

บทที่ 3

วิจารณ์และสรุป

3.1 วิจารณ์

3.1.1 การปรับปรุงคุณภาพไคอะทอไมต์ด้วยกรด (Acid Treatment)

จากการทดลองการปรับปรุงคุณภาพตัวอย่างไคอะทอไมต์ด้วยกรดไฮโดรคลอริก พบว่าตัวอย่างไคอะทอไมต์ที่ได้มีสีน้ำตาลจางลงเมื่อเทียบกับ สีน้ำตาลเข้มก่อนทำการทดลอง และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดจาก 0.5 – 3.0 M และเวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมงที่ใช้ในการทดลอง พบว่าแนวโน้มของสีไคอะทอไมต์ที่ได้ก็ยิ่งจางตามลำดับจนได้สีขาว-เทา เช่นเดียวกับการทดลองเมื่อเปลี่ยนชนิดของกรดเป็นกรดซัลฟูริก และกรดฟอสฟอริก สีของตัวอย่างไคอะทอไมต์ที่ได้มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน สาเหตุที่สีของตัวอย่างไคอะทอไมต์ซีดจางลงนั้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกรดที่ใช้สามารถขจัดเหล็กออกไซด์(Fe_2O_3) ที่มีอยู่ปริมาณสูงในตัวอย่างที่ได้จากแหล่งลำปางนี้ ออกมาได้ ตามความเข้มข้นและเวลาที่เลือกใช้ ทำให้สีได้ซีดจางลงตามปริมาณเหล็กออกไซด์(Fe_2O_3) ที่ถูกขจัดออกนั่นเอง ส่วนเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการกรองตัวอย่างที่ใช้กรดกรดไฮโดรคลอริกจะใช้เวลาในขั้นตอนนี้น้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้กรดกรดซัลฟูริก และกรดฟอสฟอริก เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพที่ดีที่สุด กล่าวคือเนื้อสารมีลักษณะละเอียดเนียน มีความโปร่งเบา แสดงว่ามีความพรุนมากกว่า จึงช่วยทำให้ใช้เวลาในขั้นตอนนี้ กรองได้ง่ายกว่าและเร็วกว่า เมื่อเทียบกับการใช้ตัวอย่างชนิดอื่นๆ

3.1.2 การปรับปรุงคุณภาพไคอะทอไมต์โดยวิธี Calcination และ Acid

Treatment

จากการนำไคอะทอไมต์มาผ่านกระบวนการ calcination ตัวอย่างไคอะทอไมต์ที่ได้มีสีน้ำตาล – แดงอิฐ จากนั้นนำมาทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่มีความเข้มข้นจาก 0.5 – 3.0 M และใช้เวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง พบว่าตัวอย่างไคอะทอไมต์ที่ได้มีสีจางลง เมื่อความเข้มข้นของกรดและเวลาที่ใช้เพิ่มขึ้น สีของตัวอย่างไคอะทอไมต์ที่ได้ก็ค่อยๆ จางลงตามลำดับ เนื่องจากเหล็กออกไซด์(Fe_2O_3) ถูกขจัดออกไปนั่นเอง ทำให้มีแนวโน้มเช่นเดียวกับตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่าน calcination แต่จะพบว่าปริมาณ Fe_2O_3 ใน filtrate น้อยกว่า สังเกตจากสีสารละลายที่ได้มีสีอ่อนกว่ามาก ส่วนเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการกรองใช้เวลามากกว่าในตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่าน calcination อาจเนื่องมาจากตัวอย่างที่ผ่าน calcination ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะพื้นผิวทั้งทางกายภาพและทางเคมีทำให้เวลาที่ได้แตกต่างกัน และลักษณะเนื้อสารที่ได้แตกต่างกัน โดยตัวอย่างที่ผ่าน

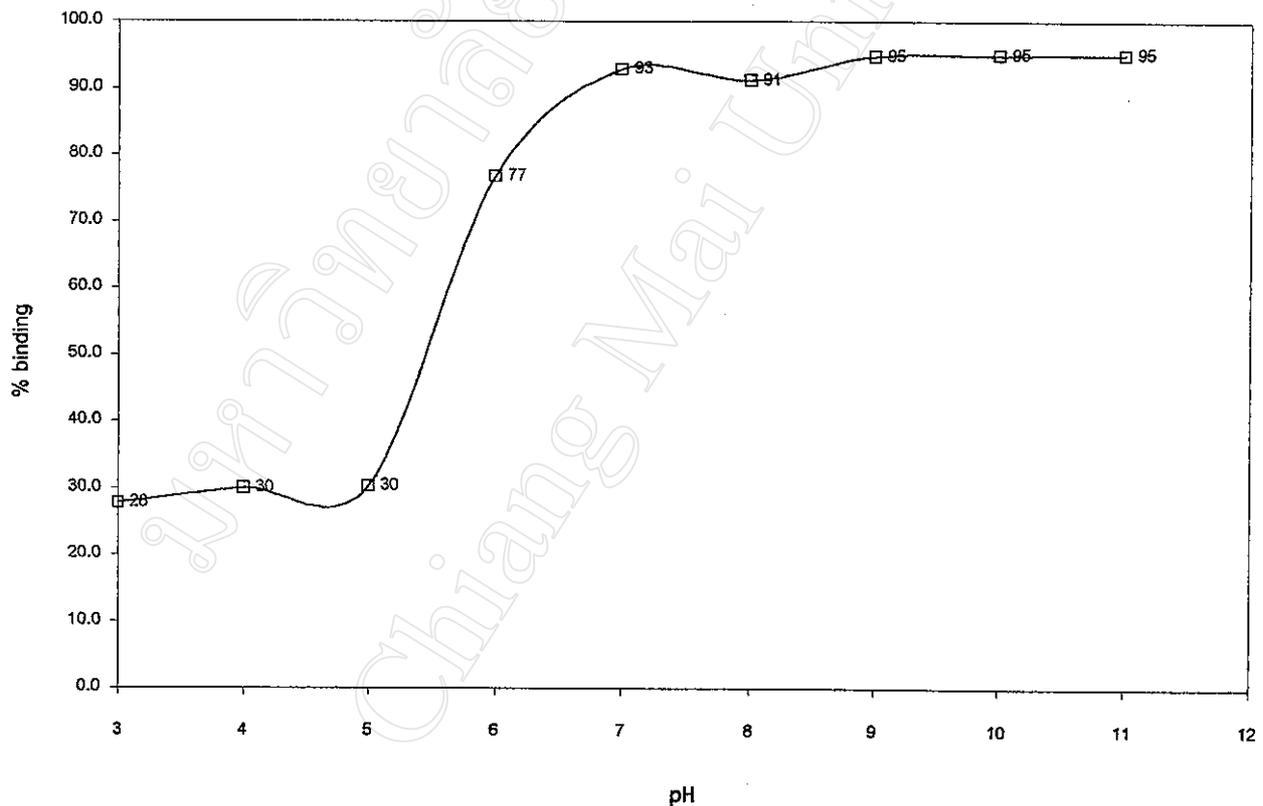
calcination จะมีลักษณะเนื้อแน่นหนักกว่าเนื่องจากมีความพรุนน้อยกว่านั่นเอง

3.1.3 การหาสภาวะการทดลองที่เหมาะสมสำหรับตัวอย่างไดอะทอมไมต์ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรด (Acid treatment) แล้ว

จากการนำตัวอย่าง diatomite, Celite 521 มาทดสอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทดลองที่จะใช้กับตัวอย่าง ไดอะทอมไมต์ ที่เตรียมขึ้นมา โดยศึกษาในด้านต่อไปนี้

1) ผลของ pH ต่อการดูดซับโลหะไอออน Cu^{2+}

จากตารางที่ 2.3 นำผลการทดลองที่ได้นำมาเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ เพื่อหาค่า pH ที่เหมาะสมที่เลือกใช้ในการศึกษาต่อไป ดังแสดงในรูป 3.1



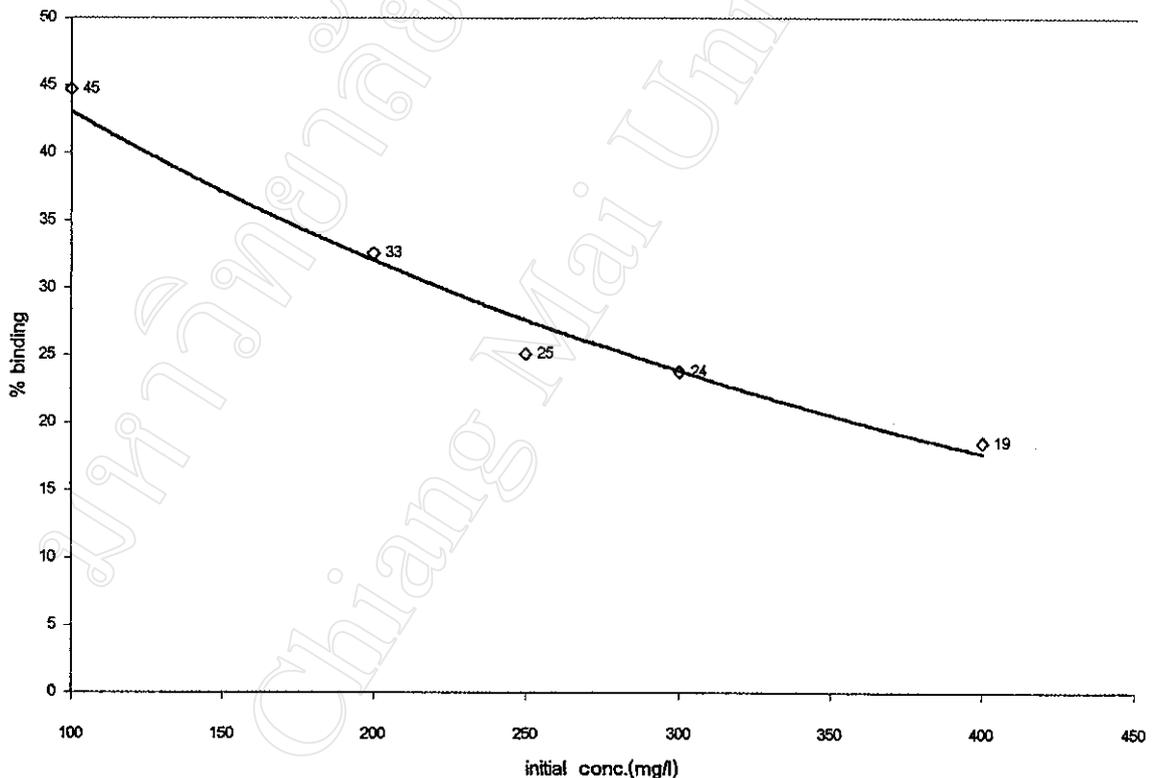
รูป 3.1 % Binding of Cu^{2+} for diatomite, Celite 521 at varies pH.

จากกราฟ 3.1 พบว่าสำหรับ diatomite, Celite 521 ที่ pH 3 - 5 จะมี % binding อยู่ในช่วงประมาณ 28 - 30% เท่านั้น แต่เมื่อสารละลายมี pH ที่สูงขึ้นคือที่ pH 6 พบว่า % binding มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 77% และเพิ่มสูงขึ้นอีกประมาณ 91 - 95% ในช่วง pH 7 - 11 และสูงที่สุดที่ 95% ที่ pH 9 - 11 แสดงว่าเมื่อค่า pH เพิ่มขึ้น diatomite, Celite 521 จะสามารถดูดซับโลหะ ไอออน ได้เพิ่มขึ้น นอก

จากนี้ยังพบว่าในการปรับ pH ด้วยสารละลาย 0.1 M NaOH ที่ pH 6 จะเกิดตะกอนฟุ้งสีขาวขึ้น และยิ่งเพิ่มขึ้นเมื่อค่า pH สูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโลหะไอออน Cu^{2+} บางส่วนเกิดการตกตะกอนกับสารละลาย NaOH และคาดว่าตะกอนฟุ้งที่เกิดขึ้นน่าจะเป็นตะกอนของ $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ทำให้ที่ pH 5 และ pH 6 ค่า % binding เปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงเลือกค่า pH 5 ใช้ในการศึกษาของ diatomite, Celite 521 ต่อไป

2) ผลของความเข้มข้นต่อการดูดซับโลหะไอออน Cu^{2+}

จากตารางที่ 2.4 นำผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต ที่ใช้ นำมาเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ และหาความเข้มข้นที่เหมาะสมที่เลือกใช้ในการศึกษาต่อไป ดังแสดงในรูป 3.2



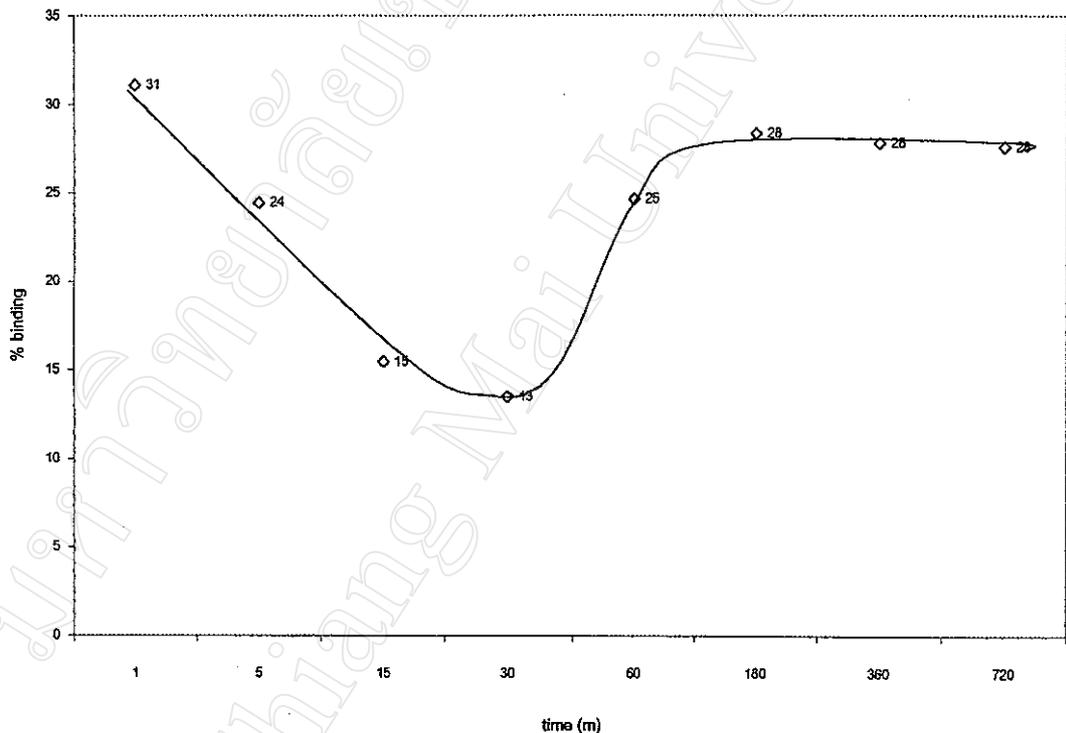
รูป 3.2 % Binding of Cu^{2+} for diatomite, Celite 521 at varies concentration at pH 5.

จากกราฟ 3.2 พบว่า diatomite, Celite 521 หนัก 1 กรัมสามารถดูดซับสารละลายโลหะไอออน Cu^{2+} ที่ความเข้มข้น 100 mg/l ได้ 45% แต่เมื่อสารละลายมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 200, 250, 300 และ 400 mg/l พบว่าความสามารถในการดูดซับจะลดลงตามลำดับ โดยเฉพาะที่ 400 mg/l ดูดซับได้เพียง 19% เท่านั้น จะเห็นได้ว่าที่สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตความเข้มข้น 100 mg/l ให้

%binding สูงที่สุด แต่เนื่องจากที่ความเข้มข้น 100 mg/l นี้เป็นความเข้มข้นที่ค่อนข้างต่ำไปสำหรับการศึกษาคด้วย UV – visible spectrophotometer ดังนั้นจึงเลือกความเข้มข้นของสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตที่ 200 mg/l เป็นความเข้มข้นที่ใช้ในการศึกษาในขั้นต่อไป

3) ผลของเวลาต่อการดูดซับโลหะไอออน Cu^{2+}

จากตาราง 2.5 และ 2.6 นำผลการเปลี่ยนแปลงของเวลาที่ใช้ในการคนสารละลาย นำมาเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ และหาเวลาที่เหมาะสมที่เลือกใช้ในการศึกษาต่อไป ดังแสดงในรูป 3.3



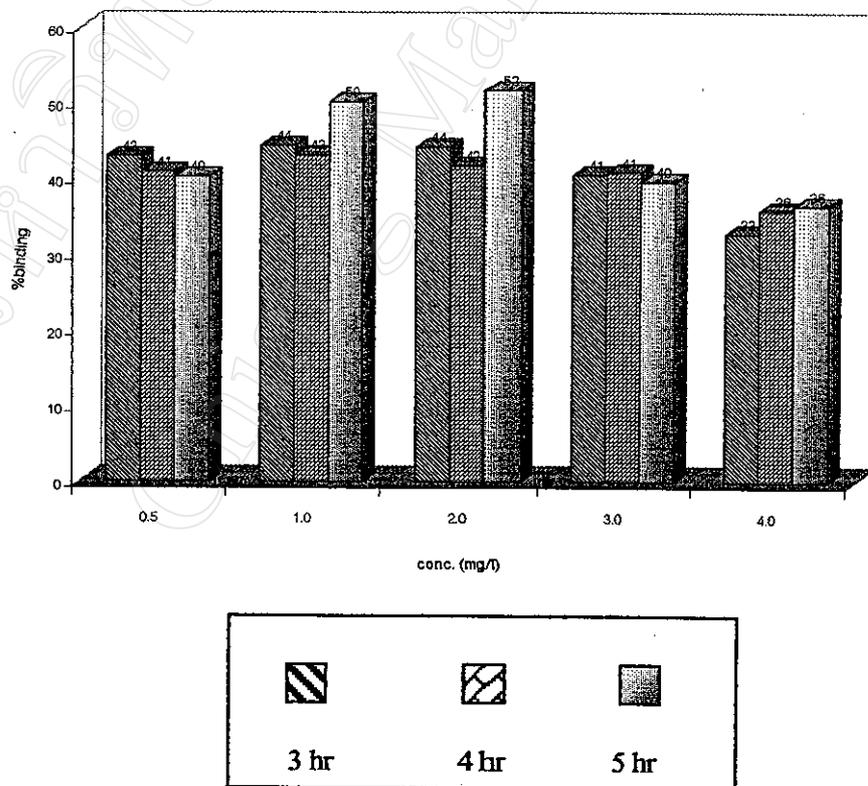
รูป 3.3 % Binding of Cu^{2+} for diatomite, Celite 521 at varies time at pH 5.

จากกราฟรูป 3.3 จะเห็นได้ว่า ผลการดูดซับโลหะไอออน Cu^{2+} ของ diatomite, Celite 521 ที่ใช้เวลาในการคน 1 นาที จะให้ %binding ร้อยละ 31 ซึ่งมากที่สุด แต่เมื่อเวลาที่ใช้เพิ่มขึ้นเป็น 5 นาที พบว่า % binding จะลดลงมาเป็นร้อยละ 24 และจะลดลงเรื่อยๆ จนที่เวลาที่ใช้ 30 นาทีจะให้ % binding ต่ำที่สุดเพียงร้อยละ 13 เท่านั้น แต่เมื่อใช้เวลามากกว่า 30 นาที % binding จะเริ่มเพิ่มขึ้นอีกครั้ง และจะเริ่มคงที่เมื่อเวลาที่ใช้ในการคนผ่านไป 60 นาที ขึ้นไป % binding จะอยู่ที่ประมาณร้อยละ 25 – 28 จะเห็นว่าช่วงเวลาที่การดูดซับจะเริ่มคงที่ ต้องใช้เวลาในการคนประมาณ 60 นาที ขึ้นไปแต่เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์ต้องการที่จะนำไคอะทอไมต์ที่เตรียมขึ้นนี้ นำไปใช้

ในการดูดซับพวกโลหะหนักที่ได้จากน้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการที่มีปริมาณน้ำมาก และต้องการใช้เวลาที่จำกัด ด้วยเงื่อนไขดังกล่าวเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณโลหะหนัก และใช้เวลาน้อยที่สุดทำให้ต้องคำนึงถึงเรื่องของเวลาที่ใช้ ดังนั้นการเลือกเวลาที่ใช้ในการคน ต้องสอดคล้องกับประสิทธิภาพในการดูดซับที่ดี จากการทดลองจะสังเกตเห็นว่าเวลาที่ใช้น้อยที่สุด และมี %binding สูงที่สุดคือที่ 1 นาที จึงเลือกใช้เวลานี้เป็นช่วงเวลาที่มีความเหมาะสม ในการศึกษาการทดลองในหัวข้อต่อไป

3.1.4 การดูดซับโลหะไอออน Cu^{2+} ของไดอะทอมไมต์ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดชนิดต่างๆ (Acid treatment)

จากการนำตัวอย่าง ไดอะทอมไมต์ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยใช้กรด HCl , H_2SO_4 และ H_3PO_4 ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 2.7, 2.8 และ 2.9 นำข้อมูลทั้งสามตารางมาแสดงเป็นกราฟเพื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของกรดทั้งสามชนิด ดังแสดงในรูปที่ 3.4, 3.5 และ 3.6 ตามลำดับ



รูป 3.4 %Binding of Cu^{2+} for diatomite HCl treatment at varies time and conc at pH 5.

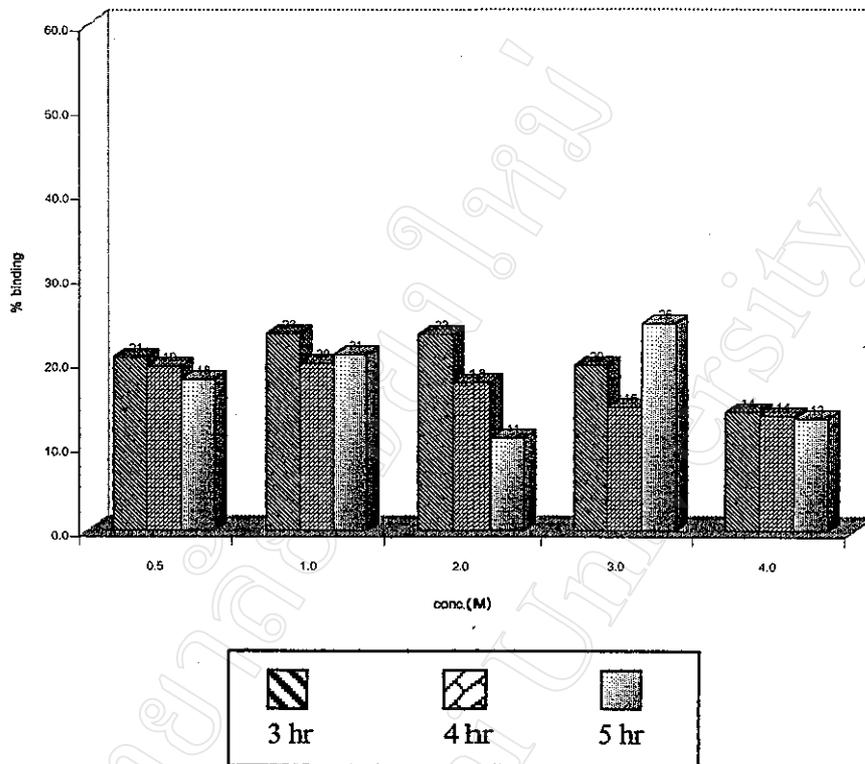


Figure 3.5 %Binding of Cu²⁺ for diatomite H₂SO₄ treatment at varies time and conc. at pH 5.

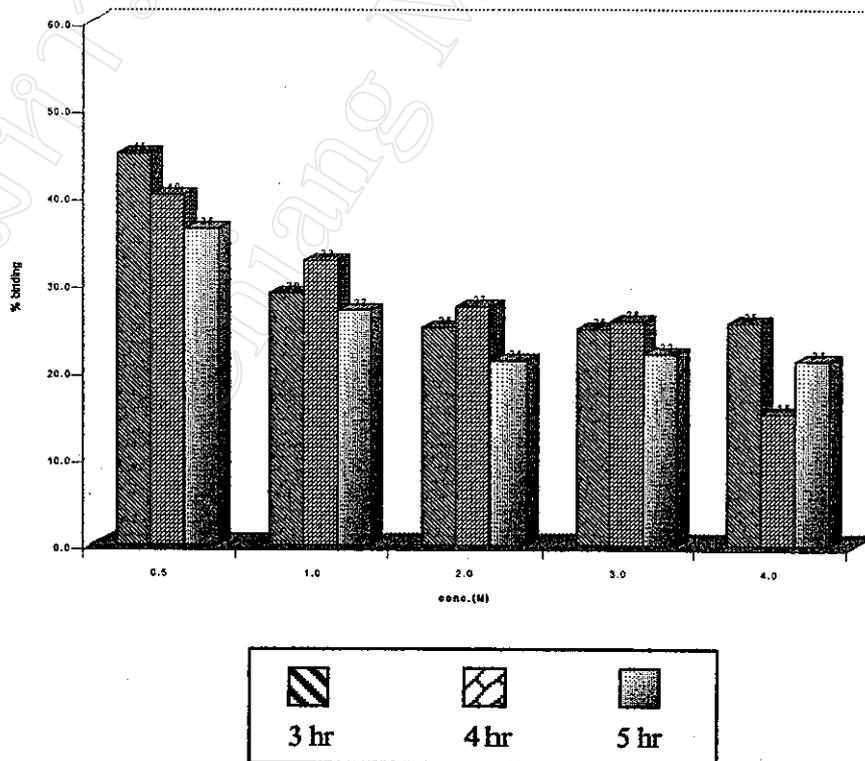


Figure 3.6 %Binding of Cu²⁺ for diatomite H₃PO₄ treatment at varies time and conc. at pH 5.

จากกราฟรูป 3.4 แสดงความสามารถในการดูดซับ Cu^{2+} ของไคอะทอไมด์ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกรด HCl พบว่าที่ใช้เวลา 3 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น 0.5 - 2.0 M HCl ให้ % binding ที่ใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 47 - 49 % แต่เมื่อมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 3.0 และ 4.0 M HCl กลับมี % binding ลดต่ำลงคือ 41 % และ 31 % ตามลำดับ และเมื่อใช้เวลาเพิ่มขึ้นเป็น 4 ชั่วโมงที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่า % binding ที่ได้ไม่แตกต่างกันมากนัก แม้ว่าจะใช้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นก็ตาม พบว่าจะให้ % binding อยู่ในช่วง 36 - 40% เท่านั้น โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 4.0 M HCl มี % binding ที่ต่ำคือ 36% เท่านั้นส่วนที่ใช้เวลา 5 ชั่วโมง พบว่าที่ความเข้มข้น 1.0 และ 2.0 M HCl จะให้ % binding สูงที่ 50% และ 54% ซึ่งเป็น %binding สูงที่สุดในการทดลองชุดนี้ แต่ที่ความเข้มข้น 4.0 M มีแนวโน้ม % binding ต่ำเช่นเดียวกับที่ใช้เวลา 3 และ 4 ชั่วโมง คือมีค่าเพียง 35 % เท่านั้น

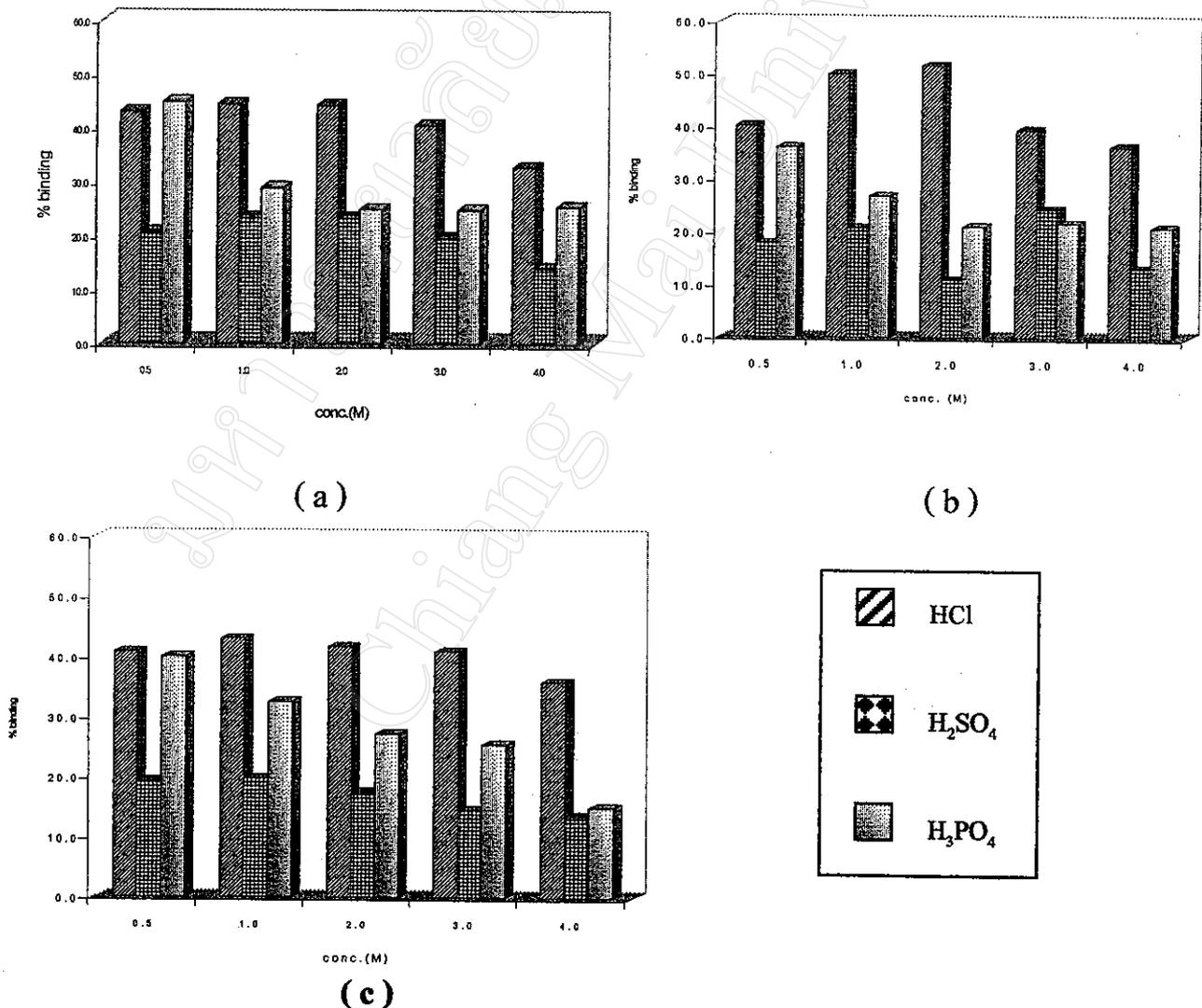
จากกราฟรูป 3.5 แสดงความสามารถในการดูดซับ Cu^{2+} ของไคอะทอไมด์ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกรด H_2SO_4 พบว่า ที่ใช้เวลา 3 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น 0.5 - 2.0 M H_2SO_4 จะมี % binding อยู่ในช่วง 20 - 22 % เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 3.0 และ 4.0 M H_2SO_4 จะมี % binding ลดลงเป็น 18 % และ 11 % ตามลำดับ และเมื่อใช้เวลาเพิ่มขึ้นเป็น 4 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น 0.5 - 2.0 M H_2SO_4 จะมี %binding ที่ใกล้เคียงกันอยู่ที่ 17 - 19% แต่เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 3.0 และ 4.0 M มีแนวโน้มเช่นเดียวกับที่ใช้เวลา 3 ชั่วโมงคือมี % binding ลดลงเป็น 13 % และ 12 % ตามลำดับ เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้เป็น 5 ชั่วโมงพบว่า % binding มีแนวโน้มที่ไม่ชัดเจนดังเช่นที่ใช้เวลา 3 และ 4 ชั่วโมง และมี % binding ที่ต่ำที่สุดในการทดลองมี % binding เพียง 8 % ที่ใช้ความเข้มข้น 2.0 M H_2SO_4

จากกราฟรูป 3.6 แสดงความสามารถในการดูดซับ Cu^{2+} ของ ไคอะทอไมด์ ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกรด H_3PO_4 พบว่า ที่ใช้เวลา 3 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น 0.5 M H_3PO_4 จะมี % binding ที่สูงคือ 31 % แต่เมื่อมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 1.0 - 4.0M มี % binding กลับลดลงอยู่ในช่วง 21 - 28% และเมื่อใช้เวลาเพิ่มขึ้นเป็น 4 ชั่วโมงพบว่ามีแนวโน้ม % binding เช่นเดียวกับที่ใช้เวลา 3 ชั่วโมงคือที่ความเข้มข้น 0.5 M ของ H_3PO_4 จะมี % binding สูงคือที่ 30 % แต่เมื่อใช้ความเข้มข้นของกรด H_3PO_4 เพิ่มขึ้น % binding กลับลดลงคือที่ความเข้มข้น 2.0 M - 3.0 M มี %binding อยู่ใน ช่วง 17 - 25% และที่ความเข้มข้น 4.0 M มี % binding ต่ำลงที่ 17% ส่วนที่ใช้เวลา 5 ชั่วโมงพบว่า มี แนวโน้ม % binding เช่นเดียวกับที่ใช้เวลา 3 และ 4 ชั่วโมง คือที่ความเข้มข้น 0.5 M ของ H_3PO_4 จะมี % binding ที่ 31% แต่เมื่อใช้ความเข้มข้นของกรด H_3PO_4 เพิ่มขึ้น % binding กลับลดลงคือที่ความเข้มข้น 1.0 - 4.0 M มี % binding อยู่ในช่วง 18 - 26% เท่านั้น

จากข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต ที่ผ่านไคอะทอไมด์ที่ปรับปรุงคุณภาพโดยใช้กรดทั้งสามชนิดคือกรด HCl กรด H_2SO_4 และกรด H_3PO_4 ที่มีความเข้มข้น และ

เวลาที่ใช้ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.7 2.8 และ 2.9 นั้น จะพบว่าของความสามารถในการดูดซับโลหะไอออน Cu^{2+} ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกรดที่ใช้ด้วย โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นของกรดที่ใช้เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากสภาพที่เป็นกรดสูงจะทำให้ geometry และบริเวณผิวของไดอะทอมไมต์เปลี่ยนแปลงไปเกิดการหลอมตัว และทำให้มีความแตกต่างทาง chemical composition²¹ ดังนั้นในการเลือกใช้ความเข้มข้นกรดต้องเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสม ไม่ต่ำและไม่สูงเกินไป เพื่อการนำไปใช้งานให้มีประสิทธิภาพดีที่สุด

จากกราฟรูป 3.4 3.5 และ 3.6 นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อหาชนิดของกรด ความเข้มข้น และเวลาที่ใช้ที่ให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด เพื่อนำสถานะที่ได้ไปใช้เตรียมตัวอย่างไดอะทอมไมต์เพื่อใช้ศึกษาในการดูดซับโลหะหนักชนิดอื่นๆ ต่อไป ดังแสดงในกราฟรูปที่ 3.7



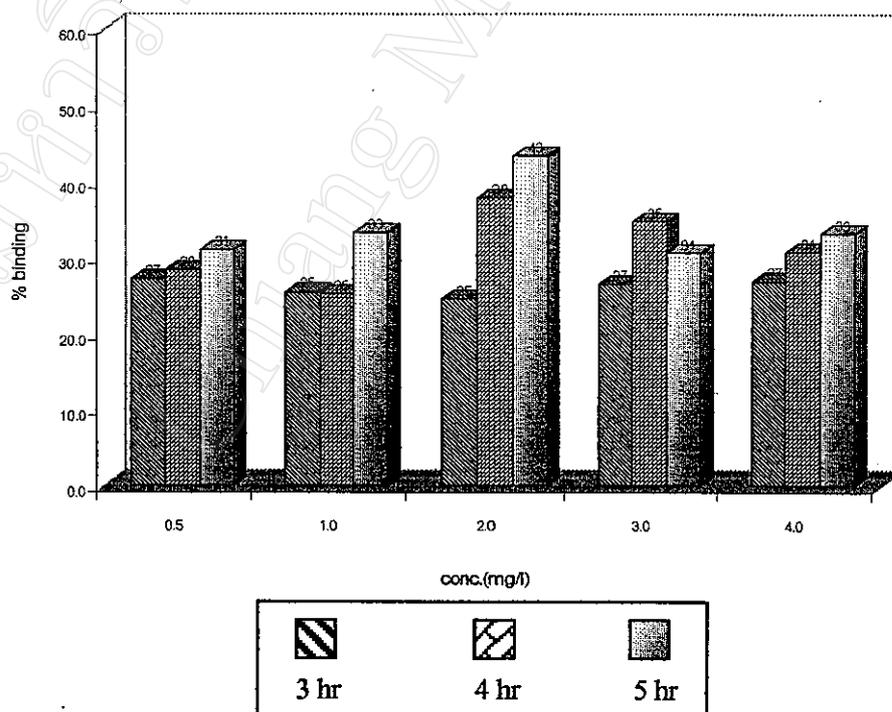
รูป 3.7 %Binding of Cu^{2+} for diatomite acids treatment at varies time and conc. at pH 5.

(a) at 3 hr. (b) at 4 hr. (c) at 5 hr.

จากรูปที่ 3.7 พบว่าไดอะทอมไมต์ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรด HCl ที่ใช้เวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง พบว่าจะให้ผลการดูดซับสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตได้สูงสุด เมื่อเทียบกับการใช้กรด H_2SO_4 และกรด H_3PO_4 ซึ่งเห็นได้จากการมี % binding ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 30 – 50 % ส่วนในการใช้กรด H_3PO_4 โดยรวมแล้วพบว่าไดอะทอมไมต์ที่ได้มีความสามารถในการดูดซับ Cu^{2+} ดีกว่าไดอะทอมไมต์ที่ได้จากการใช้กรด H_2SO_4 และต่ำกว่าไดอะทอมไมต์ที่ได้จากการใช้กรด HCl และพบว่ามี % binding อยู่ในช่วงประมาณ 20 – 30% ส่วนการใช้กรด H_2SO_4 โดยรวมแล้วพบว่าไดอะทอมไมต์ที่ได้มีความสามารถในการดูดซับ Cu^{2+} ค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับการใช้กรดชนิดอื่น สังเกตได้จากค่า % binding ที่ได้มีค่าไม่เกิน 22% เท่านั้น

3.1.5 การปรับปรุงคุณภาพไดอะทอมไมต์โดยวิธี Calcination และ Acid Treatment ต่อการดูดซับสารละลายโลหะไอออน Cu^{2+}

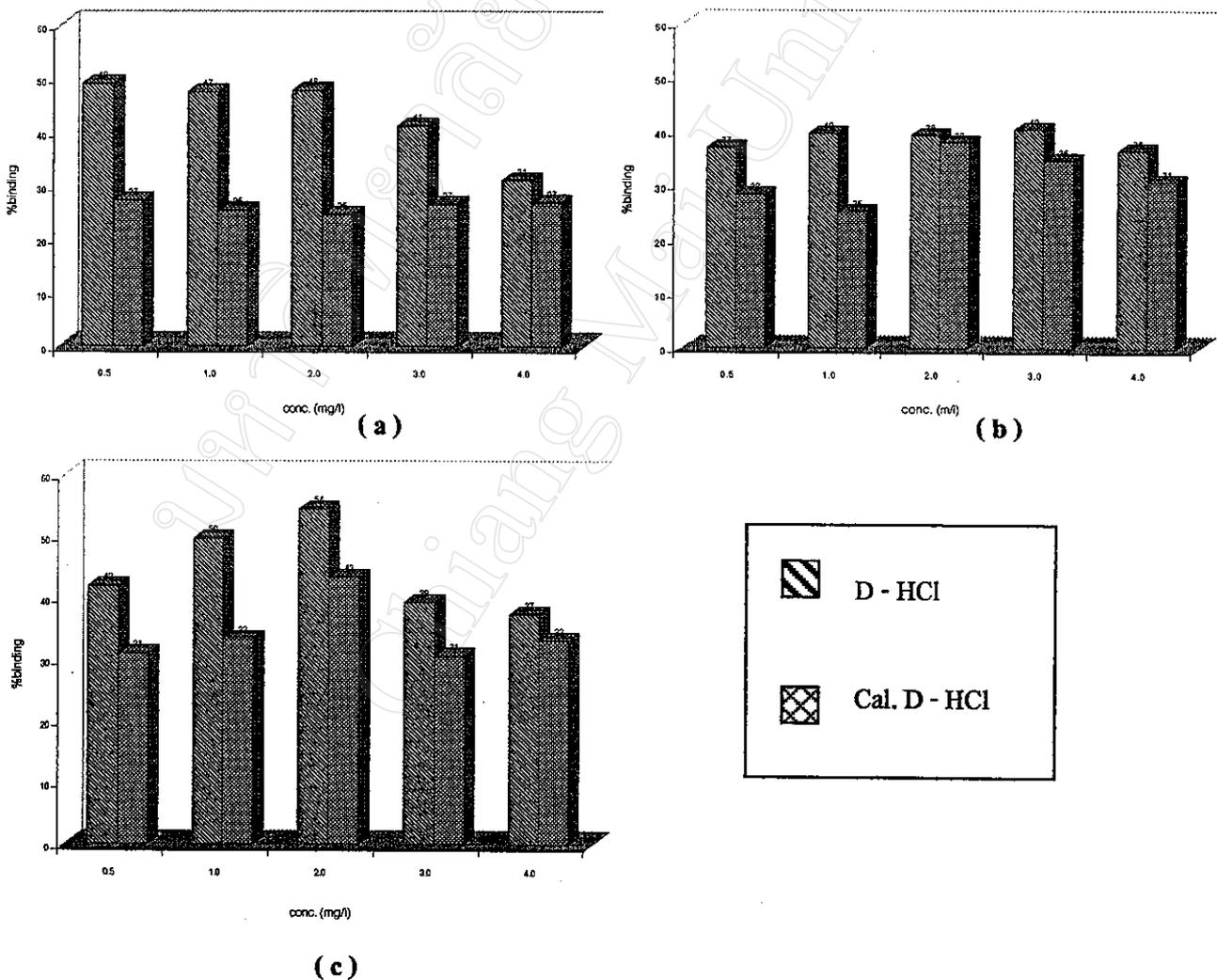
จากตารางที่ 2.10 นำข้อมูลที่ได้มาแสดงเป็นกราฟเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูป 3.8 %Binding of Cu^{2+} for calcined diatomite and HCl treatment at varies time and conc. at pH 5.

จากกราฟรูป 3.8 แสดงผลการดูดซับสารละลาย Cu^{2+} ของไดอะทอมไมต์ที่ผ่าน calcination และ HCl treatment แล้ว ให้ % binding แตกต่างกันตามความเข้มข้นของกรด และเวลาที่ใช้ พบว่า ที่เวลา 3 ชั่วโมง เมื่อใช้กรดที่มีความเข้มข้นขึ้น % binding ที่ได้มีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก อยู่ในช่วง 25 - 27 % และเมื่อเวลาที่ใช้เพิ่มเป็น 4 ชั่วโมง มี % binding ไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจน คือมีค่าอยู่ในช่วง 25 - 38 % ส่วนที่ใช้เวลา 5 ชั่วโมง พบว่ามี % binding โดยเฉลี่ยสูงกว่าที่ใช้เวลา 3 และ 4 ชั่วโมง โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 2.0 M HCl ให้ % binding ถึง 43 %

เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 2.7 และ 2.10 มาเปรียบเทียบในการดูดซับสารละลาย Cu^{2+} ของไดอะทอมไมต์ที่ไม่ผ่านกระบวนการ calcination กับ ไดอะทอมไมต์ที่ผ่าน calcination ก่อนทำ acid treatment ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูป 3.9 %Binding of Cu^{2+} for diatomite HCl treatment and calcined diatomite HCl treatment at varies time and conc. at pH 5. (a) at 3 hr. , (b) at 4 hr. , (c) at 5 hr.

จากกราฟรูป 3.9 พบว่าความสามารถในการดูดซับโลหะไอออน Cu^{2+} ของไคอะทอไมต์ที่ไม่ผ่านกระบวนการ calcination ก่อนการทำ HCl treatment (D-HCl) ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ จะให้ผลการดูดซับที่สูงกว่าไคอะทอไมต์ที่ผ่านการทำ calcination ก่อนการทำ HCl treatment (cal. D-HCl) ดังจะเห็นได้จากค่า %binding ที่เวลา 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง %binding ของ D-HCl จะสูงกว่า cal. D-HCl ทุกๆ จุดการทดลอง โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 2.0 M HCl ที่ใช้เวลา 5 ชั่วโมง ตัวอย่างไคอะทอไมต์ทั้งสองจะให้ %binding สูงที่สุด คือ 54 % และ 43% ตามลำดับ

ดังนั้นจากข้อมูลที่ได้ จะพบว่า การปรับปรุงคุณภาพไคอะทอไมต์ด้วยสารละลาย HCl ที่มีความเข้มข้น 2.0 M และใช้เวลานาน 5 ชั่วโมง และไม่ผ่านกระบวนการ calcination มีความเหมาะสม จึงเลือกให้เป็นสภาวะการทดลองที่จะใช้ในเตรียมตัวอย่างไคอะทอไมต์ที่ใช้ในการศึกษาการดูดซับโลหะหนักชนิดอื่นต่อไป

3.1.6 การดูดซับโลหะหนักบางตัวของไคอะทอไมต์ชนิดต่างๆ

จากการนำตัวอย่างไคอะทอไมต์ชนิดต่างๆ มาทดลองการดูดซับโลหะหนักบางชนิด โดยศึกษาในด้านต่อไปนี้

1) การเปลี่ยนแปลงค่า pH ต่อการดูดซับสารละลายโลหะไอออน Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Pb^{2+} ของ Diatomite Acid Treatment

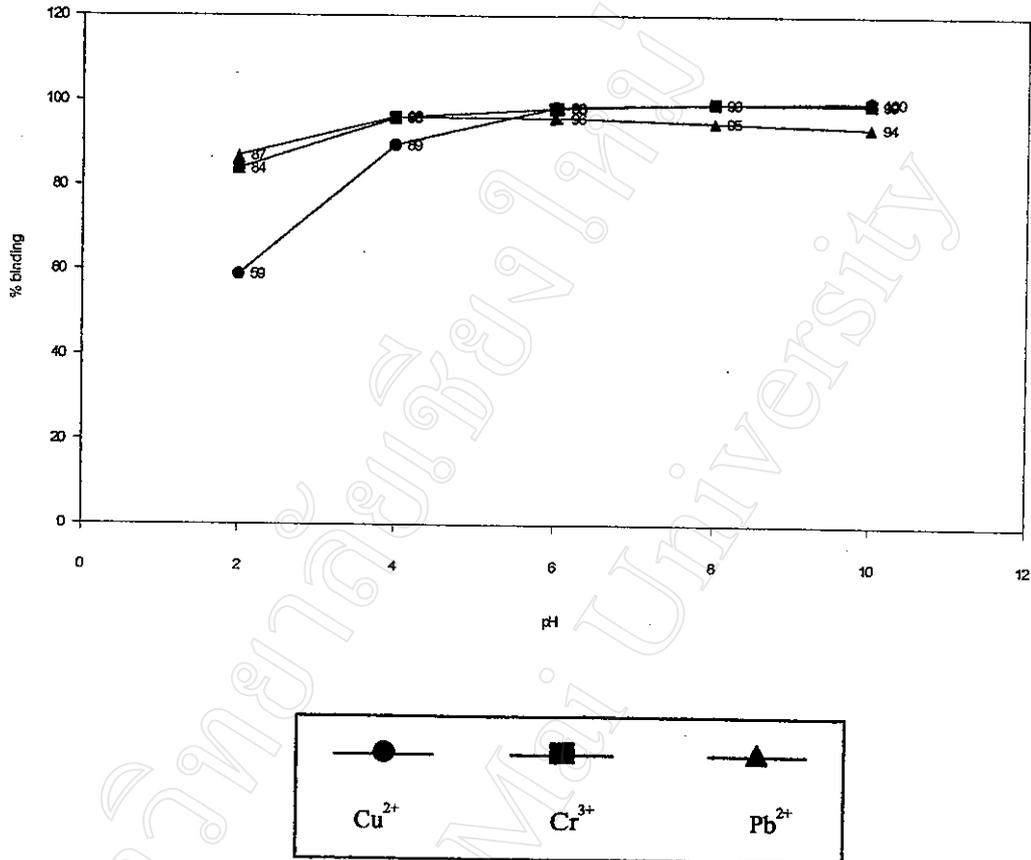
จากตารางที่ 2.12 2.13 และ 2.14 นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับโลหะหนักทั้งสามชนิดของ diatomite HCl treatment ดังแสดงผลในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย Cu^{2+} , Cr^{3+} 10 mg/l และ Pb^{2+} 40 mg/l 50 ml ที่ผ่าน diatomite HCl treatment ที่ pH ต่างๆ

pH	% binding *		
	Cu^{2+}	Cr^{3+}	Pb^{2+}
2	59	84	87
4	89	96	96
6	98	98	96
8	99	99	95
10	100	99	94

* ค่าเฉลี่ย

จากตารางที่ 3.1 นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาแสดงผลเป็นกราฟ ดังแสดงในรูป 3.10

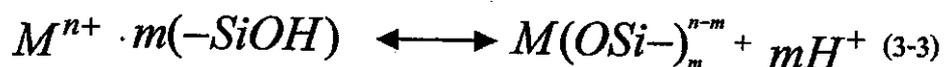


รูป 3.10 %Binding of Cu²⁺, Cr³⁺ and Pb²⁺ for diatomite HCl treatment at varies pH

จากกราฟรูป 3.10 พบว่าแนวโน้มการดูดซับสารละลาย Cu²⁺, Cr³⁺ และ Pb²⁺ ของ diatomite HCl treatment พบว่าการดูดซับสารละลายโลหะจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ค่า pH ของสารละลายซึ่งส่งผลต่อประจุบนพื้นผิวของไดอะทอมไมต์ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนระหว่างไอออนของโลหะ กับ hydrous oxide บริเวณผิว อธิบายได้บนพื้นฐานของ surface complex formation model^{13, 16, 20}



สมการรวม



เมื่อ M^{n+}	= metal ion with an $n+$ charge
$m(-SiOH)$	= silinol group on SiO_2 surface
mH^+	= number of protons released

กล่าวคือเมื่อสารละลายมีค่า pH เพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของ $(-OH^-)$ จะสูงขึ้นตามไปด้วย จากสมการ(3-3) พบว่าเมื่อมีปริมาณ $(-OH^-)$ ขึ้นจะเกิดการรวมตัวกับไอออนโลหะ (M^+) สังเกตได้จากการเกิดตะกอนขึ้น และยังส่งผลให้ประจุบนพื้นผิวลดลงเนื่องจาก $(-OH^-)$ จะไปจับกับ $M(OSi-)^{-m}$ กลับไปเป็น $m(-SiOH)$ ทำให้ที่ pH สูงๆ % binding ที่ได้จึงมีค่าสูง เช่นการดูดซับสารละลาย Cu^{2+} ที่ pH 10 จะถูกดูดซับได้สูงสุด 100% ส่วนสารละลาย Cr^{3+} ที่ pH 4 ขึ้นไปมีค่าการดูดซับเกิน 96 % และ ถูกดูดซับสูงสุด 99 % ที่ pH 8 -10 และสารละลาย Pb^{2+} ถูกดูดซับสูงสุด 96 % นอกจากนี้ยังพบว่าการดูดซับยังขึ้นอยู่กับชนิดของ adsorbate¹⁸ เช่นที่ pH 2 สารละลาย Cu^{2+} จะถูกดูดซับเพียง 59% เท่านั้น ส่วนสารละลาย Cr^{3+} และ Pb^{2+} จะถูกดูดซับได้มากกว่าคือ 84% และ 87% ตามลำดับ

จะเห็นว่าค่า pH ของสารละลายมีผลต่อการดูดซับไอออนของโลหะ คือถ้าค่า pH สูงความสามารถในการดูดซับมีค่าเพิ่มขึ้นจากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นค่า pH ที่มีความเหมาะสมควรอยู่ในช่วง pH 2 - 4 แต่ที่ pH 2 มีค่าที่ต่ำเกินไปการปรับ pH ทำได้ยาก จึงเลือกค่า pH 3 เป็นค่า pH ที่ใช้ในการศึกษาต่อไป

2) การเปลี่ยนแปลงเวลาต่อการดูดซับสารละลาย Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Pb^{2+} ของ

Diatomite Acid Treatment

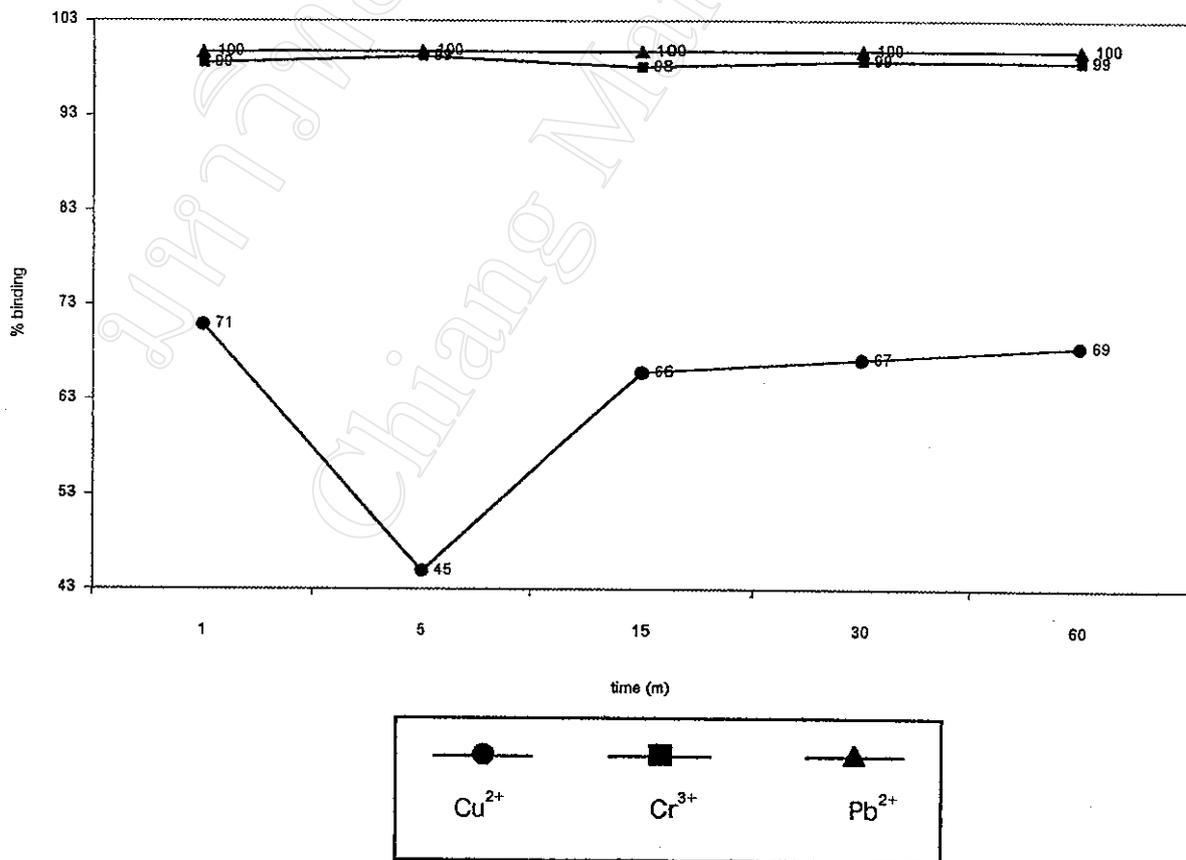
จากตารางที่ 2.15 2.16 และ 2.17 นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับโลหะหนักทั้งสามชนิดของ diatomite HCl treatment ดังแสดงผลในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย Cu^{2+} , Cr^{3+} 10 mg/l และ Pb^{2+} 40 mg/l 50 ml ที่ผ่าน diatomite HCl treatment ที่เวลาต่างๆ

time (min)	% binding *		
	Cu^{2+}	Cr^{3+}	Pb^{2+}
1	71	99	100
5	45	99	100
15	66	98	100
30	67	99	100
60	69	99	100

* ค่าเฉลี่ย

จากตารางที่ 3.2 นำค่าการดูดกลืนแสงที่เกิดจากผลการเปลี่ยนแปลงของเวลาต่อการดูดซับสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต มาแสดงผลในรูปกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูป 3.11 %Binding of Cu^{2+} , Cr^{3+} and Pb^{2+} for diatomite HCl treatment at varies time at pH 3.

จากกราฟรูป 3.11 พบว่าแนวโน้มการดูดซับสารละลาย Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Pb^{2+} ของ diatomite HCl treatment ที่เวลา 1 นาทีถูกดูดซับมากที่สุดทั้งสามสารละลาย และค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับที่ใช้เวลา 60 นาที แต่สารละลาย Cu^{2+} จะถูกดูดซับได้น้อยกว่าสารละลาย Cr^{3+} และ Pb^{2+} และเมื่อเวลาที่ใช้เพิ่มขึ้นการดูดซับสารละลาย Cu^{2+} มีค่าลดลงและลดลงต่ำสุดที่ 5 นาทีที่ 45% และเมื่อค่าเพิ่มขึ้นแล้วเริ่มคงที่ 30 นาทีและมีค่าสูงสุด 69% ในนาทีที่ 60 ส่วนสารละลาย Cr^{3+} การดูดซับไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงมากนักแม้เวลาที่ใช้จะเพิ่มขึ้น มีค่าดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 98 – 99 % ส่วนสารละลาย Pb^{2+} เวลาที่ใช้ในไม่มีผลต่อการดูดซับ Pb^{2+} จะถูกดูดซับได้หมดแม้ว่าจะใช้เวลาเพียง 1 นาที แสดงว่าการดูดซับสารละลาย Cr^{3+} และ Pb^{2+} มีการเข้าสู่สมดุลในการแลกเปลี่ยนไอออนใช้เวลาสั้นกว่าการดูดซับสารละลาย Cu^{2+} ทั้งนี้เนื่องจาก active site ของผิวของไคอะทอไมต์มีความว่องไวในการแลกเปลี่ยนไอออนต่อ Cr^{3+} และ Pb^{2+} มากกว่า Cu^{2+} นั้นเอง

จากผลการทดลองจะพบว่าเวลาที่ใช้ในการคนมีผลต่อการดูดซับสารละลาย Cu^{2+} และ Cr^{3+} ยกเว้น Pb^{2+} ดังนั้นการเลือกใช้เวลาต้องมีความเหมาะสม และคำนึงถึงการนำไปใช้งานที่ต้องการใช้เวลาที่จำกัดและมีประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะ จะเห็นว่าเวลาที่ 1 นาทีมีค่าการดูดกลืนแสงที่สูงพอๆ กับที่ 60 นาทีทั้งสามสารละลาย จึงเหมาะสมที่เลือกเป็นเวลาที่ใช้ในการศึกษาต่อไป

3) การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลาย Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Pb^{2+}

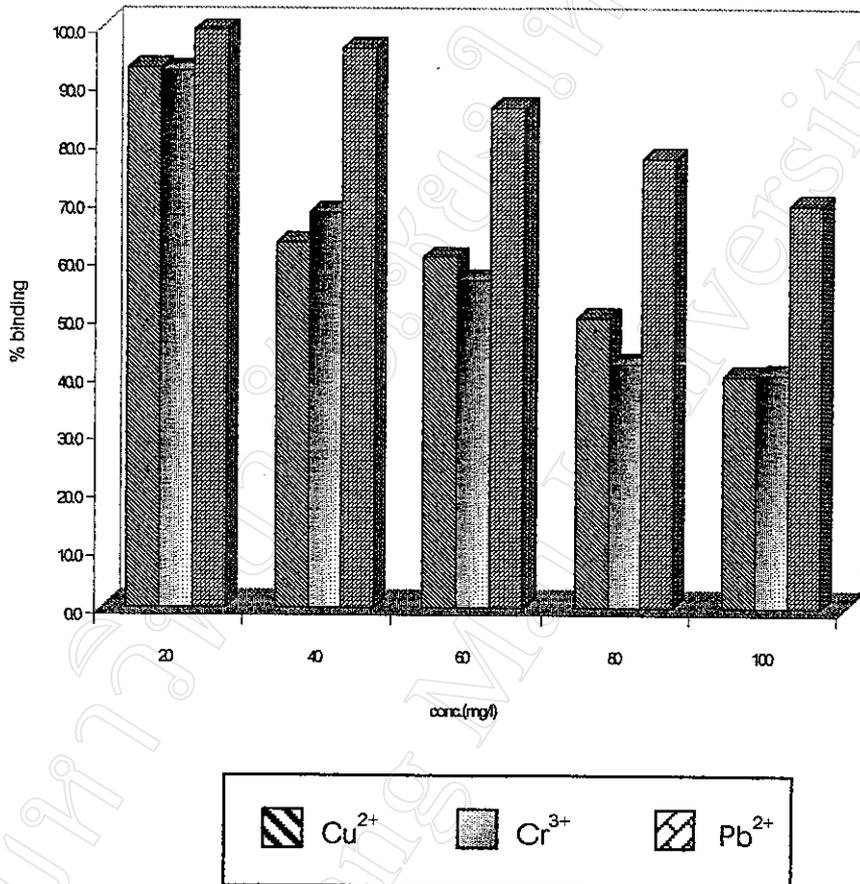
จากตารางที่ 2.18 2.19 และ 2.20 นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับโลหะหนักทั้งสามชนิดของ diatomite HCl treatment ดังแสดงผลในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Pb^{2+} 50 ml ที่ผ่าน diatomite HCl treatment ที่ความเข้มข้นต่างๆ

conc. (mg/l)	% binding *		
	Cu^{2+}	Cr^{3+}	Pb^{2+}
20	93	92	99
40	63	68	96
60	60	56	86
80	50	42	77
100	40	40	69

* ค่าเฉลี่ย

จากตารางที่ 3.3 นำค่าการดูดกลืนแสงที่เกิดจากผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลาย Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Pb^{2+} ต่อการดูดซับของ diatomite HCl treatment มาแสดงผลในรูปแบบกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูป 3.12 %Binding of Cu^{2+} , Cr^{3+} and Pb^{2+} for diatomite HCl treatment at varies conc. at pH 3.

จากกราฟรูป3.12 พบว่าแนวโน้มการดูดซับสารละลาย Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Pb^{2+} ของ diatomite HCl treatment เมื่อใช้ 1 กรัม คือเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดซับสารละลายทั้งสามจะลดลง เนื่องจากความจำกัดของบริเวณ active site ต่อปริมาณของความเข้มข้นของโลหะที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง เช่นที่ความเข้มข้น 20 mg/l สารละลาย Cu^{2+} มีค่าการดูดซับที่ใกล้เคียงกับสารละลาย Cr^{3+} และมี % binding สูงสุดอยู่ที่ 93% และ 92 % ตามลำดับ และ % binding เริ่มลดลงและต่ำสุดอยู่ที่ 40 % เมื่อสารละลายเข้มข้น 100 mg/l ส่วนการดูดซับสารละลาย Pb^{2+} ที่ความเข้มข้น 20 mg/l มี % binding สูงสุดอยู่ที่ 99% และเริ่มมี % binding ลดลงเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น และมีค่าต่ำสุดที่ 69 % ที่ความเข้มข้น 100 mg/l

4) การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของ Diatomite ต่อการดูดซับสารละลาย Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Pb^{2+}

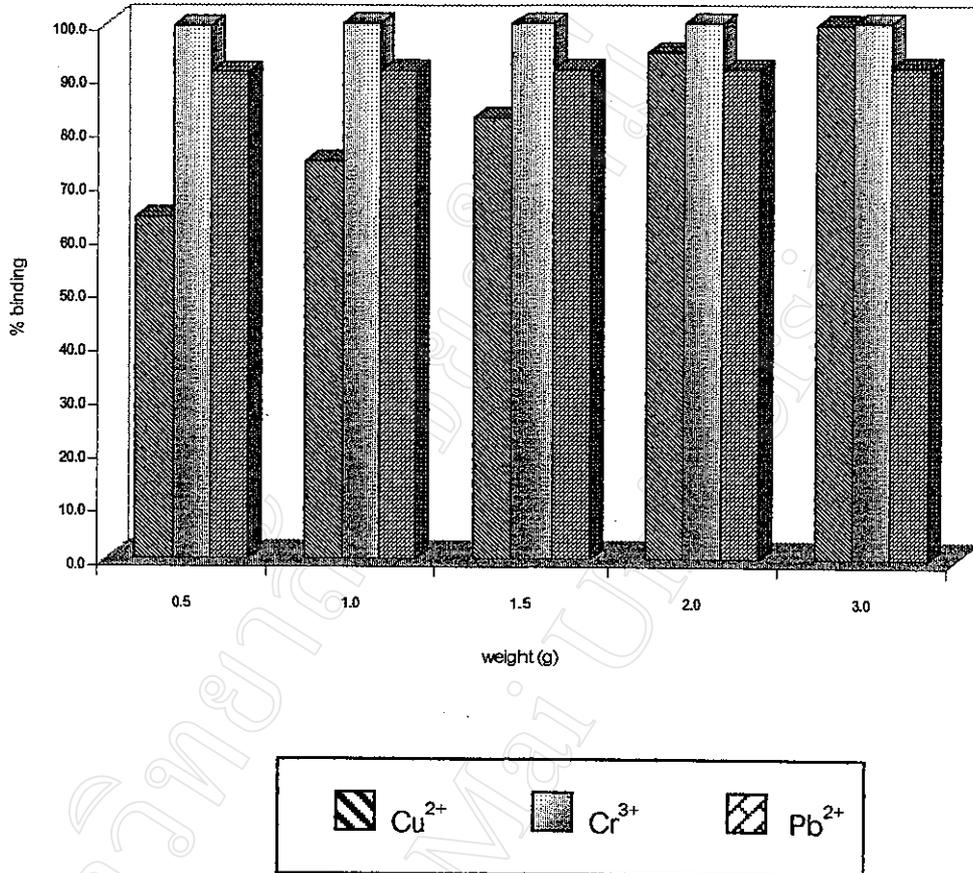
จากตารางที่ 2.21 2.22 และ 2.23 นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับโลหะหนักทั้งสามชนิดของ diatomite HCl treatment ดังแสดงผลในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Pb^{2+} 50 ml ของ diatomite HCl treatment ที่น้ำหนักต่างๆ

weight (g)	% binding *		
	Cu^{2+}	Cr^{3+}	Pb^{2+}
0.5	64	100	91
1.0	74	100	91
1.5	82	100	91
2.0	95	100	91
3.0	100	100	92

* ค่าเฉลี่ย

จากตารางที่ 3.4 นำค่าการดูดกลืนแสงที่เกิดจากผลการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของ diatomite HCl treatment ต่อการดูดซับของสารละลาย Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Pb^{2+} มาแสดงผลในรูปแบบกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูป 3.13 %Binding of Cu²⁺, Cr³⁺ and Pb²⁺ for diatomite HCl treatment at varies weight at pH 3.

จากกราฟรูป 3.13 พบว่าการดูดซับสารละลาย Cu²⁺, Cr³⁺ 10 mg/l และสารละลาย 40 mg/l ของ diatomite HCl treatment ก็มีแนวโน้มดูดซับเพิ่มขึ้นเมื่อใช้น้ำหนักตัวอย่างไดอะทอมไมต์เพิ่มขึ้น เนื่องจากบริเวณ active site เพิ่มขึ้นตามปริมาณของไดอะทอมไมต์ที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง เช่นที่การดูดซับสารละลาย Cu²⁺ พบว่าเมื่อใช้น้ำหนัก diatomite 0.5 กรัมให้ % binding ต่ำสุดที่ 64% เมื่อเทียบสารละลายทั้งสาม และเมื่อเพิ่มน้ำหนักที่ใช้เป็น 3.0 กรัมสารละลาย Cu²⁺ จะถูกดูดซับได้หมด ส่วนสารละลาย Pb²⁺ % binding จะไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อใช้ปริมาณ ไดอะทอมไมต์เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 91 – 92 % และสารละลาย Cr³⁺ จะถูกดูดซับได้หมดตั้งแต่ใช้ปริมาณไดอะทอมไมต์เพียง 0.5 กรัม ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดสารตัวอย่างจึงเลือกน้ำหนักที่ 1 กรัมเป็นน้ำหนักที่ใช้ในการศึกษาต่อไป

5) การดูดซับสารละลาย Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Pb^{2+} ของตัวอย่างไคอะทอไมต์ชนิด

ต่างๆ

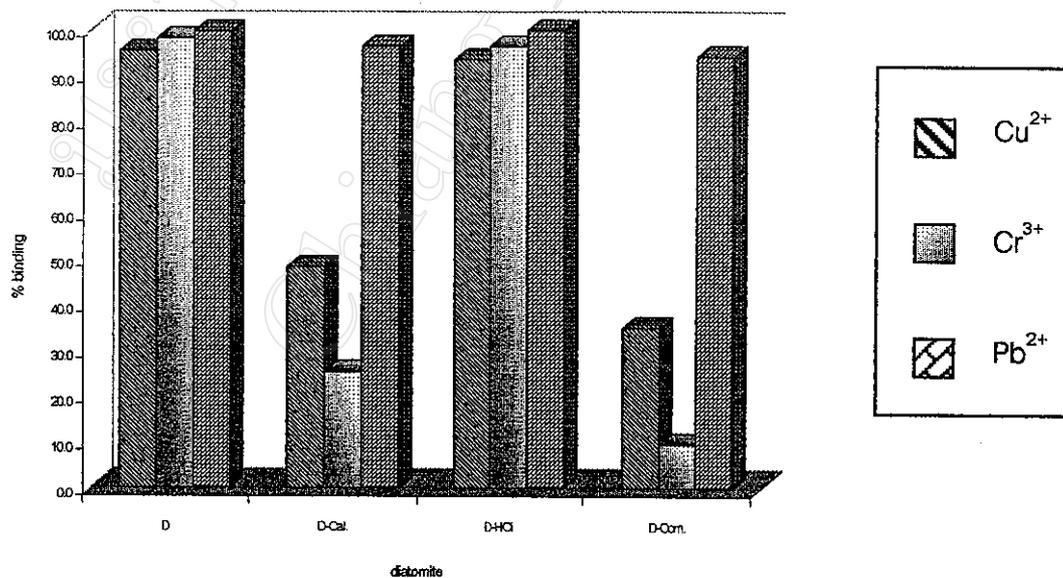
จากตารางที่ 2.24 2.25 และ 2.26 นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับโลหะหนักทั้งสามชนิดของไคอะทอไมต์ชนิดต่างๆ ดังแสดงผลในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Pb^{2+} 50 ml สำหรับไคอะทอไมต์ ชนิดต่างๆ

diatomite	% binding *		
	Cu^{2+}	Cr^{3+}	Pb^{2+}
D	95	98	100
D-cal.	48	25	96
D-HCl	93	96	100
D-com.	35	10	94

* ค่าเฉลี่ย

จากผลค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ นำมาแสดงผลในรูปแบบกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 3.14



รูป 3.14 % Binding of Cu^{2+} , Cr^{3+} and Pb^{2+} for diatomite at pH 3.

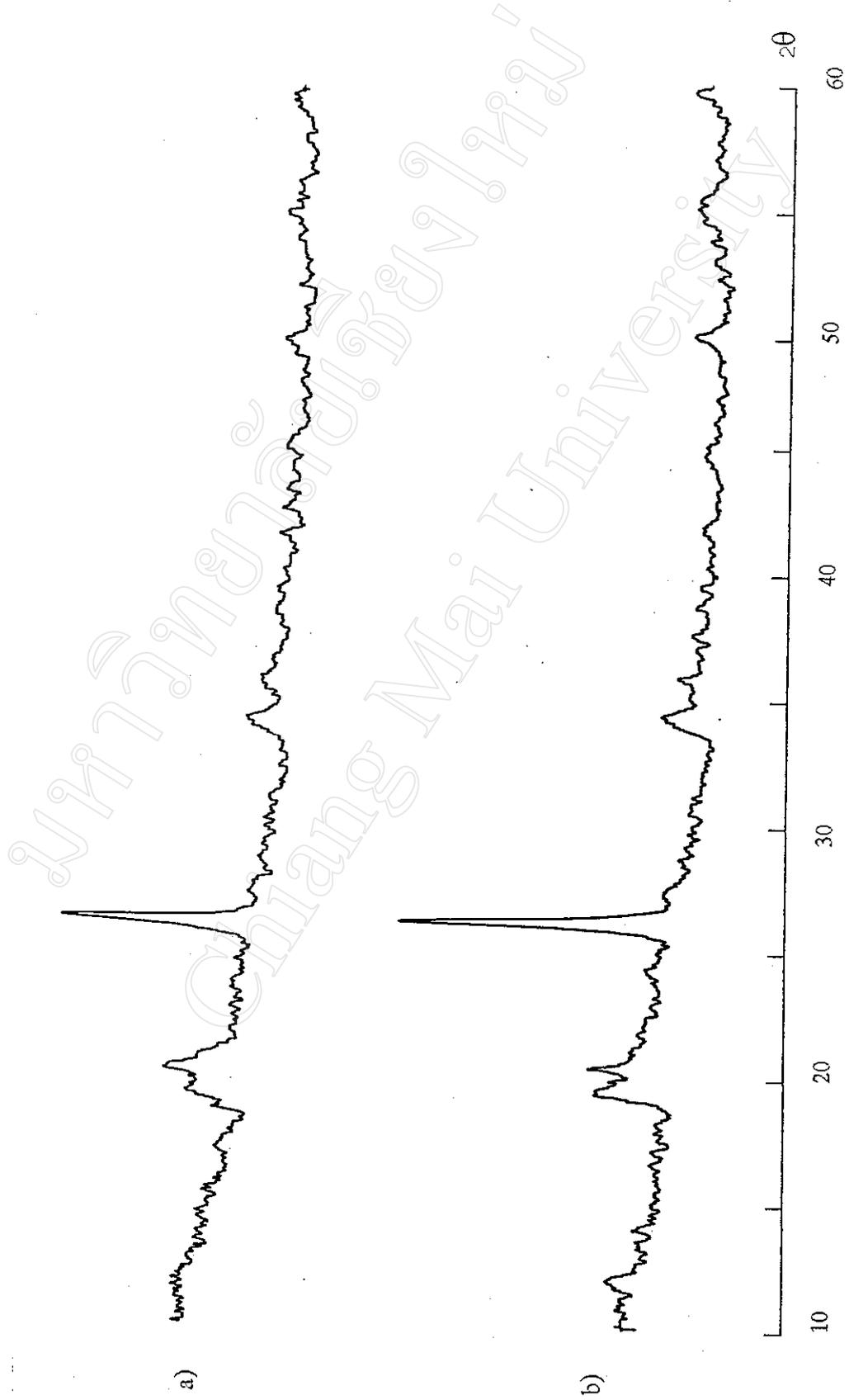
จากกราฟรูป 3.14 ผลการดูดซับสารละลาย Cu^{2+} , Cr^{3+} และ Pb^{2+} ของ diatomite ชนิดต่างๆ พบว่าไดอะทอมไมต์ที่ไม่ได้ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ(D) ให้ % binding ต่อสารละลายโลหะทั้งสาม สูงที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างไดอะทอมไมต์ชนิดอื่นๆ คือมีค่า 95% 98% และ 100 %ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มและค่าใกล้เคียงกับค่าที่ % binding ได้จาก ตัวอย่างไดอะทอมไมต์ที่เตรียมขึ้นมาคือ diatomite HCl treatment(D-HCl) ให้ % binding ที่ 93%, 96% และ 100% ตามลำดับ ส่วนตัวอย่าง calcined diatomite HCl treatment(D-cal.) และ diatomite, Celite 521 (D-Com.) ให้ % binding ที่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่า % binding ที่ได้จากสารละลาย Pb^{2+} ที่สูงคือ 96% และ 100 %ตามลำดับ และให้ % binding ที่ต่ำกับสารละลาย Cr^{3+} คือมีค่า 26% และ 10% ซึ่งเป็นค่าต่ำที่สุด

จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างไดอะทอมไมต์ที่ได้จากแหล่งน้ำใต้นี้ มีประสิทธิภาพที่ดีต่อการดูดซับสารละลายโลหะไอออนทั้งสาม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากตัวอย่างไดอะทอมไมต์จากแหล่งน้ำใต้นี้มีโครงสร้างทางเคมีและทางกายภาพที่เหมาะสม ต่อการดูดซับโลหะไอออนทั้งสาม โดยเฉพาะ Pb^{2+} ให้ผลการดูดซับที่มีปริมาณสูงถึง 95 – 100% จากข้อมูลการศึกษาของกรมทรัพยากร- ธรณี พบว่าโครงสร้างไดอะทอมไมต์จากแหล่งน้ำใต้นี้ มีปริมาณของ Al_2O_3 และ Fe_2O_3 อยู่สูง ซึ่งรายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก⁷ เป็นสิ่งที่ช่วยให้ไดอะทอมไมต์สามารถดูดซับโลหะได้สูงขึ้น โดยสามารถเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับพวกโลหะได้¹⁶ และจากกราฟ 3.14 จะเห็นว่าผลการดูดซับสารละลายโลหะทั้งสามใกล้เคียงกับตัวอย่างไดอะทอมไมต์ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดแล้ว นั้นแสดงว่าการปรับปรุงคุณภาพไดอะทอมไมต์ด้วยกรดที่ได้ทำการศึกษา ไม่ทำให้โครงสร้างทางเคมีและทางกายภาพของไดอะทอมไมต์เกิดการเปลี่ยนแปลงมากนัก ซึ่งอาจพิจารณาได้จากผลการศึกษาโครงสร้างด้วย XRD ของตัวอย่างทั้งสองมีรายละเอียด แสดงไว้ในรูป 3.15 ซึ่งจะพบว่ามีลักษณะ โครงสร้างใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวิธีการทดลองได้ทำการทำความสะอาดด้วยกรดเพียงรอบเดียว ซึ่งตามหลักการแล้วเมื่อเราปรับปรุงคุณภาพไดอะทอมไมต์ด้วยกรดแล้วจะสามารถกำจัดสิ่งเจือปนต่างๆ ออกได้ในระดับหนึ่งโดยเฉพาะปริมาณของ Fe_2O_3 ซึ่งสังเกตได้จากสีแดงส้มของสารละลายที่ได้หลังจากการทดลอง และสมบัติทางกายภาพต่างๆ น่าจะดีขึ้น เช่น มีความพรุนมากขึ้น ทำให้มีพื้นที่ผิวมากขึ้นการดูดซับน่าจะสูงขึ้น แต่จากผลการทดลองที่ได้แสดงว่าการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดนี้ควรจะทำการศึกษาทำความสะอาดไดอะทอมไมต์ด้วยกรดหลายๆ ครั้ง หรือทำการทดลองแบบต่อเนื่อง น่าจะให้ผลการทดลองที่ดีขึ้น

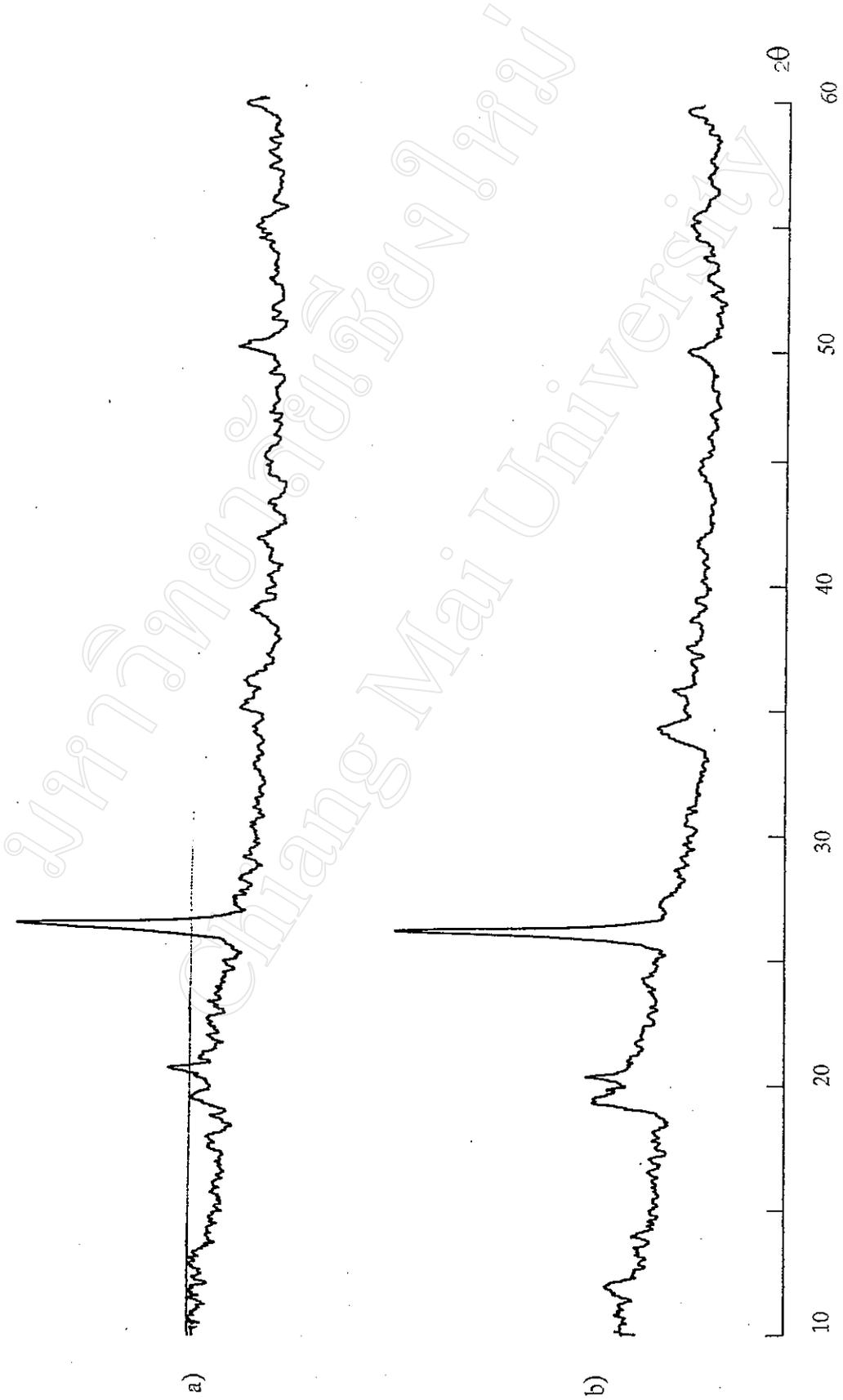
นอกจากนี้ยังพบว่า ตัวอย่างไดอะทอมไมต์ที่ผ่านกระบวนการ calcination และปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดแล้วนั้น จะทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะลดลง เมื่อเทียบกับตัวอย่างไดอะทอมไมต์ที่ไม่ผ่านกระบวนการ calcination โดยเฉพาะการดูดซับสารละลาย Cr^{3+} จากการดูดซับ 96% ลดลงไปที่ 25% เท่านั้น นั้นแสดงว่าการทำ calcination ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อบริเวณ

ของ active site บนพื้นผิวของไดอะทอมไมต์มีขนาดลดลง และปริมาณของสิ่งเจือปนต่างๆ จะถูกกำจัดออกไปได้มากกว่าตัวอย่างไดอะทอมไมต์ที่ไม่ได้ผ่าน calcination ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ความสามารถในการดูดซับสารละลายโลหะลดลง และผลการศึกษาลักษณะโครงสร้างด้วย XRD ของตัวอย่างทั้งสองแสดงในรูป 3.16

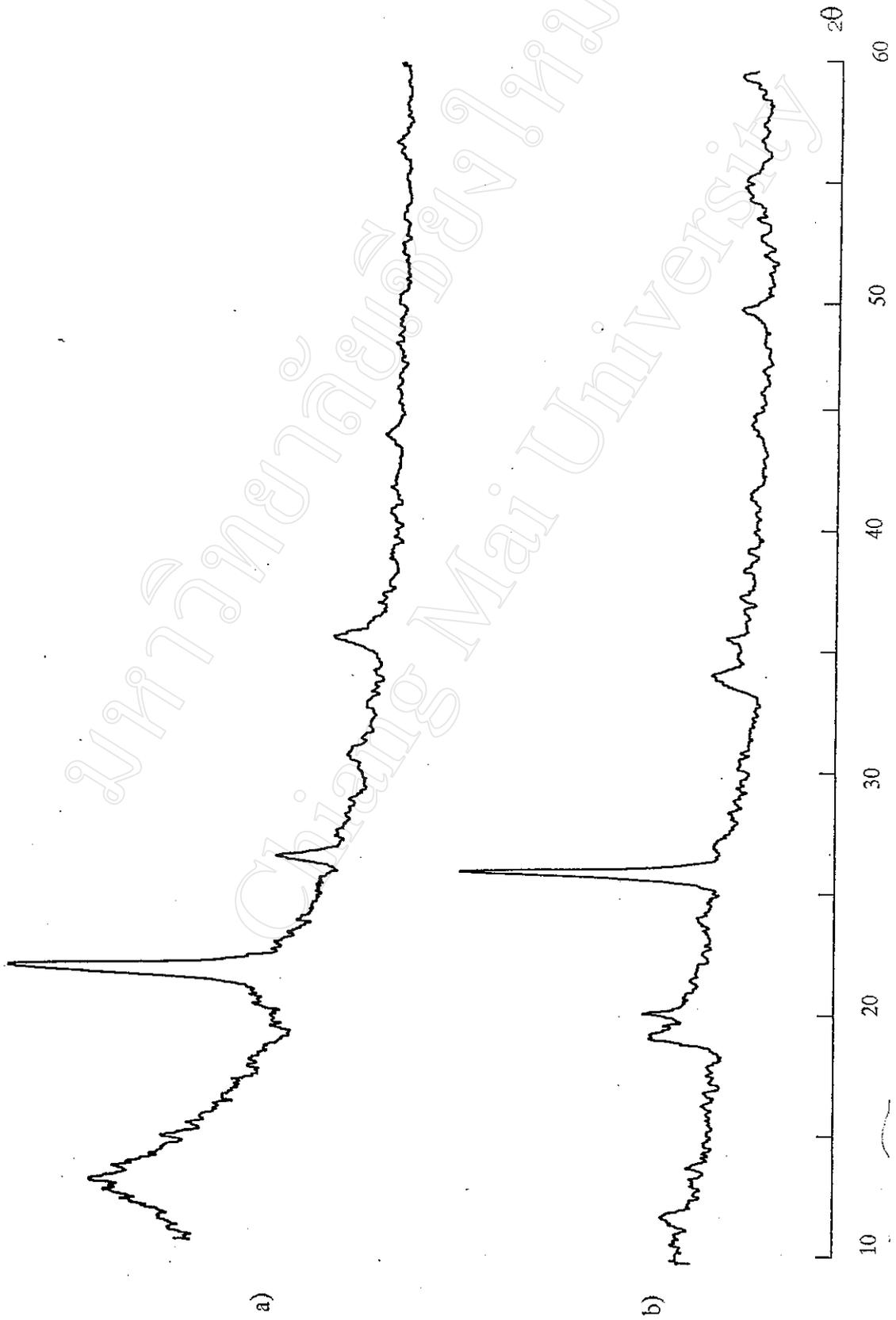
ส่วนตัวอย่างไดอะทอมไมต์ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยกรด (D-HCl) จะให้ประสิทธิภาพในการดูดซับสารละลายโลหะได้ดีกว่า ตัวอย่างไดอะทอมไมต์ทางการค้า (D-COM) เห็นได้ชัดในผลการดูดซับสารละลาย Cr^{3+} ของ D-HCl ให้ผลการดูดซับได้ดีกว่า D-COM. ถึง 88% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก D-COM. มีความบริสุทธิ์ทางเคมีที่สูง คือมีปริมาณของ SiO_2 สูงและมีปริมาณของ Al_2O_3 และ Fe_2O_3 ต่ำ และมีบริเวณ active site ที่ไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้งานในการดูดซับสารละลายโลหะนี้ ทำให้สามารถดูดซับโลหะได้ในปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ ซึ่งในทางค้าน D-HCl น่าจะมี active site ที่มีความเหมาะสมทางด้านเคมีต่อการดูดซับสารละลายโลหะนี้มากกว่า และรวมไปถึงการที่มีสิ่งเจือปนเช่น Al_2O_3 และ Fe_2O_3 ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะให้สูงขึ้นนั่นเอง และผลการศึกษาลักษณะ โครงสร้างด้วย XRD ของตัวอย่างทั้งสองแสดงในรูป 3.17



รูป 3.15 กราฟ XRD แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของแร่ ไดอะทอมไมต์ชนิด (a) D และ (b) D - HCl



รูป 3.16 กราฟ XRD แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของแร่ ไดอะทอมไมต์ชนิด (a) D - Cal. และ (b) D - HCl



รูป 3.17 กราฟ XRD แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของแร่ไดอะทอมไมต์ชนิด (a) D-Com. และ (b) D-HCl

3.2 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพไคอะทอไมด์จากแหล่งน้ำใต้ ด้วยวิธี acid treatment โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก(HCl)กรดซัลฟูริก(H_2SO_4) และกรดฟอสฟอริก(H_3PO_4) ซึ่งใช้ความเข้มข้น 0.5 M - 4.0 M และใช้เวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่าตัวอย่างไคอะทอไมด์ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริกจะมีลักษณะทางกายภาพดีที่สุด เมื่อใช้ไคอะทอไมด์ทางการค้า(Celite, 521)เป็นตัวอ้างอิง กล่าวคือมีสีขาวนวล เนื้อละเอียด มีความพรุนโปร่งเบา ส่วนตัวอย่างที่ใช้กรดกรดซัลฟูริก และกรดฟอสฟอริก มีลักษณะทางกายภาพรองลงมาตามลำดับ

จากการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพไคอะทอไมด์ด้วยวิธี calcination ที่ $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ ก่อนนำมาผ่าน acid treatment(HCl) ซึ่งใช้ความเข้มข้น 0.5 M - 4.0 M และใช้เวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่าลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างที่ได้มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่าน calcination กล่าวคือ มีสีน้ำตาลแดงอิฐ เนื้อมีความละเอียด แต่จับตัวกันแน่น และมีน้ำหนักมากกว่าในปริมาณสารที่เท่ากัน

จากการนำไคอะทอไมด์ทางการค้า(Celite,521)มาทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบตัวอย่างไคอะทอไมด์ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดทั้งสามชนิด โดยใช้สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต และใช้ UV-Visible spectrophotometer เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบ จากการศึกษาพบว่า ต้องใช้สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตความเข้มข้น 200 mg/l มี pH 5 และใช้เวลาในการคนนาน 1 นาที จะเป็นสภาวะการทดลองที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นสภาวะที่ได้มาทดสอบกับตัวอย่างไคอะทอไมด์ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรดกรดไฮโดรคลอริก(D-HCl)กรดซัลฟูริก(D- H_2SO_4) กรดฟอสฟอริก(D- H_3PO_4) และตัวอย่างไคอะทอไมด์มาผ่าน calcination ที่ $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ แล้วนำมาปรับปรุงคุณภาพด้วย HCl - acid treatment(D-Cal.) พบว่า D-HCl มีความสามารถในการดูดซับสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต 200 mg/l ได้สูงมี %binding อยู่ในช่วง 30 -50% โดยเฉพาะที่ใช้ความเข้มข้น 2.0M ใช้เวลา 5 ชั่วโมงจะให้ %binding สูงสุดที่ 50% และ D-Cal. มีความสามารถรองลงมาคือมี %binding อยู่ในช่วง 25 - 43% ส่วน D- H_3PO_4 มี %binding ที่ 20 -30% และสำหรับ D- H_2SO_4 มีความสามารถในการดูดซับต่ำที่สุด %binding ไม่เกิน 20% ดังนั้นความสามารถในการดูดซับของตัวอย่างไคอะทอไมด์ชนิดต่างๆ เรียงลำดับได้ดังนี้



จากผลการทดลองดังกล่าวจึงพอสรุปได้ว่าการปรับปรุงคุณภาพตัวอย่างไคอะทอไมด์ด้วยกรด HCl ที่มีความเข้มข้น 2.0M ใช้เวลา 5 ชั่วโมงและไม่ผ่านกระบวนการ calcination เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่จะใช้ในการเตรียมตัวอย่างไคอะทอไมด์เพื่อใช้ในการศึกษาการดูดซับโลหะชนิดอื่นในขั้นต่อไป

จากการศึกษาการดูดซับสารละลายโลหะไอออน Cu^{2+} Cr^{3+} และ Pb^{2+} ของตัวอย่างไคอะทอไมด์ชนิดต่างๆ คือ ตัวอย่างจากแหล่งน้ำใต้ (D) ตัวอย่างที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วย HCl- acid treatment (D-HCl) ตัวอย่างที่ผ่าน calcination และ HCl-acid treatment (D-Cal.) และไคอะทอไมด์ทางการค้า (D-Com.) โดยใช้ AAS เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบ พบว่าสถานะต่างๆ ที่ใช้ในการทำการศึกษา มีผลต่อผลการดูดซับสารละลายโลหะของตัวอย่างไคอะทอไมด์ เช่น ค่า pH ของสารละลายที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการดูดซับเพิ่มขึ้น ช่วงเวลาที่ใช้ในการดูดซับทำให้ผลการดูดซับแตกต่างกัน ความเข้มข้นของสารละลายที่เพิ่มขึ้นทำให้ความสามารถในการดูดซับจะลดลง และน้ำหนักสารตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องหาสถานะการทดลองที่เหมาะสมให้ผลการดูดซับที่มีประสิทธิภาพที่สุด และจากการทดลองพบว่าสถานะที่เหมาะสมในการศึกษาการดูดซับสารละลายโลหะต่างๆ คือ ใช้สารละลาย Cu^{2+} และ Cr^{3+} ที่ความเข้มข้น 10 mg/l และสารละลาย Pb^{2+} 40 mg/l ที่ pH 3 ใช้เวลาในการคน 1 นาที ค่อน้ำหนักสารตัวอย่าง 1 กรัม นาสถานะการทดลองนี้ใช้ศึกษาการดูดซับสารละลายโลหะของตัวอย่างทั้งสี่ พบว่าตัวอย่าง (D) และ (D-HCl) มีความสามารถในการดูดซับสารละลายโลหะทั้งสามได้ใกล้เคียงกัน และมีประสิทธิภาพสูงที่สุด มี %binding อยู่ในช่วง 93-100% ส่วนตัวอย่าง (D-Cal.) และ (D-Com.) มีประสิทธิภาพรองลงมาตามลำดับแต่ค่อนข้างต่ำ และตัวอย่างทั้งสี่ชนิดสามารถดูดซับสารละลาย Pb^{2+} ได้ดีที่สุดในนั้น ประสิทธิภาพการดูดซับสารละลายโลหะของตัวอย่างไคอะทอไมด์ เรียงลำดับได้ดังนี้

$$(D) \approx (D - HCl) > (D - cal.) > (D - Com.)$$

3.3 ข้อเสนอแนะ

1. การนำไคอะทอไมด์ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ ในการนำไปใช้งานด้านการดูดซับปริมาณโลหะหนัก จากน้ำทิ้งในห้องปฏิบัติการ ยังต้องอาศัยการศึกษาเพิ่มเติมทางด้านการออกแบบอุปกรณ์ที่ต้องทำงานร่วมกัน ถ้ามีการศึกษาต่อเนื่องไป ก็คาดว่าจะเป็ผลดีต่อการลดมลพิษทางน้ำลงได้ในโอกาสต่อไป
2. การนำแร่ไคอะทอไมด์เป็นวัสดุคืบที่มีอยู่ภายในประเทศ ที่มีอยู่ในปริมาณที่สูง มีราคาถูก การนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ในประเทศไทยยังน้อยมาก ถ้ามีผู้ให้ความสนใจศึกษานำไปพัฒนาเพิ่มมูลค่าให้มากขึ้น ก็จะเป็นประโยชน์ต่อไปในภายภาคหน้า