะหลุดออกหมด ทำให้เกิดรูพรุน และพื้นที่สำหรับการดูดซับได้ดี เมื่อปริมาณสารกระตุ้นมากเกินไปก็จะทำให้รูพรุนของถ่านมีขนาดใหญ่มาก ซึ่งส่งผลให้มีพื้นที่ในการดูดซับลดลง สอดคล้องดังการทดลอง ถ่านกัมมันต์ที่มีประสิทธิภาพเพียงพอ แต่เมื่อนำมาเผากระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์อีกครั้งในสัดส่วน 1:0 1:1 และ 1:2 ก็ได้ค่าไอโอดีนที่ลดลงตามลำดับ พบว่าการเพิ่มสารกระตุ้นไม่สามารถช่วยให้ถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น แต่การที่ใช้สารกระตุ้นมากเกินไปจะทำให้รูพรุนของถ่านมีขนาดใหญ่มาก ส่งผลให้พื้นที่ในการดูดซับลดลง จึงได้นำถ่านกัมมันต์ที่ได้ไปทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ และทำการทดลองในขั้นต่อไป

2.3 ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เหลืออยู่ หลังจากปรับค่าความเป็นกรดต่างที่ ค่า pH ต่างๆ

จากการทดลองยังพบว่า เมื่อนำน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 7.89 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 ลบ.ซม ที่ปรับค่า pH แล้วให้เท่ากับ 6, 7, 8 และ 9 ซึ่งเป็นค่า pH มาตรฐานของน้ำ

ทิ้งด้วยสารละลายกรดไนตริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ เติมผงถ่านกัมมันต์ปริมาตร 0.2 กรัม นำขวดไปเขย่าบนเครื่องเขย่า แยกผงถ่านออกโดยนำไปกรองผ่านกระดาษกรองแล้วนำน้ำเสียไปวัดค่า pH และความเข้มข้นตะกั่วที่เหลืออยู่ พบว่า ไม่สามารถวัดความเข้มข้นตะกั่วที่เหลืออยู่ในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ เนื่องจากตะกั่วที่อยู่ในสารละลายนั้นตกตะกอนและค้างอยู่บนกระดาษกรอง เมื่อนำน้ำเสียหลังจากการเขย่าและกรองแยกถ่านออกมาวัดค่าความเป็นกรดค่า พบว่า ค่า pH ของน้ำเสียอยู่ในช่วง 7-8 ซึ่ง เป็น pH ในช่วงการตกตะกอนของตะกั่วอีกด้วย

ดังนั้น จึงทำการทดลองโดยปรับค่า pH ของน้ำเสียสังเคราะห์ตั้งแต่ 2-9 และเติมผงถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์ จำนวน 0.1 กรัม นำขวดไปเขย่าบนเครื่องเขย่า 200 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 120 นาที แล้วแยกผงถ่านออกโดยนำไปกรองผ่านกระดาษกรอง แล้วนำน้ำเสียไปวัดปริมาณตะกั่วที่เหลืออยู่ เพื่อหาค่า pH ของน้ำเสียที่เหมาะสม ที่จะทำการศึกษาการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์

เนื่องจากได้รับผลกระทบจาก pH ของถ่าน โดยจะมีค่าอยู่ในช่วง 8.23 - 9.30 แสดงว่าเมื่อทำการทดลองโดยใช้น้ำเสียเริ่มต้นตั้งแต่ pH 4 จนถึง pH 9 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีค่อนข้างสูง เนื่องจากการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ร่วมกับการตกตะกอนของตะกั่ว

2.4 ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เหลืออยู่ที่ pH ต่างๆ หลังผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์

ค่า pH ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เหมาะสม ที่จะทำการศึกษาดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ไมยราบยักษ์ คือค่า pH 3 เนื่องจากเป็นค่า pH ที่ถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับได้ดีที่สุด และค่า pH หลังเขย่าไม่อยู่ในช่วงการตกตะกอนของตะกั่ว โดยการลดปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการทดลองในขั้นต่อไปลงเหลือเพียง 0.1 กรัม จากเดิมใช้ปริมาณ 0.2 กรัม เพื่อไม่ให้ pH ของน้ำเสียหลังการเขย่าถึงช่วง pH ของการตกตะกอน เนื่องจากถ่านมีความเป็นด่างสูง

2.5 ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ หลังผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์ที่เวลาสัมผัสต่างๆ

เวลาสัมผัสที่เหมาะสมของการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ของถ่านกัมมันต์มีค่าประมาณ 5 นาที และเวลาที่สัมผัสที่ 120 นาที ในการทดลองก็เพียงพอสำหรับการเข้าสู่จุดสมดุลของการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ไมยราบยักษ์

ส่วนเวลาที่สัมผัส 30, 60 และ 120 นาที พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับเพิ่มขึ้นเล็กน้อย คือเพิ่มขึ้นเป็น ร้อยละ 88.70, 89.30 และร้อยละ 90.20 ตามลำดับ ส่วน pH ของน้ำเสียเขย่าก็พบว่า pH ของน้ำเสียเพิ่มขึ้นจาก pH 3 เป็น pH 4, 5 เมื่อใช้เวลาในการสัมผัสต่างๆ กัน pH

น้ำเสียนี้อาจใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง pH 4.63 – 5.24 แสดงว่าเวลาสัมผัสที่แตกต่างกัน ไม่มีผลกระทบต่อค่า pH ของน้ำเสียที่ผ่านการเขย่า

2.6 ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียดังเคราะห์ หลังผ่านการดูดติดผิวด้วยถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์ที่ปริมาณต่างๆ

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่ใช้เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียจะมากขึ้น ค่า pH ของน้ำเสียดังเคราะห์หลังการเขย่าจะเพิ่มขึ้น ค่า pH มีอิทธิพลที่สำคัญต่อการวัดค่าการดูดติดผิวของตะกั่ว เนื่องจากพบว่า เมื่อใช้ถ่านกัมมันต์ จำนวน 0.05, 0.10 และ 0.20 กรัม ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วเท่ากับ ร้อยละ 54.62, 89.86 และ 91.88 ตามลำดับ

2.7 ความเข้มข้นตะกั่วในน้ำเสียดังเคราะห์ หลังผ่านการดูดติดผิวด้วยถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์ที่ความเข้มข้นตะกั่วต่างๆ

เมื่อวัดค่า pH ของน้ำเสียหลังการเขย่าพบว่า มี ช่วงของค่า pH สูงมาก และอยู่ในช่วงการตกตะกอนของตะกั่ว เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติเป็นด่างมากทำให้ตะกั่วตกตะกอนตกค้างอยู่บนกระดาษกรองในขั้นตอนการแยกถ่านกัมมันต์ออกจากน้ำเสีย ดังนั้น จึงทำให้ความเข้มข้นของตะกั่วที่ใช้ในการทดลองลดลงตามช่วงของค่า pH และช่วงการตกตะกอนของตะกั่ว คือ 0.16, 0.33, 0.72, 1.44, 2.97 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติเป็นด่างมากทำให้ตะกั่วตกตะกอนตกค้างอยู่บนกระดาษกรองในขั้นตอนการแยกถ่านกัมมันต์ออกจากน้ำเสีย

2.8 การเตรียมชุดการทดลอง

2.8.1 ชุดการทดลองในการเตรียมถ่าน เริ่มตั้งแต่การแปรสภาพอินทรีย์วัตถุให้เป็นถ่านจนถึงการเผากระตุ้นจนเป็นถ่านกัมมันต์จากต้นไมยราบยักษ์ ได้ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์ เพื่อให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีคุณภาพที่ดีที่สุดปัจจัยที่มีอิทธิพลในการแปรสภาพอินทรีย์วัตถุให้เป็นถ่าน คือ ขนาดของหลุม ระยะเวลาในการเผาและการควบคุมสถานะต่างๆ ที่เหมาะสม เมื่อได้ถ่านแล้วก็นำมากระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เพื่อเพิ่มพื้นผิวสัมผัสจนได้ถ่านกัมมันต์จากต้นไมยราบยักษ์ ในขั้นตอนการกระตุ้นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของถ่านกัมมันต์ คือ อุณหภูมิ เวลาการเผากระตุ้น และอัตราส่วนของการกระตุ้น

2.8.2 ชุดการทดลองการศึกษาความสามารถในการดูดติดผิวตะกั่วในน้ำเสียดังเคราะห์ของถ่านกัมมันต์ โดยใช้การทดลองแบบทีละเท (Batch Experiment) โดยทำการทดลองในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยเขย่าบนเครื่องเขย่าศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดติดผิว ได้แก่ pH เริ่มต้น เวลาการสัมผัส ปริมาณถ่านกัมมันต์ และความเข้มข้นของสารตะกั่ว

2.9 การเลือกใช้ถ่านกัมมันต์

สำหรับถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการทดลองคือถ่านที่เตรียมขึ้นมาเองจากต้นไมยราบยักษ์ ในการเตรียมเพื่อใช้ในการทดลองจะต้องใช้เครื่องบดละเอียด บดให้ได้ขนาด 100 เมช และขนาด 325 เมช โดยนำมาใช้ตามพารามิเตอร์ที่ได้ออกแบบการทดลองไว้

2.10 การปรับ pH ในน้ำเสียสังเคราะห์

ในการทดลองแต่ละการทดลองต้องปรับ pH ให้ได้ตามพารามิเตอร์ ลด pH ด้วยสารละลายไนตริก (HNO_3) และเพิ่ม pH ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

2.11 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดติดผิวโดยใช้ถ่านกัมมันต์

ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ของถ่านกัมมันต์ต้นไมยราบยักษ์ คือ pH เริ่มต้น เวลาการสัมผัส ปริมาณถ่านกัมมันต์ และความเข้มข้นของสารตะกั่ว

2.12 ผลค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์เปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ มอก. 900-2547

ผลของค่าไอโอดีนนัมเบอร์ที่ได้จากถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ มอก. 900-2547 ได้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ต่ำกว่าเกณฑ์คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีชนิดผง ซึ่งค่าไอโอดีนนัมเบอร์ที่ได้จากถ่านกัมมันต์จากไมยราบยักษ์ ได้ค่าเท่ากับ 542.15 มิลลิกรัมต่อกรัม ในส่วนเกณฑ์มาตรฐานของค่าไอโอดีนนัมเบอร์ไม่น้อยกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งผลที่ได้ที่มีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ อาจเกิดจากหลายปัจจัย เช่น ในขั้นตอนการเผา เผาที่อุณหภูมิสูงเกินไป หรือนานเกินไป และอาจเกิดจากต้นไมยราบยักษ์เป็นวัชพืชที่มีเนื้อไม้อ่อนหรือองค์ประกอบทางเคมีของไมยราบยักษ์ต่ำกว่าไม้หรือวัชพืชอื่น ทำให้ขั้นตอนในการเตรียมถ่านกัมมันต์มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ลดลง

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 จากการทดลองพบว่า ถ่านกัมมันต์ไมยราบยักษ์ มีความเป็นด่างสูง จึงทำให้การทดลองบางการทดลองต้องมีการลดจำนวนปริมาณของถ่านกัมมันต์ลดลง เพื่อไม่ให้ pH ของน้ำเสียหลังเขย่าถึงช่วง pH ของการตกตะกอน

3.2 การเตรียมถ่านกัมมันต์ไมยราบยักษ์ในขั้นตอนการเผา อาจมีการปนเปื้อนจากเถ้าที่ถูกเผา โดยอาจมีอากาศเข้าร่วมด้วย ผลของการดูดติดผิวจึงอาจไม่ได้มาจากถ่านกัมมันต์ไมยราบ

ยักษ์เพียงอย่างเดียว อาจมีผลมาจากการดูดซับโดยเถ้าน้ำมันดิบร่วมกับยักษ์ร่วมด้วย ควรมีการคัดเถ้าและเถ้าน้ำมันดิบจากขั้นตอนการเผาออกก่อนการบดและเติมลงตัวอย่าง

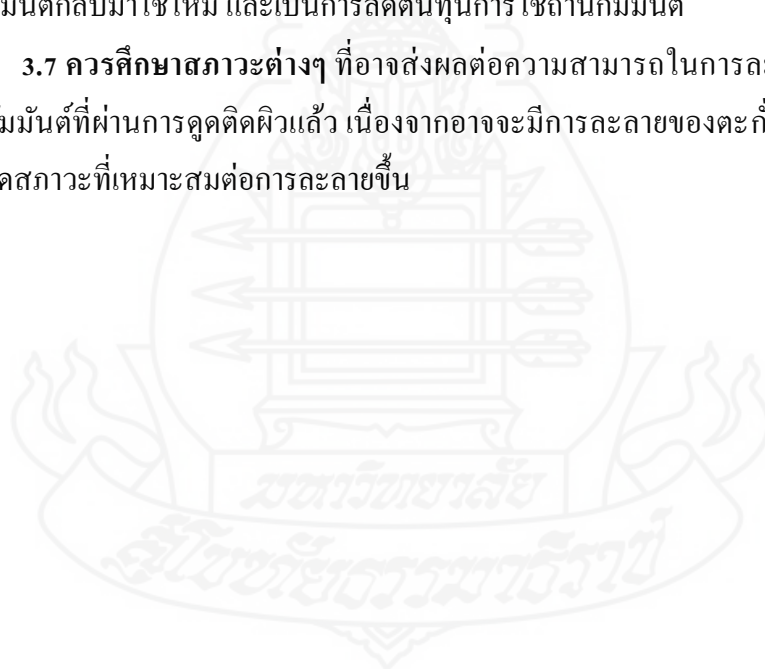
3.3 ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพของการดูดซับสารอินทรีย์ เพราะเป็นมวลสารหลักที่กำจัดได้ เพื่อสามารถนำมาเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากไมยราบยักษ์ หรือจากวัสดุอื่นด้วย

3.4 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความเป็นไปได้ในการใช้วัสดุอื่นมาผลิตถ่านกัมมันต์ โดยการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร หรือวัชพืชอื่นๆ ที่มีอยู่ในประเทศไทยมาทดลองผลิตถ่านกัมมันต์ โดยใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นตัวกระตุ้น

3.5 การทดลองใช้ประโยชน์ในการดูดซับมลพิษทางด้านอื่นๆ ทดลองนำถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้นไปทดลองใช้ประโยชน์ในการดูดซับมลพิษทางด้านอื่น เช่น ในอุตสาหกรรมอาหาร และยา เป็นต้น

3.6 ควรมีการศึกษาการฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ที่ใช้ดูดซับมลพิษโลหะหนัก เพื่อจะได้สามารถนำถ่านกัมมันต์กลับมาใช้ใหม่ และเป็นการลดต้นทุนการใช้ถ่านกัมมันต์

3.7 ควรมีศึกษาสถานะต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการละลายของตะกั่วออกจากถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการดูดซับแล้ว เนื่องจากอาจจะมีการละลายของตะกั่วกลับสู่สิ่งแวดล้อมได้ หากเกิดสถานะที่เหมาะสมต่อการละลายขึ้น





บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- การกระตุ้น. (2558, เม.ย 02). สืบค้นจาก Available: http://siweb.dss.go.th/information/search_option2.asp?sub_RF_ID=11.
- การผลิตถ่านกัมมันต์. (2559, พ.ย 14). สืบค้นจาก Available:[http:// charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/article3.php](http://charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/article3.php).
- Lead (Pb) ตะกั่ว (2559, มิ.ย 17). สืบค้นจาก <https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet5/topic2/Pb.html>.
- สารมลพิษทางน้ำ (2559, มิ.ย 17). สืบค้นจาก http://www.il.mahidol.ac.th/emedial/ecology/chapter3/chapter3_water7.htm.
- กุศล ประกอบการ, พันทิวา อินทวิชัย. (2544). *เครื่องอบแห้งเชื้อเพลิงชีวพลังงานแสงอาทิตย์* มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ
- จิราภรณ์ ธรรมศรี. (2546). *การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นสารกระตุ้น บทคัดย่อปัญหาพิเศษ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม*
- ธราพงษ์ วิทิตสานต์. “สารระนำรู้เกี่ยวกับถ่านกัมมันต์.” *เคมีน่ารู้ 2*. (2546) : 67-72.
- นรินทร์ ทองวิทยาและคณะ. (2522). *ผลของการใช้ใบไมยราบยักษ์ในอาหารนกกระทาไข่* รายงานการประชุมทางวิชาการเกษตรศาสตร์และชีววิทยาแห่งชาติ ครั้งที่ 17 สาขาสัตว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปัญญา มณีจักร. (2556). *การพัฒนาถ่านกัมมันต์จากลูกหูกวางเพื่อดูดซับโครเมียม (III) ไอออนจากน้ำเสียในการวิเคราะห์ค่า COD.* (วิจัย). ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต, ปทุมธานี.
- ภควดี สุขอนันต์. (2549). *ศึกษาพื้นที่ผิวของถ่านและถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรวารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, พระนครศรีอยุธยา. ฉบับที่ 1 ปี 2549*
- ภัทรา ปัญญาวัฒนกิจ. (2540). *ถ่านกัมมันต์โดยใช้เกลือ (NaCl) เป็นตัวกระตุ้นใช้วัตถุดิบ 3 ชนิด คือกะลามะพร้าว ชีเลื้อย และถ่านกะลามะพร้าว (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์).* มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพมหานคร.
- ยุพดี เส้นขาว. (2557). *การกำจัดไอออนแคดเมียมและตะกั่วจากน้ำเสีย ด้วยมะขามและเปลือกทับทิม* หลักสูตรวิทยาศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์, ปทุมธานี.

- รัตน์ฤดี เบญจางคประเสริฐ. (2551). *การทำสารดูดซับจากกระดูกหมู* (การวิจัยประยุกต์). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
- ลลิตา นิทัศน์จารุกุล. (2544). *การกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดซับผิวโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- สุจินัย ค่อยเสงี่ยม. (2544). *การกำจัดตะกั่วและปรอทจากน้ำทิ้งอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มและกะลามะพร้าว*. (วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- โสภา กลิ่นจันทร์ (2548) *กระบวนการแยกสำหรับเทคโนโลยีชีวภาพ*. (วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์) กรุงเทพมหานคร.
- เสาวนีย์ ธรรมสระ. (2538). *การใช้สารกำจัดวัชพืชและข้อเสนอแนะในการควบคุมไมยราบยักษ์*. (โครงการวิจัย) ฝ่ายวัชพืช กองวิจัยและทดลอง กรมชลประทาน, นนทบุรี
- อนิสา ทรัพย์นิวัตต และคณะ (2555) *การบำบัดน้ำปนเปื้อนโลหะหนักด้วยเปลือกหอยผสมธรรมชาติ (กระช้ำ)* (วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- อรัญ ขวัญปาน (2554) *ประสิทธิภาพของการกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ไม้โกกทาง และเปลือกทุเรียน* (การวิจัยประยุกต์). มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, กรุงเทพมหานคร.
- Activated Carbon Fil. (2559, มี.ย 17) สืบค้นจาก <http://www.wateensolutions.com.au/page/carbon-filter>
- D. Kalderis et al. / *Bioresource Technology* (2008) "Production of Activated Carbon from Bagasse and Rice Husk by a Single-Stage Chemical Activation Method at Low Retention Times" Department of Environmental Engineering, Technical University of Crete, 73 100 Chania, Greece.
- Lua AC1, Yang T. (2005) "Characteristics of activated carbon prepared from pistachio-nut shell by zinc chloride activation under nitrogen and vacuum conditions." School of Mechanical and Aerospace Engineering, Nanyang Technological University, Singapore.

- Nabais JV¹, Carrott P, Ribeiro Carrott MM, Luz V, Ortiz AL. Bioresour Technol. 2008 “Influence of preparation conditions in the textural and chemical properties of activated carbons from a novel biomass precursor: the coffee endocarp. ” Universidade de Evora, Departamento de Química e Centro de Química de Evora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000 Evora, Portugal.
- Namane A¹, Mekarzia A, BenrachediK, Belhaneche-BensemraN, HellalA.(2005) “Determination of the adsorption capacity of activated carbon made from coffee grounds by chemical activation with ZnCl₂ and H₃PO₄.” National Polytechnic School, Environmental Department, 10 Avenue Pasteur BP182, El-harrach, Alger 16200, Algeria.
- Namasivayam C¹, Sangeetha D. (2004) “Equilibrium and kinetic studies of adsorption of phosphate onto ZnCl₂ activated coir pith carbon. ” Environmental Chemistry Division, Department of Environmental Sciences, Bharathiar University, India
- Mozammel HM, Masahiro O, Bhattacharya SC (2002) Activated charcoal from coconut shell using ZnCl₂ activation. Biomass Bioenerg 22(5):397–400. Institute Malaysia (FRIM) 52100 Kepong Selangor , Malaysia
- Kobyas, M., Demirbas, E., Senturk, E, and Inced, M. (2005). “Adsorption of heavy metal ions from aqueous solutions by activated carbon prepared from apricot stone”, Bioresource Technology. Department of Chemistry, Gebze Institute of Technology, 41400 Gebze, Turkey 96 , 1518-1521.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ มอก.900-2547



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ มอก.900-2547

1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมถ่านกัมมันต์ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ หลาย ประเภท เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีและเภสัชกรรม ใช้ฟอกสีในอุตสาหกรรมอาหาร น้ำตาล น้ำมัน พืช น้ำอัดลม โมโนโซเดียมแอล-กลูตาเมต (Monosodium L-Glutamate) ใช้ดูดก๊าซในถังกรองบูหรี เครื่องทำให้อากาศบริสุทธิ์ในโรงงานและใช้ในการกรองน้ำ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1. ถ่านกัมมันต์ หมายถึง ถ่านที่มีคุณสมบัติดูดซับสี กลิ่น รส บางชนิดได้เป็นอย่างดี ถ่านชนิดนี้มีโครงสร้างเป็นรูพรุน ผลิตได้จากถ่านหิน ถ่านไม้ ถ่านกะลามะพร้าว หรือถ่านกระดูก ด้วย กรรมวิธีถ่านกัมมันต์

2.2. ค่าไอโอดีน (Iodine number) หมายถึงจำนวนมิลลิกรัมของไอโอดีนที่ถูกดูดซับไว้ ด้วยถ่านกัมมันต์ 1 กรัม เมื่อความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนหลังจากถูกดูดซับเป็น 0.01 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

3. ชนิดและชั้นคุณภาพ

ถ่านกัมมันต์แบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ

- 1) ชนิดผง (Powdered Activated Carbon)
- 2) ชนิดเม็ด (Granular Activated Carbon) แบ่งออกเป็นสองชั้นคุณภาพคือ
 - ชั้นคุณภาพพิเศษ (Premium Graed)
 - ชั้นคุณภาพที่ 1 (First Graed)
- 3) ชนิดอัดเม็ด (Pelletised Activated Carbon)
- 4) ชนิดแท่ง (Block Activated Carbon)

4. ขนาด

4.1. ชนิดผง ให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย แต่ปริมาณที่ผ่านแรง 150 ไมโครเมตร ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 99 โดยน้ำหนัก การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2.1

4.2. ชนิดเม็ดและชนิดอัดเม็ดให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย แต่ปริมาณที่ผ่านแรง 150 ไมโครเมตร ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2.2

4.3. ชนิดแท่ง ให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย

5. คุณลักษณะที่ต้องการ

5.1 ลักษณะทั่วไป

- 1) ชนิดผง ต้องเป็นผงสีดำ ปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้
- 2) ชนิดเม็ดและชนิดอัดเม็ด ต้องเป็นเม็ดสีดำ ปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้
- 3) ชนิดแท่ง ต้องเป็นแท่ง ปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้ การทดสอบให้ทำการตรวจพินิจ

5.2 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี

- 1) ชนิดผง ให้เป็นไปตามตารางที่ ผก1

ตารางที่ ผก1 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของชนิดผง (Powdered Activated Carbon)

| รายการที่ | คุณลักษณะ | เกณฑ์ที่กำหนด | วิธีการทดสอบ |
|-----------|--|---------------|--------------|
| 1 | ค่าไอโอดีนไม่น้อยกว่า (มิลลิกรัมต่อกรัม) | 600 | AWWA B600 |
| 2 | ความหนาแน่นปรากฏ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) | 0.20-0.75 | |

ตารางที่ ผก2 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของชนิดเม็ด (Granular Activated Carbon)

| รายการที่ | คุณลักษณะ | เกณฑ์ที่กำหนด | | วิธีการทดสอบ |
|-----------|--|-----------------|-----------------|---------------|
| | | ชั้นคุณภาพพิเศษ | ชั้นคุณภาพที่ 1 | |
| 1 | ค่าไอโอดีนไม่น้อยกว่า (มิลลิกรัมต่อกรัม) | 1000 | 600 | AWWA B604 |
| 2 | ความชื้นร้อยละไม่เกิน | | 8 | AWWA B604 |
| 3 | ความหนาแน่นปรากฏกรัม ต่อลูกบาศก์เมตรเซนติเมตร ความแข็ง | | 0.20 | Ro-Tap |
| 4 | Abrasionresistance ร้อยละไม่น้อยกว่า | | 70 | Abrasion test |

ตารางที่ ผก3 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของชนิดอัดเม็ด (Pelletised Activated Carbon)

| รายการที่ | คุณลักษณะ | เกณฑ์ที่กำหนด | วิธีการทดสอบ |
|-----------|--|---------------|---------------|
| 1 | ค่าไอโอดีนไม่น้อยกว่า (มิลลิกรัมต่อกรัม) | 600 | AWWA B604 |
| 2 | ความชื้นร้อยละไม่เกิน | 8 | AWWA B604 |
| 3 | ความหนาแน่นปรากฏกรัม ต่อลูกบาศก์เมตรเซนติเมตร ความแข็ง | 0.20 | Ro-Tap |
| 4 | Abrasionresistance ร้อยละไม่น้อยกว่า | 70 | Abrasion test |

ตารางที่ ผก4 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของชนิดแห้ง (Block Activated Carbon)

| รายการที่ | คุณลักษณะ | เกณฑ์ที่กำหนด | วิธีการทดสอบ |
|-----------|--|---------------|--------------|
| 1 | ค่าไอโอดีน ไม่น้อยกว่า (มิลลิกรัมต่อกรัม) | 600 | AWWA B604 |
| 2 | ความชื้นร้อยละไม่เกิน | 8 | AWWA B604 |

6. การบรรจุ

6.1. ให้บรรจุถ่านกัมมันต์ในภาชนะบรรจุที่สะอาดแห้ง และปิดได้สนิท

6.2. น้ำหนักสุทธิของถ่านกัมมันต์ในแต่ละภาชนะที่บรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1. ที่ภาชนะบรรจุถ่านกัมมันต์ทุกหน่วยอย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์ตามชื่อมาตรฐาน

(2) ชนิด และชั้นคุณภาพ

(3) น้ำหนักสุทธิ เป็นกิโลกรัม

(4) เดือน ปีที่ทำ หรือรหัสรุ่นที่ทำ

(5) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน ในกรณีที่ใช้

ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

ในการชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามภาคผนวก ข

9. การทดสอบ

9.1. ข้อกำหนดทั่วไป

9.1.1. ให้ใช้วิธีทดสอบที่กำหนดในมาตรฐานนี้ หรือวิธีอื่นใดที่ให้ผลเทียบเท่า ในกรณีที่มี ข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในมาตรฐานนี้

9.1.2. หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น น้ำกลั่นและสารเคมีที่ใช้ต้องมีความบริสุทธิ์ เหมาะสมหรับใช้ในการวิเคราะห์

9.2. การทดสอบขนาด

9.2.1. ถ่านกัมมันต์ผง

1) เครื่องมือ

- แร้ง 150 ไมโครเมตร
- กุชครุชิบิล

2) วิธีทดสอบ

นำตัวอย่างประมาณ 25 กรัม ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมงจนได้มวลคงที่ ปล่อยให้เย็นในเดซิเคเตอร์ จากนั้นให้รับซั่งให้ทราบมวลที่แน่นอน ถึง 0.001 กรัม (m_0) เทตัวอย่างใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำ 600 ลูกบาศก์เซนติเมตร ถึง 700 ลูกบาศก์ เซนติเมตร คนให้เข้ากัน ทำแรงให้เป็ยกก่อนแล้วเทตัวอย่างช้า ๆ ผ่านแร้งในขณะที่เทให้คนตัวอย่าง เป็นครั้งคราว ล้างตัวอย่างที่ติดอยู่ในบีกเกอร์ออกให้หมด เมื่อเทตัวอย่างทั้งหมดลงบนแร้งแล้วใช้น้ำล้างตัวอย่างอีกจนกระทั่งไม่มีตัวอย่างผ่านแร้งอีก ถ่ายตัวอย่างที่ค้างบนแร้ง โดยใช้น้ำช่วยใส่ลงในบีกเกอร์แล้วกรองผ่านกุชครุชิบิลซึ่งทราบมวลแน่นอนแล้ว นำกุชครุชิบิลนั้น ไปอบที่อุณหภูมิ 140 องศา เซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมงจนได้มวลที่คงที่ ปล่อยให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วรับซั่งน้ำหนักทันที (m_1)

3) วิธีคำนวณ

$$\text{คำนวณหาปริมาณที่ผ่านแร้ง จากสูตร} = 1 \frac{m_1}{m_0} \times 100$$

เมื่อ m_0 คือ มวลของตัวอย่าง หลังจากอบแห้งครั้งแรก เป็นกรัม
 m_1 คือ มวลของตัวอย่าง หลังจากอบแห้งครั้งที่ 2 เป็นกรัม

9.2.2. ถ่านกัมมันต์เม็ดและถ่านกัมมันต์อัดเม็ด

1) เครื่องมือ

- แร้ง 150 ไมโครเมตร
- เครื่องเขย่าที่มีอัตราการเขย่า 285 รอบต่อนาที \pm 5 รอบต่อนาที

มีลักษณะ การเขย่าเป็นแบบขึ้นลงและหมุนวนพร้อมกัน

2) วิธีทดสอบ

ซึ่งตัวอย่างประมาณ 100 กรัม ให้ทราบมวลที่แน่นอนถึง 0.1 กรัม
ใส่ในแรง เขย่าด้วยเครื่องเขย่านาน 3 นาที ถ่ายส่วนที่ค้ำบนแรงทั้งหมดลงในภาชนะที่ทราบมวล
แน่นอนแล้ว ชั่งแล้วคำนวณส่วนที่ค้ำบนแรงเป็นร้อยละ โดยน้ำหนัก

9.3 น้ำหนักสุทธิ ซึ่งตัวอย่างทั้งหมดพร้อมภาชนะบรรจุแล้วเทตัวอย่างออกซึ่งภาชนะเปล่า
แล้วเฉลี่ย ผลต่างของมวลที่ชั่งได้เป็นน้ำหนักสุทธิต่อภาชนะบรรจุ



ภาคผนวก ข
รูปภาพงานวิจัย

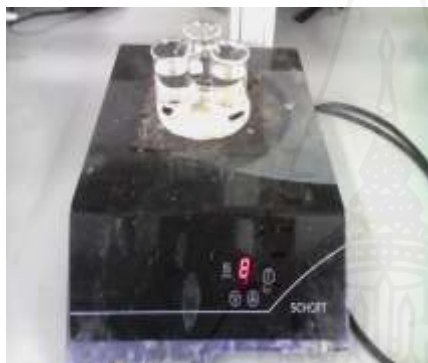




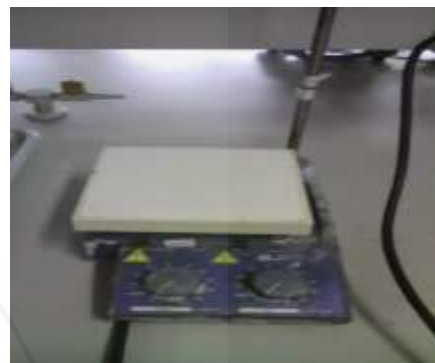
ภาพที่ ผค1 ตู้อบความร้อน



ภาพที่ ผค2 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง



ภาพที่ ผค3 เครื่องให้ความร้อน Hotplate



ภาพที่ ผค4 Hotplate and Magnatic Stirrer



ภาพที่ ผค5 เต้าเผาอุณหภูมิสูง



ภาพที่ ผค6 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง



ภาพที่ ผค7 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง



ภาพที่ ผค8 เครื่องเขย่า (Shaker)



ภาพที่ ผค9 ต้นไมยราบยักษ์



ภาพที่ ผค10 การเผาถ่านไมยราบยักษ์



ภาพที่ ผค11 ถ่านที่กระตุ้นที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพที่ ผค12 ถ่านที่ผ่านกระตุ้นที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพที่ ผค13 ล้างถ่านที่กระตุ้นแล้ว



ภาพที่ ผค14 การบดถ่านแบบหยาบๆ



ภาพที่ ผค15 เขย่าถ่านที่กระตุ้นที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพที่ ผค16 การกรองไอโอดีน



ภาพที่ ผค17 ไทเทรตไอโอดีนให้สีจางลง



ภาพที่ ผค18 ไทเทรตไอโอดีนให้ถึงจุดยุติ



ภาคผนวก ค
สถิติทางการวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏ
สกลนคร

Oneway

Descriptives

| IOD1 | | | | | | | | |
|-------|---|----------|----------------|------------|----------------------------------|-------------|---------|---------|
| | | | | | 95% Confidence Interval for Mean | | | |
| | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error | Lower Bound | Upper Bound | Minimum | Maximum |
| 1:0 | 3 | 512.4733 | 2.09462 | 1.20933 | 507.2700 | 517.6767 | 510.69 | 514.78 |
| 1:1 | 3 | 617.0733 | 5.84959 | 3.37726 | 602.5421 | 631.6045 | 610.32 | 620.56 |
| 1:2 | 3 | 558.5983 | 1.89909 | 1.09644 | 553.8807 | 563.3159 | 556.58 | 560.35 |
| Total | 9 | 562.7150 | 45.51432 | 15.17144 | 527.7296 | 597.7004 | 510.69 | 620.56 |

ANOVA

| IOD1 | | | | | |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|------|
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 16488.001 | 2 | 8244.001 | 585.904 | .000 |
| Within Groups | 84.423 | 6 | 14.071 | | |
| Total | 16572.425 | 8 | | | |

Homogeneous Subsets

IOD1

Duncan

| Nacl | N | Subset for alpha = 0.05 | | |
|------|---|-------------------------|----------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1:0 | 3 | 512.4733 | | |
| 1:2 | 3 | | 558.5983 | |
| 1:1 | 3 | | | 617.0733 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Oneway

Descriptives

| IOD2 | | | | | | | | |
|-------|---|----------|----------------|------------|----------------------------------|-------------|---------|---------|
| | | | | | 95% Confidence Interval for Mean | | | |
| | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error | Lower Bound | Upper Bound | Minimum | Maximum |
| 500 | 3 | 543.6967 | 6.02177 | 3.47667 | 528.7378 | 558.6556 | 540.21 | 550.65 |
| 600 | 3 | 577.8650 | 6.25430 | 3.61092 | 562.3285 | 593.4015 | 570.72 | 582.32 |
| 700 | 3 | 617.0733 | 5.84959 | 3.37726 | 602.5421 | 631.6045 | 610.32 | 620.56 |
| Total | 9 | 579.5450 | 32.22595 | 10.74198 | 554.7739 | 604.3161 | 540.21 | 620.56 |

ANOVA

| IOD2 | | | | | |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|------|
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 8088.904 | 2 | 4044.452 | 110.710 | .000 |
| Within Groups | 219.191 | 6 | 36.532 | | |
| Total | 8308.095 | 8 | | | |

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

IOD2

Duncan

| Item | N | Subset for alpha = 0.05 | | |
|------|---|-------------------------|----------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 500 | 3 | 543.6967 | | |
| 600 | 3 | | 577.8650 | |
| 700 | 3 | | | 617.0733 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Oneway

Descriptives

| TK | | | | | | | | |
|-------|----|--------|----------------|------------|----------------------------------|-------------|---------|---------|
| | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean | | Minimum | Maximum |
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound | | |
| 2 | 3 | 6.5300 | .11000 | .06351 | 6.2567 | 6.8033 | 6.42 | 6.64 |
| 3 | 3 | 3.9840 | .08352 | .04822 | 3.7765 | 4.1915 | 3.89 | 4.06 |
| 4 | 3 | .4120 | .00100 | .00058 | .4095 | .4145 | .41 | .41 |
| 5 | 3 | .1850 | .00100 | .00058 | .1825 | .1875 | .18 | .19 |
| 6 | 3 | .1520 | .00200 | .00115 | .1470 | .1570 | .15 | .15 |
| 7 | 3 | .0640 | .00400 | .00231 | .0541 | .0739 | .06 | .07 |
| 8 | 3 | .0380 | .00200 | .00115 | .0330 | .0430 | .04 | .04 |
| 9 | 3 | .0180 | .00200 | .00115 | .0130 | .0230 | .02 | .02 |
| Total | 24 | 1.4229 | 2.35618 | .48095 | .4279 | 2.4178 | .02 | 6.64 |

ANOVA

| TK | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|----------|------|
| Between Groups | 127.649 | 7 | 18.236 | 7635.908 | .000 |
| Within Groups | .038 | 16 | .002 | | |
| Total | 127.687 | 23 | | | |

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

TK

Duncan

| PH | N | Subset for alpha = 0.05 | | | | |
|------|---|-------------------------|-------|-------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9 | 3 | .0180 | | | | |
| 8 | 3 | .0380 | | | | |
| 7 | 3 | .0640 | | | | |
| 6 | 3 | | .1520 | | | |
| 5 | 3 | | .1850 | | | |
| 4 | 3 | | | .4120 | | |
| 3 | 3 | | | | 3.9840 | |
| 2 | 3 | | | | | 6.5300 |
| Sig. | | .291 | .420 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Oneway

Descriptives

| TK2 | Descriptives | | | | | | | |
|-------|--------------|--------|----------------|------------|----------------------------------|-------------|---------|---------|
| | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean | | Minimum | Maximum |
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound | | |
| 5 | 3 | 1.8467 | .00577 | .00333 | 1.8323 | 1.8610 | 1.84 | 1.85 |
| 10 | 3 | 1.7800 | .02000 | .01155 | 1.7303 | 1.8297 | 1.76 | 1.80 |
| 15 | 3 | 1.7433 | .00577 | .00333 | 1.7290 | 1.7577 | 1.74 | 1.75 |
| 30 | 3 | 1.6500 | .02000 | .01155 | 1.6003 | 1.6997 | 1.63 | 1.67 |
| 60 | 3 | 1.5700 | .03000 | .01732 | 1.4955 | 1.6445 | 1.54 | 1.60 |
| 120 | 3 | 1.4400 | .04000 | .02309 | 1.3406 | 1.5394 | 1.40 | 1.48 |
| Total | 18 | 1.6717 | .14197 | .03346 | 1.6011 | 1.7423 | 1.40 | 1.85 |

ANOVA

| TK2 | | | | | |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|------|
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | .336 | 5 | .067 | 119.733 | .000 |
| Within Groups | .007 | 12 | .001 | | |
| Total | .343 | 17 | | | |

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

TK2

Duncan

| TIME | N | Subset for alpha = 0.05 | | | | |
|------|---|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 120 | 3 | 1.4400 | | | | |
| 60 | 3 | | 1.5700 | | | |
| 30 | 3 | | | 1.6500 | | |
| 15 | 3 | | | | 1.7433 | |
| 10 | 3 | | | | 1.7800 | |
| 5 | 3 | | | | | 1.8467 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | .082 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Oneway

Descriptives

| TK3 | | | | | | | | |
|-------|---|--------|----------------|------------|----------------------------------|-------------|---------|---------|
| | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean | | Minimum | Maximum |
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound | | |
| 0.05 | 3 | 5.2247 | .00058 | .00033 | 5.2232 | 5.2261 | 5.22 | 5.22 |
| 0.1 | 3 | 1.1750 | .00200 | .00115 | 1.1700 | 1.1800 | 1.17 | 1.18 |
| 0.2 | 3 | .9360 | .00300 | .00173 | .9285 | .9435 | .93 | .94 |
| Total | 9 | 2.4452 | 2.08715 | .69572 | .8409 | 4.0495 | .93 | 5.22 |

ANOVA

| TK3 | | | | | |
|----------------|----------------|----|-------------|-------------|------|
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 34.850 | 2 | 17.425 | 3920578.075 | .000 |
| Within Groups | .000 | 6 | .000 | | |
| Total | 34.850 | 8 | | | |

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

TK3

Duncan

| Cabon | N | Subset for alpha = 0.05 | | |
|-------|---|-------------------------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 0.2 | 3 | .9360 | | |
| 0.1 | 3 | | 1.1750 | |
| 0.05 | 3 | | | 5.2247 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Oneway

Descriptives

| TK4 | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean | | Minimum | Maximum |
|-------|----|--------|----------------|------------|----------------------------------|-------------|---------|---------|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound | | |
| | | | | | 0 | 3 | | |
| 5 | 3 | .3850 | .00500 | .00289 | .3726 | .3974 | .38 | .39 |
| 10 | 3 | .8320 | .00200 | .00115 | .8270 | .8370 | .83 | .83 |
| 15 | 3 | 1.6583 | .00058 | .00033 | 1.6569 | 1.6598 | 1.66 | 1.66 |
| 20 | 3 | 3.4157 | .00058 | .00033 | 3.4142 | 3.4171 | 3.42 | 3.42 |
| Total | 15 | 1.2966 | 1.21494 | .31370 | .6238 | 1.9694 | .19 | 3.42 |

ANOVA

| TK4 | | | | | |
|----------------|----------------|----|-------------|------------|------|
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 20.665 | 4 | 5.166 | 767261.520 | .000 |
| Within Groups | .000 | 10 | .000 | | |
| Total | 20.665 | 14 | | | |

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

TK4

Duncan

| PB | N | Subset for alpha = 0.05 | | | | |
|------|---|-------------------------|-------|-------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0 | 3 | .1920 | | | | |
| 5 | 3 | | .3850 | | | |
| 10 | 3 | | | .8320 | | |
| 15 | 3 | | | | 1.6583 | |
| 20 | 3 | | | | | 3.4157 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ประวัติผู้ศึกษา

| | |
|------------------|--|
| ชื่อ | นายอังกร กองแสง |
| วัน เดือน ปีเกิด | 23 มิถุนายน 2526 |
| สถานที่เกิด | อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม |
| ประวัติการศึกษา | วิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ปี 2549 |
| สถานที่ทำงาน | โรงพยาบาลหนองหาน จังหวัดอุดรธานี |
| ตำแหน่ง | นักวิชาการสาธารณสุข |

