

การดูดซับไนโตรเจนและไนเตรตออกจากร้ำเสียสังเคราะห์โดยดินเบาที่ผ่านการเผา



นางสาวกิตติยา น้อยม่วง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**NITRITE AND NITRATE ADSORPTION FROM SYNTHETIC
WASTEWATER BY CALCINED DIATOMITE**

Miss Kitiya Noimuang

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science**

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

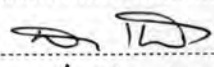
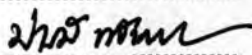
Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

491468

นางสาวกิตติยา น้อยม่วง: การดูดซับไนไตรท์และไนเตรทออกจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยดินเบาที่ผ่านการเผา (NITRITE AND NITRATE ADSORPTION FROM SYNTHETIC WASTEWATER BY CALCINED DIATOMITE) อ. ที่ปรึกษา: รศ.ดร. สมใจ เฟื่องปรีชา, อ.ที่ปรึกษาร่วม: ดร. ปารมี เฟื่องปรีชา, 124 หน้า

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับไนไตรท์และไนเตรทในน้ำเสียสังเคราะห์โดยดินเบาที่ผ่านการเผา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าดินเบาที่ผ่านการเผาที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดคือดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C และหาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับไนไตรท์และไนเตรทในน้ำเสียสังเคราะห์โดยแปรผันความเข้มข้นของไนไตรท์และไนเตรท พีเอช เวลาสัมผัส และปริมาณดินเบาเผา โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ผลการศึกษาระบุว่าประสิทธิภาพการดูดซับไนไตรท์ในน้ำเสียสังเคราะห์โดยดินเบาที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 800 °C เท่ากับ 96 % ที่ความเข้มข้นของไนไตรท์ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอช 2 ใช้ปริมาณดินเบาเผา 3 กรัม ที่อัตราเร็วในการเขย่า 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และประสิทธิภาพการดูดซับไนเตรท เท่ากับ 93 % ที่ความเข้มข้นของไนเตรท 40 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเท่ากับ 2 ใช้ปริมาณดินเบาเผา 3 กรัม ที่อัตราเร็วในการเขย่า 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง การศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับของไนไตรท์และไนเตรทโดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C พบว่าสัมพันธ์กับไอโซเทอร์มการดูดซับแบบฟรุนดลิช การศึกษาการชะละลายของดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C พบว่า มีการชะละลายไนไตรท์ และไนเตรทออกมาไม่เกินค่าที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์

สาขาวิชา..... วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่อนิสิต..... กิตติยา น้อยม่วง.....
ปีการศึกษา..... 2549..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... 

4689056620 : MAJOR OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD : NITRATE/ NITRITE/ DIATOMACEOUS EARTH/ ADSORPTION

KITIYA NOIMUANG : NITRITE AND NITRATE ADSORPTION FROM SYNTHETIC WASTEWATER BY CALCINED DIATOMITE. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. SOMCHAI PENGPRECHA, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR: PARAMEE PENGPRECHA, Ph.D., 124 pp.

The efficiency of nitrite and nitrate adsorption from synthetic wastewater by calcined diatomite was studied in a batch experiment. The results indicated that the most effective calcined diatomite was a diatomite calcined at 800 °C. The appropriate condition for nitrite and nitrate adsorption from synthetic wastewater was determined by varying concentration of nitrite and nitrate , pH, contact time and amount of calcined diatomite at room temperature. The results indicated that the efficiency of nitrite adsorption from synthetic wastewater was 96% at 30 mg/l of nitrite concentration using 3 grams of calcined diatomite at pH 2 with shaking rate 200 rpm for 8 hours and the efficiency of nitrate adsorption was 93 % at 40 mg/l of nitrate concentration using 3 grams of calcined diatomite at pH 2 with shaking rate 200 rpm for 24 hours. The adsorption isotherm of nitrite and nitrate can be described by the Freundlich isotherm. The study also indicated that the leaching of nitrite and nitrate from calcined diatomite was lower than the level which can harm human beings.

Field of study.....Environmental Science..... Student's signature.....*Kitiya Noimuang*.....
 Academic year.....2006..... Advisor's signature.....*Somchai Pengprecha*.....
 Co-advisor's signature.....*Paramee Pengprecha*.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. สมใจ เพ็งปรีชา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ ดร.ปารมี เพ็งปรีชา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาต่างๆจนวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ตลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา เลิศปรีชญา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต รัตนธรรมสกุล ที่ให้ความกรุณามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

งานวิจัยนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนอุดหนุนการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัยผู้วิจัยขอขอบพระคุณที่ให้ความอนุเคราะห์ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณนายหิรัญ ทองมี นางสาวปรีญา รัตนา นางสาวปัทมา แสงไพโรจน์ นางสาวกุสุมา เอกสาโรจน์ นางสาวนุชภางค์ วรรณบุญเรือง นางสาวสาวเดือน ทาวะรัมย์ น้องหมู่น้อย เพื่อนๆ ม.เกษตรศาสตร์ เพื่อนๆ และน้องๆ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ตลอดมา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครอบครัวน้อยม่วง และทองมีที่ดูแลและให้การส่งเสริมสนับสนุนการศึกษาแก่ข้าพเจ้าเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญ..... | ช |
| สารบัญตาราง..... | ฅ |
| สารบัญภาพ..... | ฉ |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... | 2 |
| 1.4 สมมติฐาน..... | 2 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 3 |
| 1.6 วิธีการดำเนินการวิจัย..... | 3 |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 5 |
| 2.1 สารประกอบไนโตรเจน..... | 5 |
| 2.1.1 ไนโตรท์และไนเตรท..... | 5 |
| 2.1.1.1 ไนเตรทและไนโตรท์ในแหล่งธรรมชาติ..... | 6 |
| 2.1.1.2 ไนเตรทและไนโตรท์ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์..... | 7 |
| 2.1.1.3 ข้อเสนอแนะและมาตรการทางกฎหมายประเทศไทย..... | 12 |
| 2.1.1.4 ผลกระทบต่อสุขภาพ..... | 12 |
| 2.1.1.5 ระดับการปนเปื้อนไนเตรทในน้ำดื่ม..... | 14 |
| 2.1.1.6 การปนเปื้อนไนเตรทของน้ำจากบ่อน้ำบาดาลของประเทศไทย..... | 14 |
| 2.2 ดินเบา..... | 19 |
| 2.2.1 การกำเนิดดินเบา..... | 19 |
| 2.2.2 ชีวิตวิทยาและนิเวศวิทยาของไดอะตอม..... | 20 |
| 2.2.3 ส่วนประกอบทางเคมีของดินเบา..... | 21 |
| 2.2.4 ลักษณะทางกายภาพ..... | 22 |
| 2.2.5 แหล่งแร่ดินเบาที่พบในประเทศไทย..... | 23 |

| | |
|---|----|
| 2.2.6 การใช้ประโยชน์จากดินเบาในอุตสาหกรรมต่างๆ..... | 24 |
| 2.3 การดูดซับ (adsorption)..... | 25 |
| 2.3.1 หลักการดูดซับ..... | 25 |
| 2.3.2 การดูดซับทางกายภาพ..... | 25 |
| 2.3.3 การดูดซับทางเคมี..... | 26 |
| 2.3.4 ข้อแตกต่างระหว่างการดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมี..... | 27 |
| 2.3.5 สรุปข้อแตกต่างระหว่างการดูดซับทางกายภาพและทางเคมี..... | 28 |
| 2.3.6 ภูมิภาคตัวถูกดูดซับ..... | 28 |
| 2.3.7 แรงที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับ..... | 29 |
| 2.3.8 อัตราการเคลื่อนย้ายโมเลกุล..... | 30 |
| 2.3.9 จลนพลศาสตร์ของการดูดซับ..... | 30 |
| 2.3.10 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ..... | 30 |
| 2.3.11 ไอโซเทอร์มการดูดซับ..... | 33 |
| 2.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 35 |
| บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย..... | 38 |
| 3.1 ขั้นตอนการวิจัย..... | 38 |
| 3.2 วัตถุประสงค์และสารเคมี..... | 38 |
| 3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือการวิจัย..... | 39 |
| 3.4 วิธีดำเนินการวิจัย..... | 39 |
| 3.4.1 การเตรียมดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1000 °C..... | 39 |
| 3.4.2 การหาสถานะที่เหมาะสมในการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1000 °C..... | 40 |
| 3.4.3 การหาสถานะที่เหมาะสมในการดูดซับไนเตรทโดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1000 °C..... | 46 |
| 3.4.4 ศึกษาการชะละลายของไนไตรท์และไนเตรท..... | 52 |
| 3.4.5 ศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินเบาเผาช่วงอุณหภูมิ ที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับไนไตรท์และไนเตรทที่ดีที่สุด..... | 52 |

| | |
|--|----|
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... | 53 |
| 4.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 53 |
| 4.1.1 ผลของความเข้มข้นของไนไตรท์ที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับโดย ดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 53 |
| 4.1.2 ผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผา ที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 57 |
| 4.1.3 ผลของเวลาสัมผัสที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผา ที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C | 62 |
| 4.1.4 ผลของปริมาณดินเบาเผาที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนไตรท์โดยใช้ ดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 66 |
| 4.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับไนเตรทโดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 71 |
| 4.2.1 ผลของความเข้มข้นของไนเตรทที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนเตรท โดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 71 |
| 4.2.2 ผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนเตรทโดยดินเบาเผาที่ อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 75 |
| 4.2.3 ผลของเวลาสัมผัสที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนเตรทโดยดินเบาเผา ที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 80 |
| 4.2.4 ผลของปริมาณดินเบาเผาที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนเตรทโดยใช้ ดินเบาเผา ที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 84 |
| 4.3 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C..... | 89 |
| 4.4 การศึกษาเสถียรภาพของดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C หลังจากผ่านการดูดซับ ไนไตรท์และไนเตรทแล้วโดยวิธีทดสอบการชะละลาย..... | 96 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... | 97 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย..... | 97 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ..... | 98 |
| รายการอ้างอิง..... | 99 |

| | หน้า |
|---------------------------------|------|
| ภาคผนวก..... | 99 |
| ภาคผนวก ก..... | 104 |
| ภาคผนวก ข..... | 109 |
| ภาคผนวก ค..... | 113 |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... | 124 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ 2.1 การกำหนดปริมาณไนเตรทในน้ำของประเทศไทย..... | 12 |
| ตารางที่ 2.2 ระดับการปนเปื้อนไนเตรทในน้ำดื่มตามมาตรฐานขององค์กรต่างๆ..... | 14 |
| ตารางที่ 2.3 การปนเปื้อนไนเตรทของบ่อน้ำบาดาลในประเทศไทยที่มีค่าเกิน 20 mg NO ₃ ⁻ - N/L และ 45 mg NO ₃ ⁻ - N/L..... | 15 |
| ตารางที่ 2.4 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมีของดินเบา จากแหล่งแร่ต่างๆ..... | 21 |
| ตารางที่ 2.5 แสดงลักษณะทางกายภาพของดินเบา..... | 22 |
| ตารางที่ 4.1 ผลของความเข้มข้นของไนไตรท์ที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซับ โดยดินเบา เผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C (ดินเบาเผาปริมาณ 1 กรัม เวลาสัมผัส 1 ชั่วโมง)..... | 54 |
| ตารางที่ 4.2 ผลของความเข้มข้นของไนไตรท์ที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซับ โดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C ปริมาณ 1 กรัม เวลาในการสัมผัส 1 ชั่วโมง pH เท่ากับ 7..... | 56 |
| ตารางที่ 4.3 ผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C ปริมาณ 1 กรัม เวลาในการสัมผัส 1 ชั่วโมง..... | 58 |
| ตารางที่ 4.4 ผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C ปริมาณ 1 กรัม เวลาในการสัมผัส 1 ชั่วโมง..... | 61 |
| ตารางที่ 4.5 ผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 63 |
| ตารางที่ 4.6 ผลของเวลาสัมผัสที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผา ที่อุณหภูมิ 800 °C (ดินเบาเผาปริมาณ 1 กรัม ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัม ต่อลิตร pH เท่ากับ 2)..... | 65 |
| ตารางที่ 4.7 ผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 67 |
| ตารางที่ 4.8 ผลของปริมาณดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C ต่อการดูดซับไนไตรท์ (ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร pH เท่ากับ 2 เวลาสัมผัส 8 ชั่วโมง)..... | 69 |
| ตารางที่ 4.9 ความสามารถในการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C (ไอโซเทอร์มการดูดซับแบบฟรุนดลิช)..... | 71 |
| ตารางที่ 4.11 ผลของความเข้มข้นของไนเตรทที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับ โดยดินเบาเผา ที่อุณหภูมิ 800 °C (ความเข้มข้นไนเตรท 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ดินเบาเผาปริมาณ 1 กรัม เวลาในการสัมผัส 1 ชั่วโมง pH เท่ากับ 7)..... | 72 |

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ 4.12 ผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนเตรทโดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C (ดินเบาเผาปริมาณ 1 กรัม เวลาสัมผัส 1 ชั่วโมง)..... | 76 |
| ตารางที่ 4.13 ผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนเตรทโดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C (ความเข้มข้นไนเตรท 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ดินเบาเผาปริมาณ 1 กรัม เวลาในการสัมผัส 1 ชั่วโมง)..... | 79 |
| ตารางที่ 4.14 ผลของเวลาสัมผัสที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนเตรทโดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 81 |
| ตารางที่ 4.15 ผลของเวลาสัมผัสที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนเตรทโดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C (ความเข้มข้นไนเตรท 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ดินเบาเผาปริมาณ 1 กรัม pH เท่ากับ 2)..... | 83 |
| ตารางที่ 4.16 ผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนเตรทโดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 85 |
| ตารางที่ 4.17 ผลของปริมาณดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C ที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับ (ความเข้มข้นไนเตรท 40 มิลลิกรัมต่อลิตร pH เท่ากับ 2 เวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง).... | 87 |
| ตารางที่ 4.18 ความสามารถสูงสุดในการดูดซับไนเตรทโดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C (ไอโซเทอร์มการดูดซับแบบฟรุนดลิช)..... | 89 |
| ตารางที่ 4.19 ลักษณะทางกายภาพของดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C..... | 89 |
| ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของดินเบา (CD 1) และ ดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C (CD 2)..... | 90 |
| ตารางที่ 4.21 การศึกษาเสถียรภาพของดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C ที่ผ่านการดูดซับไนไตรท์และไนเตรทแล้ว..... | 96 |

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| ภาพที่ 3.1 | |
| ขั้นตอนการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายไนไตรท์ที่มีต่อการดูดซับโดยดิน เบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C | 42 |
| ภาพที่ 3.2 | |
| ขั้นตอนการศึกษาผลของพีเอชที่มีต่อการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C | 43 |
| ภาพที่ 3.3 | |
| ขั้นตอนการศึกษาผลของเวลาสัมผัสที่มีต่อการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 44 |
| ภาพที่ 3.4 | |
| ขั้นตอนการศึกษาผลของปริมาณดินเบาเผาที่มีต่อการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผา ที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C | 45 |
| ภาพที่ 3.5 | |
| ขั้นตอนการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายไนเตรท ต่อการดูดซับด้วยดินเบา..... | 48 |
| ภาพที่ 3.6 | |
| ขั้นตอนการศึกษาผลของพีเอชของไนเตรทที่มีต่อการดูดซับโดยดิน เบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 49 |
| ภาพที่ 3.7 | |
| ขั้นตอนการศึกษาผลของเวลาสัมผัสที่มีต่อการดูดซับไนเตรทต่อการดูดซับโดยดิน เบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 50 |
| ภาพที่ 3.8 | |
| ขั้นตอนการศึกษาผลของปริมาณดินเบาเผาที่มีต่อการดูดซับไนเตรทโดยดิน เบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C | 51 |
| ภาพที่ 4.1 | |
| ผลของความเข้มข้นของไนไตรท์ที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซับโดยดินเบาเผาที่ อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 55 |
| ภาพที่ 4.2 | |
| ประสิทธิภาพการดูดซับไนไตรท์ด้วยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C ที่ความเข้มข้นต่างๆ..... | 56 |
| ภาพที่ 4.3 | |
| ผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 60 |
| ภาพที่ 4.4 | |
| ประสิทธิภาพในการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C ที่พีเอชต่างๆ..... | 60 |
| ภาพที่ 4.5 | |
| ผลของเวลาสัมผัสที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 64 |
| ภาพที่ 4.6 | |
| ประสิทธิภาพในการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C ที่เวลาสัมผัสต่างๆ..... | 65 |

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| ภาพที่ 4.7 ผลของปริมาณดินเบาเผาที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนไตรท์ โดยใช้ดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C | 68 |
| ภาพที่ 4.8 ประสิทธิภาพในการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C โดยดินเบาเผาปริมาณต่างๆ..... | 69 |
| ภาพที่ 4.9 ความสามารถในการดูดซับไนไตรท์โดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C (ไอโซเทอร์มการดูดซับแบบฟรุนดลิช)..... | 70 |
| ภาพที่ 4.10 ผลของความเข้มข้นของไนเตรทที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับ (ดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C)..... | 73 |
| ภาพที่ 4.11 ประสิทธิภาพในการดูดซับไนเตรทโดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C ที่ความเข้มข้นต่างๆ..... | 74 |
| ภาพที่ 4.12 ผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนเตรทโดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 78 |
| ภาพที่ 4.13 ประสิทธิภาพการดูดซับไนเตรทโดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C ที่พีเอชต่างๆ..... | 78 |
| ภาพที่ 4.14 ผลของเวลาสัมผัสที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนเตรทโดยดินเบาเผา ที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C..... | 82 |
| ภาพที่ 4.15 ประสิทธิภาพในการดูดซับไนเตรทโดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C ที่เวลาสัมผัสต่างๆ..... | 83 |
| ภาพที่ 4.16 ผลของปริมาณดินเบาเผาที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับไนเตรท (ดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1,000 °C)..... | 86 |
| ภาพที่ 4.17 ประสิทธิภาพการดูดซับไนเตรทโดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C โดยดินเบาเผา ปริมาณต่างๆ..... | 87 |
| ภาพที่ 4.18 ความสามารถสูงสุดในการดูดซับไนเตรทโดยดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C (ไอโซเทอร์มการดูดซับแบบฟรุนดลิช)..... | 88 |
| ภาพที่ 4.19 ลักษณะของดินเบาก่อนการเผา..... | 91 |
| ภาพที่ 4.20 ลักษณะของดินเบาที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 800 °C..... | 92 |
| ภาพที่ 4.21 ภาพถ่าย SEM ของดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C (กำลังขยาย 5,000 เท่า)..... | 93 |
| ภาพที่ 4.22 ภาพถ่าย SEM ของดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C (กำลังขยาย 100 เท่า)..... | 94 |
| ภาพที่ 4.23 ภาพถ่าย SEM ของดินเบาเผาที่อุณหภูมิ 800 °C (กำลังขยาย 500 เท่า)..... | 95 |