TD433
ช191
ร544

353344
บริจาค

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย เรื่อง

การกำจัดไอออนโลหะหนักจากน้ำเสียด้วยเปลือกหอย

Removal of heavy metal ions from wastewater using shell as absorbent

14 ส.ค. 2552

โดย

นายชยาภาส ทับทอง หัวหน้าโครงการ

ผศ.ดร.สินศุภา จุ้ยจุลเจิม ผู้ช่วยหัวหน้าโครงการ

ตุลาคม 2548

สัญญาเลขที่ 027/2548

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย เรื่อง “การกำจัดไอออนโลหะหนักจากน้ำเสียด้วยเปลือกหอย”

Removal of heavy metal ions from wastewater using shell as absorbent

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. นายชยาภาส ทับทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2.นางสาวสินศุภา จุ้ยจุลเจิม	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปี 2548

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับไอออนโลหะหนักโดยเปลือกหอยแครง บางส่วนจะถูกปรับปรุงสภาพโดยการเผาที่ 850°C นาน 90 นาที และคัดขนาด 65-120 ไมโครเมตร เพื่อใช้ในการศึกษาแบบจำลองการดูดซับของ Langmuir จะใช้ในการทำนายผลการทดลอง จากการทดลองพบว่า แบบจำลองการดูดซับของ Langmuir อธิบายผลการดูดซับได้ดี โดยมีค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุด Cd^{2+} และ Zn^{2+} ของเปลือกหอยที่ไม่ปรับปรุงสภาพเท่ากับ 666 และ 769 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนเปลือกหอยที่ปรับปรุงสภาพเป็น 833 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

คำสำคัญ : การดูดซับ, โลหะหนัก, เปลือกหอยแครง

Abstract

The objectives of this research were to study about the adsorption capacity of heavy metal ions by ark shell powder with various metal ions concentration at pH 5. The ark shell was treated by heat 850°C for 90 minute. The ark shell use in this study was about 65-120 μm of size. The Langmuir adsorption models was employed for fitting the experimental data. The experimental result showed that Langmuir adsorption model was appropriated. The maximum adsorption capacity of Cd^{2+}, Zn^{2+} for ark shell was 666 and 769 (mg- metal/g-ark shell), respectively. The maximum adsorption capacity of Cd^{2+}, Zn^{2+} for pretreatment ark shell was 833 and 1000 (mg-metal/g-ark shell), respectively.

Keyword : Adsorption, Heavy metal, Ark shell

ประกาศคุณูปการ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปี 2548 และผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
ประกาศคุณูปการ	จ
สารบัญ	ฉ
บัญชีตาราง	ช
บัญชีภาพประกอบ	ซ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ญ
1. บทนำ	
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 โลหะหนักที่เป็นพิษ	3
2.2 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	5
2.3 ทฤษฏีการดูดซับ (adsorption)	6
2.4 Adsorption isotherm	8
3. วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 อุปกรณ์การทดลอง	11
3.2 สารที่ใช้ในการทดลอง	11
3.3 วิธีการทดลอง	11
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	13
5. สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	24
5.2 ข้อเสนอแนะ	25
บรรณานุกรม	27
ประวัติย่อผู้วิจัย	29

บัญชีตาราง

		หน้าที่
2.1	ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	6
4.1	ค่า R-Squared และความสามารถในการดูดซับสูงสุดของเปลือกหอย	14

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บัญชีภาพประกอบ

หน้าที่

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะแคดเมียมกับเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ 24 ชั่วโมงโดยใช้เปลือกหอยแครงแบบไม่ปรับสภาพเป็น ตัวดูดซับ 15

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะแคดเมียมกับเวลาที่ ใช้ในการดำเนินการ 24 ชั่วโมงโดยใช้เปลือกหอยแครงแบบปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ 15

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะตะกั่วกับเวลาที่ใช้ ในการดำเนินการ 24ชั่วโมงโดยใช้เปลือกหอยแครงแบบไม่ปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ 16

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะตะกั่วกับเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ 24 ชั่วโมงโดยใช้เปลือกหอยแครงแบบปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ 16

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะสังกะสีกับเวลาที่ใช้ ในการดำเนินการ 24 ชั่วโมงโดยใช้เปลือกหอยแครงแบบไม่ปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ 17

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะสังกะสีกับเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ 24 ชั่วโมงโดยใช้เปลือกหอยแครงแบบปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ 17

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ กับ % Removal ของโลหะแคดเมียมโดยใช้เปลือกหอยแครงแบบไม่ปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ 18

4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ กับ % Removal ของโลหะแคดเมียมโดยใช้เปลือกหอยแครงแบบปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ 18

4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ กับ % Removal ของโลหะตะกั่วโดยใช้เปลือกหอยแครงแบบไม่ปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ 19

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ กับ % Removal ของโลหะตะกั่วโดยใช้เปลือกหอยแครงแบบปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ 19

4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ กับ % Removal ของโลหะสังกะสีโดยใช้เปลือกหอยแครงแบบไม่ปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ 20

4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ กับ % Removal ของโลหะสังกะสีโดยใช้เปลือกหอยแครงแบบปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ 20

4.13 Langmuir Adsorption Isotherm ของโลหะหนักแคดเมียมปริมาณเปลือกหอยแครงแบบไม่ปรับสภาพ 0.1 กรัม เวลาในการดำเนินการ 24 ชั่วโมง 21

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

หน้าที่

4.14 Langmuir Adsorption Isotherm ของโลหะหนักแคดเมียมปริมาณ เปลือกหอยแครงแบบปรับสภาพ 0.1 กรัม เวลาในการดำเนินการ 24 ชั่วโมง 21

4.15 Langmuir Adsorption Isotherm ของโลหะหนักตะกั่วปริมาณ เปลือก หอยแครงแบบไม่ปรับสภาพ 0.1 กรัม เวลาในการดำเนินการ 24 ชั่วโมง 22

4.16 Langmuir Adsorption Isotherm ของโลหะหนักตะกั่วปริมาณ เปลือกหอยแครงแบบปรับสภาพ 0.1 กรัม เวลาในการดำเนินการ 24 ชั่วโมง 22

4.17 Langmuir Adsorption Isotherm ของโลหะหนักสังกะสีปริมาณ เปลือกหอยแครงแบบไม่ปรับสภาพ 0.1 กรัม เวลาในการดำเนินการ 24 ชั่วโมง 23

4.18 Langmuir Adsorption Isotherm ของโลหะหนักสังกะสีปริมาณ เปลือกหอยแครงแบบปรับสภาพ 0.1 กรัม เวลาในการดำเนินการ 24 ชั่วโมง 23

4.19 เปลือกหอยแครงก่อนปรับสภาพ 24

4.20 เปลือกหอยแครงหลังปรับสภาพด้วยการเผาที่ 850 °C 24

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

C_e = ค่าความเข้มข้นที่สมดุล (Equilibrium Concentration in Solution) (มิลลิกรัมต่อลิตร)

K = ค่าคงที่การดูดซับที่สมดุล (Equilibrium Constant)

k_a = ค่าคงที่ของการดูดซับ (Adsorption)

k_d = ค่าคงที่ของการหลุดออก (Desorption)

θ = คือ สัดส่วนของพื้นที่ผิวที่ถูกปกคลุมด้วยโมเลกุลที่ถูกดูดซับ

v = ปริมาณไอออนโลหะหนักที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักเปลือกหอยแครง (มิลลิกรัมไอออนโลหะหนักต่อ กรัมเปลือกหอยแครง)

v_m = ปริมาณไอออนโลหะหนักที่ถูกดูดซับสูงสุดต่อน้ำเปลือกหอยแครง (มิลลิกรัมไอออนโลหะหนักต่อเปลือกหอยแครง)

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นปัญหาที่สำคัญมาก สารที่เป็นพิษจากโรงงานผลิตสารเคมี โลหะหนักต่างๆ เช่น Cu , Hg , Zn , Pb , Cd , และ Ni น้ำเสียเหล่านี้บางส่วนได้ถูกชะลงสู่แม่น้ำลำคลองทำให้น้ำเน่าเสีย ซึ่งไม่เพียงก่อให้เกิดปัญหามลภาวะต่างๆ ยังเป็นการสิ้นเปลืองวัตถุดิบ ไม่ว่าจะเป็นด้านการควบคุมดูแล การบำบัด หรือการกำจัดน้ำเสียก็ตาม จากปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ได้มีการวิจัยและพัฒนาวิธีที่จะบำบัดน้ำทิ้ง ก่อนระบายสู่สิ่งแวดล้อมให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและมีประสิทธิภาพสูงสุด

จากการศึกษาในเบื้องต้น พบว่าเปลือกหอยแครงสามารถใช้ดูดซับไอออนโลหะหนักได้ เนื่องจากเปลือกหอยแครงมีรูพรุน และประกอบด้วย $CaCO_3$ เป็นปริมาณมาก นอกจากนี้ยังเป็นตัวดูดซับที่มีราคาถูกเนื่องจากเป็นของเหลือใช้ นับได้ว่าเป็นการเพิ่มผลประโยชน์และมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับของเสียเหล่านี้ การศึกษาความสามารถในการดูดซับโลหะหนักในโครงงานวิจัยนี้จะพิจารณา ปริมาณของเปลือกหอยที่ใช้ในการดูดซับ ระยะเวลาที่ใช้ในการสัมผัส และการปรับสภาพ

1.1 วัตถุประสงค์

1.1.1 เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับไอออนโลหะหนักของเปลือกหอยแครง เพื่อใช้เป็นวัสดุดูดซับไอออนโลหะหนักออกจากน้ำเสีย

1.2 ขอบเขตการวิจัย

1.2.1 ศึกษาการกำจัดไอออนโลหะหนัก 3 ชนิด ได้แก่ Cd^{2+}, Zn^{2+} และ Pb^{2+} จากน้ำเสียจำลองที่ pH 5 ความเข้มข้น 20, 30, 40, 50, 60 และ 70 mg/L

1.2.2 เปลือกหอยที่ใช้เป็นวัสดุดูดซับ คือ เปลือกหอยแคลง

1.2.3 ปรับปรุงสภาพของเปลือกหอยเพื่อเพิ่มความสามารถในการกำจัดโลหะหนักโดยการเผา

1.2.4 ศึกษาการกำจัดโลหะหนักด้วยเปลือกหอยที่ระยะเวลาต่างๆ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.3.1 เป็นองค์ความรู้ที่นำไปใช้ในการ แยก/กำจัดไอออนโลหะหนักออกจากน้ำทิ้ง

1.3.2 เป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์อย่างรู้คุณค่าและให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.3.3 เป็นแนวทางในการพัฒนาและนำไปใช้ในการแก้ปัญหาการบำบัดน้ำเสีย อุตสาหกรรมที่มีโลหะหนักปนเปื้อน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เปลือกหอยเป็นวัสดุดูดซับในเบื้องต้น พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดไอออนโลหะหนักได้สูงกว่า 98 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเปลือกหอยมีคุณสมบัติที่ดีในการใช้เป็นวัสดุดูดซับ คือ มีรูพรุน มีพื้นที่ผิวในการดูดซับมาก และประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณสูง [Jung และคณะ (2000)] เช่นเดียวกับเปลือกไข่ ซึ่ง Kim และ Kuh 2000 ได้ทำการศึกษาการกำจัดไอออนแคดเมียมโดยใช้เปลือกไข่ แล้วพบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดไอออนแคดเมียมได้สูงกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ โดยไอออน CO_3^- จะไปจับกับไอออนของโลหะหนัก แล้วเกิดเป็นตะกอนคาร์บอเนตที่ผิวและภายในรูพรุนของเปลือกหอย ซึ่งเป็นไปตามคุณสมบัติการละลายของสาร โดยตะกอนคาร์บอเนตของโลหะ แคดเมียม ตะกั่ว และสังกะสี จะมีค่าการละลายที่ต่ำกว่าแคลเซียมคาร์บอเนต [Petrucci, R.H. และคณะ (2002)]

ประเทศไทยมีวัสดุธรรมชาติมากมายและหลากหลายชนิด วัสดุที่น่าสนใจอย่างยิ่ง คือ เปลือกหอย เนื่องจากมีการบริโภคในประเทศปริมาณสูง ร่วมถึงอุตสาหกรรมเนื้อหอยกระป๋อง และเนื้อหอยแช่แข็งส่งออกต่างประเทศ จึงมีเปลือกหอยเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก อีกทั้งเปลือกหอยดังกล่าวก็ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์อย่างจริงจังและเป็นรูปธรรม เปลือกหอยมีคุณสมบัติที่ดีในการใช้เป็นวัสดุดูดซับ คือ มีรูพรุน ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณสูง [Jung และคณะ (2000)] หาได้ง่าย เป็นของเหลือทิ้ง มีราคาถูกหรือไม่มีราคา งานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการนำเปลือกหอยมาเป็นวัสดุดูดซับโลหะหนักออกจากน้ำเสียจำลองจากอุตสาหกรรม โดยหาความสามารถในการกำจัดโลหะหนักชนิดต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานบำบัดน้ำเสีย

การกำจัดไอออนโลหะหนักจากน้ำเสียเป็นวิธีการที่สนใจของนักวิจัยหลายๆ ท่านในช่วงหลายปีที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน ยังสามารถพัฒนาได้อีกมาก และงานวิจัยหลายเรื่องก็ได้พัฒนาไปถึงระดับการค้าและอุตสาหกรรม สามารถสรุปแนวความคิดและแนวทางในการดำเนินงานของนักวิจัยที่ทำงานวิจัยด้านนี้ได้ดังนี้

1. นักวิจัยพยายามนำวัสดุธรรมชาติหลายๆ ชนิดมาทดสอบความสามารถในการดูดซับไอออนโลหะหนักเพื่อประเมินศักยภาพในการนำไปใช้หรือพัฒนาเป็นวัสดุดูดซับไอออนโลหะหนัก

[Kuh และ Kim (2000), Low และคณะ (2000), Cimino และคณะ (2000), Chu และ Hashim (2002), Juang และ Shao (2002), Reddad และคณะ (2002), ธีรวิทย์ และ วิโรจน์ (2540)]

2. ปรับปรุงวัสดุธรรมชาติเหล่านั้นให้มีความสามารถและประสิทธิภาพในการกำจัดไอออนโลหะหนักสูงขึ้น [Kuh และ Kim (2000),Cimino และคณะ (2000)]
3. พยายามอธิบายกลไกและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นของกระบวนการดูดซับ [Kuh และ Kim (2000), Low และคณะ (2000), Cimino และคณะ (2000), Chu และ Hashim (2002), Juang และ Shao (2002), Reddad และคณะ (2002), วิโรจน์และ ธีรวิทย์ (2540)]
4. เปรียบเทียบการกำจัดไอออนโลหะหนักโดยใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุดูดซับกับวิธีการกำจัดไอออนโลหะหนักอื่นๆ เช่น การตกตะกอน การแลกเปลี่ยนไอออน เป็นต้น [Bailey และคณะ (1999), Volesky, B. และ Holan, Z.R. (1995)]
5. วัสดุธรรมชาติที่มีศักยภาพเพียงพอก็จะพัฒนาในระดับเชิงการค้า เช่น MRA, AlgaSORP และ Bip-Fix [Smith และคณะ (1994)]

ในการทดลองของนักวิจัยหลายๆ ท่าน ที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดโลหะหนัก จะพบว่า รูปแบบของสมการที่นำมาใช้ในการอธิบายถึงประสิทธิภาพและปริมาณการกำจัดโลหะหนักนั้น ส่วนใหญ่จะใช้แบบจำลองการดูดซับของแลงเมียร์ ไอโซเทอร์ม (Langmuir Isotherm) และสารที่ใช้เป็นตัวดูดซับนั้นจะมีลักษณะโครงสร้างที่สำคัญคือ เป็นสารที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุน มีคุณสมบัติในการดูดซับได้ดี โดยการดูดซับนั้นยังขึ้นอยู่กับขนาดของรูพรุน ลักษณะโครงสร้าง อุณหภูมิ และตัวแปรต่างๆ

2.1 โลหะหนักที่เป็นพิษ

การที่จะตัดสินใจว่าสารใดเป็นพิษมากน้อยเท่าใด จะต้องพิจารณาถึงค่า LD_{50} (Medium lethal dose) ซึ่งเป็นขนาด (dosage) สารนั้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย 50% ค่าของ LD_{50} ยิ่งต่ำแสดงว่าเป็นพิษมากขึ้น เช่น สารที่มี LD_{50} มากกว่า 500 mg/kg (เมื่อให้ทางปาก) จัดเป็นสารไม่มีพิษ แต่ถ้ามีค่าน้อยกว่า 100 mg/kg จัดเป็นสารมีพิษมาก ตัวอย่างโลหะหนักที่เป็นพิษคือ

2.1.1 ตะกั่ว (Lead) เป็นโลหะที่มีพิษมาก รูปแบบที่เป็นพิษคือ Lead , Leadacetate, and Leadsulphate อาการเป็นพิษแบบเฉียบพลัน เช่น อ่อนเพลีย คลื่นไส้ วิงเวียน การกระตุกของกล้ามเนื้อ โรคโลหิตจาง ซึ่งเกิดขึ้นได้เนื่องจาก ตะกั่วกีดขวางการสร้างและการทำงานของ hemoglobin ในเม็ดเลือดแดง โดยปกติแล้ว hemoglobin เมื่อมีอายุมากขึ้นจะถูกเปลี่ยนเป็น

methemoglobin ซึ่งมีความสามารถนำพาออกซิเจนได้น้อยลง เม็ดเลือดแดงโดยทั่วไป มีอายุประมาณ 4 เดือน hemoglobin จะถูกเปลี่ยนเป็น methemoglobin ได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ยังเร่งการทำงานของม้ามและตับในการกำจัดเม็ดเลือดแดง

2.1.2 แคดเมียม (Cadmium) เป็นโลหะที่มีพิษมาก รูปแบบที่เป็นพิษคือ สารประกอบอินทรีย์แคดเมียม เมื่อสูดกลิ่นไปจะมีผลต่อเมตาโบลิซึมของร่างกาย ถ้าได้รับเกิน 15 mg จะอาเจียน (vomiting) อาการเป็นพิษเรื้อรังที่พบในประเทศญี่ปุ่นกับคนงานเหมืองแร่ เรียกว่าโรค itai-itai (ouch-ouch) เกิดกับผู้หญิงอายุระหว่าง 50-60 ปี จะปวดตามข้อและกระดูก แต่บางครั้งอาการนี้มีสาเหตุมาจากการขาดวิตามินดี และแคลเซียมในสารอาหารก็ได้

แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายในลักษณะฝุ่นละออง เมื่อเข้าสู่กระแสเลือดซึ่งประมาณ 80% จะถูกพาไปที่ตับและไต แคดเมียมจะไปรวมกับกลุ่ม –SH ของโปรตีนของเซลล์ต่างๆ การที่แคดเมียมจับกับโปรตีนหรือเอนไซม์ในหน่วยกรอง และหลอดไตจะทำให้หน้าที่ของไตทั้งระบบการกรองสาร และการดูดสารกลับคืนเสียหายและขาดการควบคุม ผลที่ตามมาก็คือ ภาวะขาดน้ำตาล โปรตีน และกรดอะมิโนในปัสสาวะมาก การที่แคดเมียมทำให้ไตพิการจะทำให้เกิดความดันโลหิตสูง ซึ่งพบว่าธาตุ Se จะป้องกันพิษของแคดเมียมได้โดยการจับกันเป็น CdSe ซึ่งไม่ละลายน้ำ ดูดซึมได้น้อยกว่า

2.1.3 สังกะสี (Zinc) เป็นโลหะที่มีพิษน้อย รูปแบบที่เป็นพิษคือ สังกะสีออกไซด์ (ZnO) ปกติสังกะสีเป็นธาตุที่จำเป็นต่อเมตาโบลิซึมของร่างกาย และเป็นส่วนประกอบที่จำเป็นของเอนไซม์หลายตัวในสิ่งมีชีวิต สังกะสีมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการแบ่งเซลล์ การคงสภาพของผนังเซลล์ การมองเห็นในที่มืด การรับรส และระบบภูมิคุ้มกัน ซึ่งคนเราต้องการ 6-15 มก. ต่อวัน ถ้าขาดจะทำให้เป็นโรคเตี้ย แคระ (dwarfism) ผมร่วง ผิวหนังอักเสบ ท้องร่วง ขาดภูมิคุ้มกัน แต่ถ้าได้รับมากเกินไปจะมีอาการกระหายน้ำ ปวดศีรษะ มึนชา หูอื้อ และท้องเสีย ถ้าได้รับ 12 กรัม เป็นเวลา 2 วัน จะมีพิษต่อระบบหมุนเวียนโลหิต ตับ และไต

2.2 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (2525) ให้ผู้รับใบประกอบกิจกรรมอุตสาหกรรมจะต้องดูแลรักษาระบบ และระบายน้ำทิ้งให้อยู่ในสภาพเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ โดยมิให้ระบายน้ำทิ้ง เว้นแต่ได้กระทำอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างแต่ต้องไม่ใช่วิธีทำให้เจือจาง ซึ่งน้ำทิ้งต้องมีลักษณะดังตารางที่ 2.1

<u>ตารางที่ 2.1</u> ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (เฉพาะบางส่วน)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	**ค่ามาตรฐาน**	**วิธีวิเคราะห์**
โลหะหนัก (Heavy Metal) 1. สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	Atomic Absorption Spectro Photometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plama : ICP
2. โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Hexavalent Chromium)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
3. โครเมียมชนิดไตรวาเล้นท์ (Trivalent Chromium)	ไม่เกิน 0.75 มก./ล.	
4. ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	
5. แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มก./ล	
6. แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล	
7. ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	
8. นิคเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
9. แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	
10. อาร์เซนิค (As)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
11. เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล.	

2.3 ทฤษฎีการดูดซับ (adsorption)

การดูดซับ คือ กระบวนการที่อะตอมหรือโมเลกุลของสารหนึ่งยึดติดอยู่กับผิวของอีกสารหนึ่ง สารที่ไปเกาะติดกับผิวหน้าเรียกว่า ตัวถูกดูดซับ ส่วนสารที่ตัวถูกดูดซับไปเกาะเรียก ตัวดูดซับ

การดูดซับสามารถแบ่งตามความแข็งแรงของพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างตัวดูดซับกับตัวถูกดูดซับ แบ่งเป็น 2 แบบ คือ การดูดซับทางกายภาพ และ การดูดซับทางเคมี

2.3.1 การดูดซับทางกายภาพ

การดูดซับทางกายภาพขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ การจัดเรียงตัว (orientarion) การกระจายตัว (dispersion) และการเหนียวนำ (induction) ของโมเลกุลตัวถูกดูดซับสำหรับโมเลกุลที่มีขั้ว กระจายการดูดซับจะเกิดการจัดเรียงตัวของโมเลกุลตัวถูกดูดซับ ซึ่งเป็นแรงดึงดูดที่เกิดจากแรงระหว่างขั้วทั้งสองของโมเลกุล คือ ขั้วลบของโมเลกุลหนึ่งกับขั้วบวกของอีกโมเลกุลสำหรับโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว การดูดซับจะเกิดเนื่องจากการกระจายตัวการสั่นของโมเลกุลซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมและการกระจายของอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียสนั้น เมื่อขั้วของโมเลกุลทั้งสองที่เกิดจากการสั่นสะเทือนมาอยู่ใกล้กันจะทำให้พลังงานทั้งหมดลดลง ทำให้เกิดมีความเสถียรมากขึ้น ส่วนแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่มีขั้วและโมเลกุลที่ไม่มีขั้วจะเกิดการเหนี่ยวนำ โดยโมเลกุลมีขั้วจะเหนี่ยวนำโมเลกุลไม่มีขั้วให้มาอยู่ด้วยกัน

การดูดซับทางฟิสิกส์ (Physical adsorption) เกิดแรงดึงดูดซึ่งกันและกันด้วยแรงทุติยภูมิ เช่น แรงไดโพล – ไดโพล (dipole-dipole force) การดูดซับทางฟิสิกส์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวัดหาพื้นที่ผิวทั้งหมดของตัวเร่งปฏิกิริยา ขนาดของรูพรุน และการกระจายขนาดของรูพรุน ซึ่งการดูดซับทา

2.3.2 การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption)

เป็นการดูดซับที่เกี่ยวของกับพันธะเคมี ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับการเกิดปฏิกิริยาโดยมีการถ่ายเทอิเล็กตรอนระหว่างตัวดูดซับกับตัวถูกดูดซับจะเหมือนกับแรงที่ใช้ยึดเหนี่ยวกันระหว่างตัวดูดซับกับตัวถูกดูดซับ การเกาะของตัวดูดซับที่ผิวของตัวดูดซับจะเหมือนกับแรงที่ใช้ยึดเหนี่ยวกันระหว่างอะตอมภายในโมเลกุล

การดูดซับแบ่งเป็น 2 ระยะ โดยระยะแรกโมโลกุลของสิ่งสกปรก จะอยู่รอบนอกของตัวดูดซับ ระยะที่สองสิ่งสกปรกจะฟุ้งกระจาย (diffusion) เข้าไปในรูพรุนของตัวดูดซับ อัตราการดูดซับจะเพิ่มตามความเข้มข้นของสิ่งสกปรก และลดลงตามการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักโมเลกุล

2.3.3 ข้อแตกต่างระหว่างการดูดซับทางเคมีและทางกายภาพ

2.3.3.1 การแยกโมเลกุลที่ถูกดูดซับทางเคมีออกจากตัวดูดซับทำได้ยาก ในขณะที่โมเลกุลซึ่งถูกดูดซับทางกายภาพสามารถแยกออกได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิหรือลดความดัน

2..3.3.2 ในการดูดซับทางเคมี โมเลกุลของตัวดูดซับจะถูกจับด้วยพันธะทางเคมีที่ผิวของตัวถูกดูดซับ ส่วนการดูดซับทางกายภาพจะเกิดจากผลของแรงดึงดูดระหว่างขั้วของโมเลกุล

2.3.3.3 การดูดซับทางเคมีนั้น โมเลกุลของตัวถูกดูดซับจะยึดเกาะผิวของตัวดูดซับแบบชั้นเดียวและการดูดซับทางเคมีจะหยุดลงเมื่อบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาที่ผิวของตัวดูดซับหมดไป ในขณะที่

การดูดซับทางกายภาพซึ่งเกิดจากแรงแวนเดอร์วาล์ว ตัวถูกดูดซับจะยึดเกาะผิวของตัวถูกดูดซับได้หลายชั้น

2.4 Adsorption isotherm

Adsorption isotherm เป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับ และความเข้มข้นของสารที่ถูกละลายที่เหลืออยู่ เมื่อนำเอาความเข้มข้นของสารละลายที่เหลืออยู่ไปเขียนกราฟในรูปของลอการิทึมกับปริมาณของสารที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักตัวดูดซับ เส้นโค้งที่เกิดจากการลากผ่านจุดที่ได้จากการทดลองทั้งหมดเรียกว่า Adsorption isotherm ซึ่งมีประโยชน์มากในการหาความสามารถในการดูดซับของสิ่งสกปรกในน้ำโดยเปรียบเทียบชนิด adsorbent ที่ดีที่สุด โดยแบบจำลองที่นิยมมากที่สุด คือ Langmuir adsorption isotherm

2.4.1 Langmuir isotherm

Langmuir adsorption isotherm เป็นแบบที่มีการนำมาประยุกต์ใช้มากที่สุดกับตัวเร่งปฏิกิริยาเนื่องจากความง่าย กระบวนการดูดซับจะเกิดขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งอัตราการดูดซับ (adsorption) และอัตราการหลุดออก(desorption) ที่เท่ากันจะทำให้เกิดสภาวะสมดุล เรียกว่า สมดุลของการดูดซับ ที่จุดสมดุลนี้ความเข้มข้นของสารที่ถูกดูดซับจะเท่ากับความเข้มข้นของตัวดูดซับ และปริมาณของการดูดซับจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่ถูกดูดซับมีค่าเพิ่มขึ้น การดูดซับที่เกิดขึ้นนี้สามารถใช้ adsorption isotherm อธิบายถึงสมดุลที่เกิดขึ้น เมื่ออุณหภูมิคงที่

สมการ adsorption isotherm ที่นิยมนำมาใช้อธิบายการดูดซับ คือ สมการของ Langmuir เนื่องจากสามารถอธิบายการดูดซับได้ดี

สมมุติฐานของทฤษฎีนี้มีแนวความคิดจากแบบจำลองการดูดซับแบบ Monolayer ดังนี้

1. ที่ทุกๆ ตำแหน่งผิวสัมผัสสามารถดูดซับโมเลกุลได้
2. โมเลกุลแต่ละโมเลกุลไม่มีผลกระทบต่อกัน รวมถึงตำแหน่งของโมเลกุลไม่มีผลต่ออัตราการดูดซับ
3. พลังงานและกลไกการดูดซับของทุกๆ โมเลกุลบนผิวตัวดูดซับเกิดขึ้นเหมือนกัน
4. การดูดซับของโมเลกุลแต่ละพื้นที่ผิวของตัวดูดซับจะเกิดเป็นแบบ Monolayer

Langmuir adsorption isotherm

พิจารณาจาก

$$\theta = v/v_m$$

โดย v คือ โลหะหนักที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับที่สมดุล (Equilibrium Metal Ions Concentration on Sorbent, mg/g)

v_m คือ โลหะหนักที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับ ที่อิ่มตัว (Saturated Metal Ions Concentration on Sorbent, mg/g)

θ คือ สัดส่วนของพื้นที่ผิวที่ถูกปกคลุมด้วยโมเลกุลที่ถูกดูดซับ

อัตราการดูดซับ(adsorption) ต่อหน่วยพื้นที่ผิวทั้งหมด (r_{ax})

$$(r_{ax}) = k_a C_x (1-\theta)$$

โดย k_a คือ ค่าคงที่ของการดูดซับ

C_x คือ ค่าความเข้มข้นที่สมดุล (Equilibrium Concentration in Solution)

อัตราการหลุดออก(desorption) ต่อหน่วยพื้นที่ผิวทั้งหมด (r_{dx})

$$(r_{dx}) = k_d \theta$$

โดย k_d คือ ค่าคงที่ของการหลุดออก

$$\theta = \frac{k_a C_e}{(k_a + k_a C_e)}$$

ที่สมดุล (Equilibrium)

$$k_a C_x (1-\theta) = k_d \theta$$

โดยกำหนดให้

$$K = k_a/k_d = \text{Equilibrium Constant}$$

ได้

$$v = \frac{v_m K C_e}{(1 + K C_e)}$$

จัดให้อยู่ในรูปสมการเส้นตรง

$$\frac{C_e}{v} = \frac{C_e}{v_m} + \frac{1}{Kv_m}$$

ค่า v_m และ K สามารถหาได้จากความชัน $1/v_m$ และจุดตัด $1/Kv_m$ เมื่อพล็อตกราฟระหว่าง C_e/v กับ C_e

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

1 เครื่อง Atomic Adsorbtion Spectophotometer (AAS)

2 เครื่องเขย่า GALLENKAMA รุ่น Orbital Shaker

3 กระดาษกรอง what man เบอร์ 1

4 นาฬิกาจับเวลา

5 เครื่องชั่ง ทศนิยม 4 ตำแหน่ง OHAUS

6 เครื่องแก้ว

7 pH Meter Intrument รุ่น Model 15

3.2 สารที่ใช้ในการทดลอง

1. $Pb(NO_3)_2$ AR grade
2. $Zn(NO_3)_2 6 H_2O$ AR grade
3. $Cd(NO_3)_2 4 H_2O$ AR grade
4. HNO_3
5. $Pb(NO_3)_2$ Standart Solution
6. $Zn(NO_3)_2$ Standart Solution
7. $Cd(NO_3)_2$ Standart Solution
8. NaOH
9. HCl

3.3 วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การเตรียมตัวดูดซับ

1.1 นำเปลือกหอยแครงมาทำความสะอาด โดยล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง

1.2 อบแห้งที่ตู้อบ ที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

1.3 นำมาบด แล้วแยกขนาดให้มีขนาด 65-120 μm ด้วยตะแกรงร่อน

ตอนที่ 2 การปรับปรุง วัสดุตัวดูดซับ

2.1 นำเปลือกหอยส่วนหนึ่งที่ได้จากตอนที่ 1 นำไปเผาที่อุณหภูมิ 850°C เป็นเวลา 90 นาที

ตอนที่ 3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพ

3.2 ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และพื้นที่ผิวของเปลือกหอย

ตอนที่ 4 ศึกษาการดูดซับโลหะหนัก

4.1 เตรียมสารละลายไอออนโลหะหนัก Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} ที่ความเข้มข้น 20, 30, 40, 50, 60, 70 มก./ลิตร

4.2 ปรับ pH ของสารละลายให้ได้ค่า pH 5 โดยใช้ สารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.1 M ในการปรับค่า pH

4.3 นำสารละลายความเข้มข้น 20 มก./ลิตร มา 200 มล. ใส่ในขวดรูปชมพู่ แล้วเติมเปลือกหอย 0.1 g ลงใน ขวดรูปชมพู่ (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) นำมาเขย่าด้วยความเร็วรอบ 160 รอบ/นาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

4.4 เก็บสารตัวอย่างมา อย่างละ 5 มล.ที่เวลา 0, 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180 และ 240 นาทีแล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง what man เบอร์ 1

4.5 ทำการวิเคราะห์ปริมาณไอออนโลหะหนักในสารละลายด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) บันทึกผล

4.6 ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 3.3 – 3.6 แต่เปลี่ยนความเข้มข้นเป็น 30, 40, 50, 60, 70 มล./ลิตร

4.7 ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 3.3 – 3.6 แต่ใช้เปลือกหอยที่ปรับปรุงสภาพแล้วในตอนที่ 2 โดยใช้ความเข้มข้น 20, 30, 40, 50, 60, 70 มก./ลิตร

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดลองจากการศึกษาการดูดซับโลหะหนักในสารละลายมาตรฐานของโลหะ แคดเมียม, ตะกั่ว, และสังกะสี ของเปลือกหอยแครงทั้งแบบเผาและไม่เผา

4.1 องค์ประกอบทางเคมีและพื้นที่ผิวของเปลือกหอย

เปลือกหอยแครงบดก่อนปรับสภาพมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น $CaCO_3$ โดยมีถึง 96 % ส่วนที่เหลือเป็น SiO_2, Al_2O_3 และอื่นๆ

เปลือกหอยแครงบดก่อนปรับสภาพและหลังปรับสภาพ มีพื้นที่ผิวเท่ากับ 3.20 และ 1.50 m^2/g

การเผาเปลือกหอยที่อุณหภูมิ 850°C จะทำให้องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหอยเปลี่ยนไปดังแสดงในสมการ

$$CaCO_{3(s)} \longrightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

4.2 ผลของเวลาที่ใช้ในการดำเนินการกับความเข้มข้นที่เหลือของโลหะหนัก

จากกราฟรูปที่ 4.1- 4.6 แสดงความสัมพันธ์ที่ใช้ในการดำเนินงานกับความเข้มข้นของโลหะ แคดเมียม, ตะกั่ว, สังกะสี จากกราฟสังเกตได้ว่า ความเข้มข้นจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อจนถึงเวลา 30 นาที และจะค่อย ๆ ลดลงจนคงที่ 120 นาที โดยความเข้มข้นโลหะหนักสังกะสีจะลดลงมากที่สุด รองลงมาจะเป็นแคดเมียมและตะกั่วตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองเรื่องการกำจัดโลหะหนักในน้ำทิ้งโดยใช้เปลือกหอยแครงบด ของมานพ ห่อทอง และคณะ 2545

4.3 ผลของเวลาที่ใช้ในการดำเนินการกับ % Removal ของโลหะหนัก

จากกราฟรูปที่ 4.7 -4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการดำเนินการกับ % Removal ของโลหะ แคดเมียม, ตะกั่ว และสังกะสี จะมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงเวลา 30 นาที และจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนคงที่ ที่เวลา 120 นาที และจากกราฟสังเกตได้ว่าสังกะสี มีค่า % Removal สูงที่สุด รองลงมาจะเป็นแคดเมียมและสังกะสีตามลำดับ โดยเปลือกหอยแครงแบบไม่ปรับสภาพสามารถกำจัดไอออน Cd^{2+} Pb^{2+} และ Zn^{2+} ได้ 82-97 %, 62-79% และ 90-99% ตามลำดับ ส่วนเปลือก

หอยแครงแบบปรับสภาพสามารถกำจัดไอออน Cd^{2+} Pb^{2+} และ Zn^{2+} ได้ 84-99 %, 70-76% และ 91-99% ตามลำดับ

4.4 Langmuir Adsorption Isotherm

ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยแบบจำลองการดูดซับ Langmuir Adsorption Isotherm

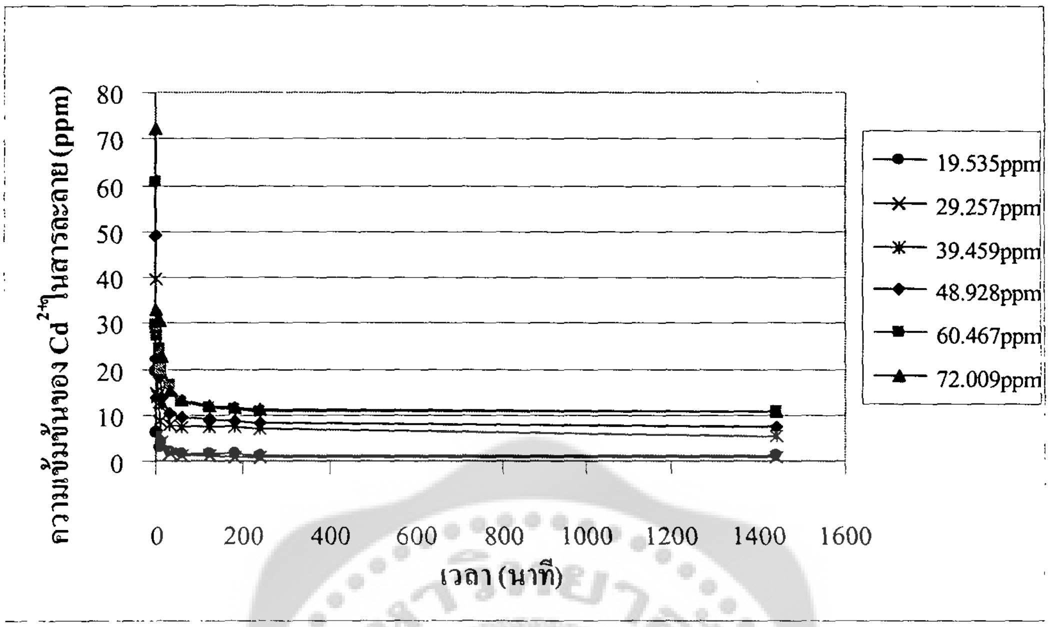
จากกราฟรูปที่ 4.13-4.18 สามารถหาความสามารถในการดูดซับสูงสุดได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่า R-Squared และความสามารถในการดูดซับสูงสุดของเปลือกหอย

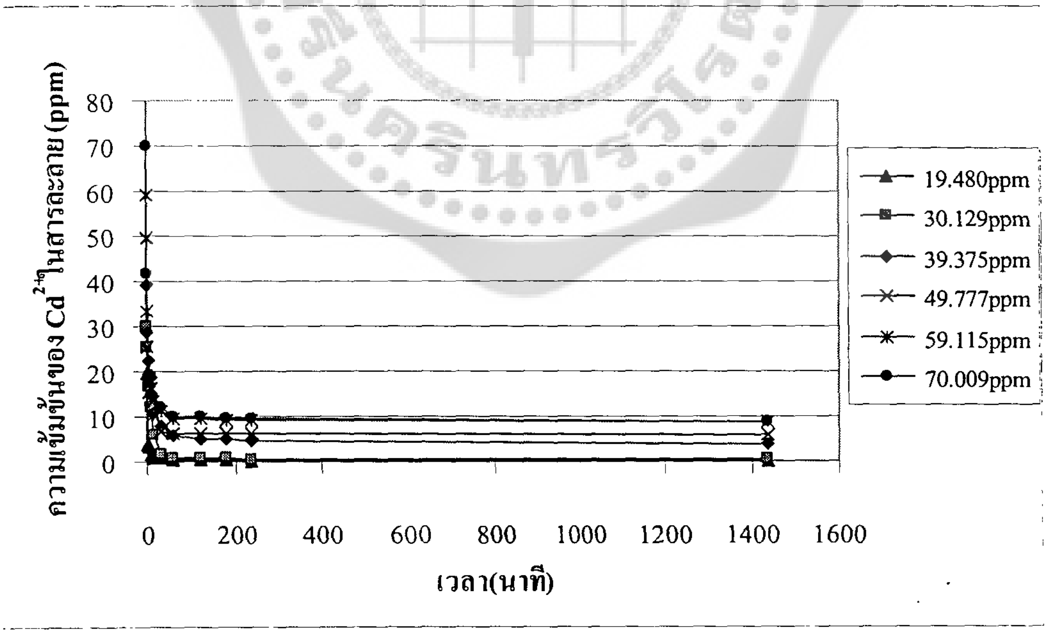
ชนิดโลหะหนัก	ความสามารถในการดูดซับสูงสุด (mg/g)		R^2	
	ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ	ก่อนปรับสภาพ	หลังปรับสภาพ
Cd	666	833	0.8582	0.911
Pb	na	na	0.0481	0.495
Zn	769	1000	0.9671	0.9391

na = ไม่ได้วิเคราะห์ เนื่องจากค่า R^2 มีค่าต่ำ

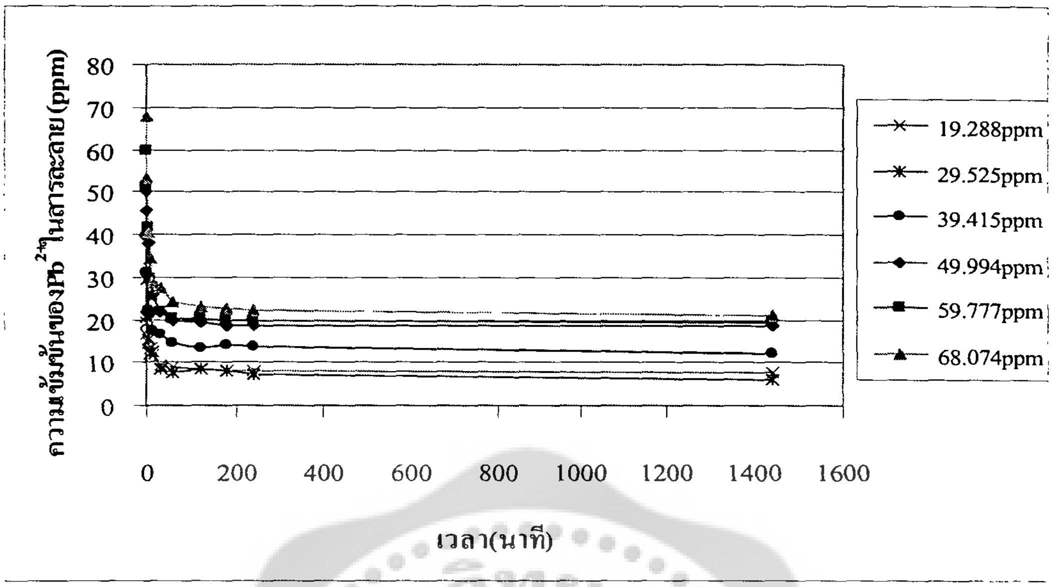
จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการดูดซับสูงสุดของเปลือกหอยแครงก่อนปรับสภาพมีค่าที่ต่ำกว่าหลังเปลือกหอยแครงปรับสภาพ ทั้งนี้อาจเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีที่เปลี่ยนไป จาก $CaCO_{3(s)}$ เป็น $CaO_{(s)}$



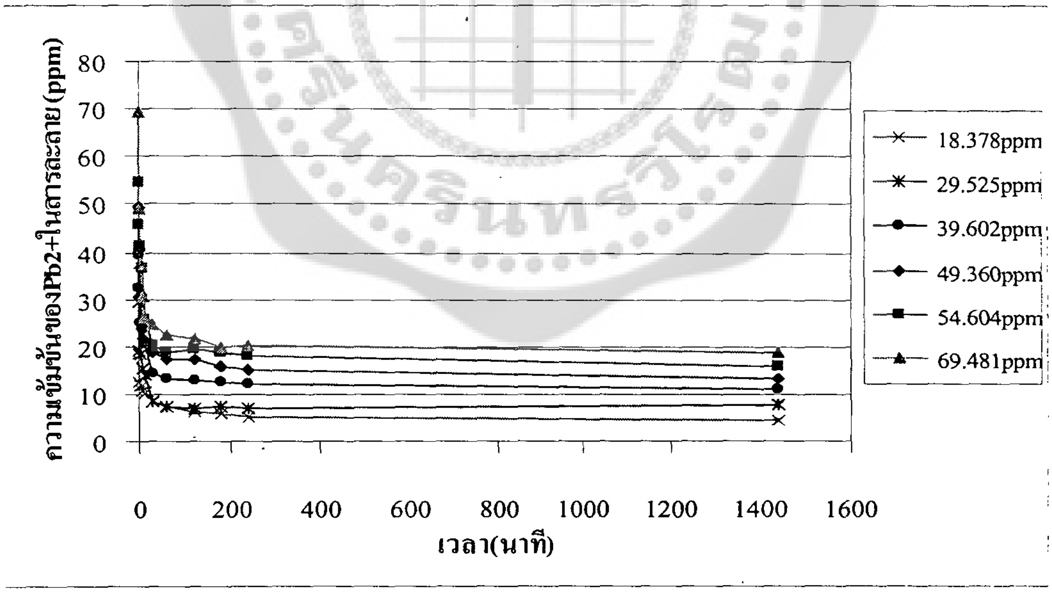
<u>รูปที่ 4.1</u> ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักแคดเมียม(Cd^{2+}) กับเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ 24 ชั่วโมงโดยใช้เปลือกหอยแครงแบบไม่ปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ



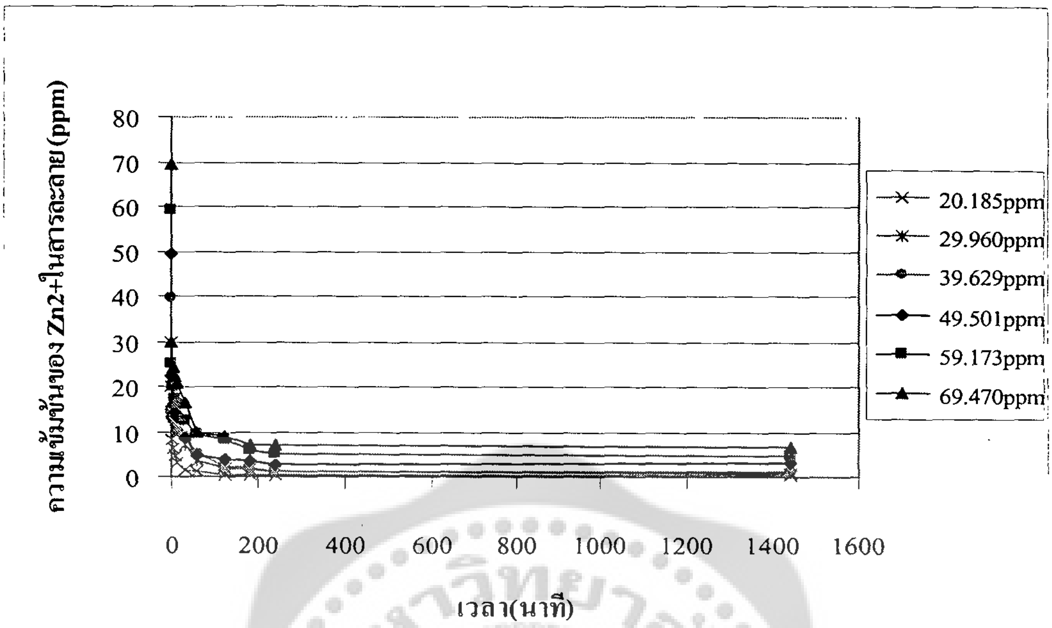
<u>รูปที่ 4.2</u> ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักแคดเมียม(Cd^{2+}) กับเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ 24 ชั่วโมงโดยใช้เปลือกหอยแครงแบบปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ



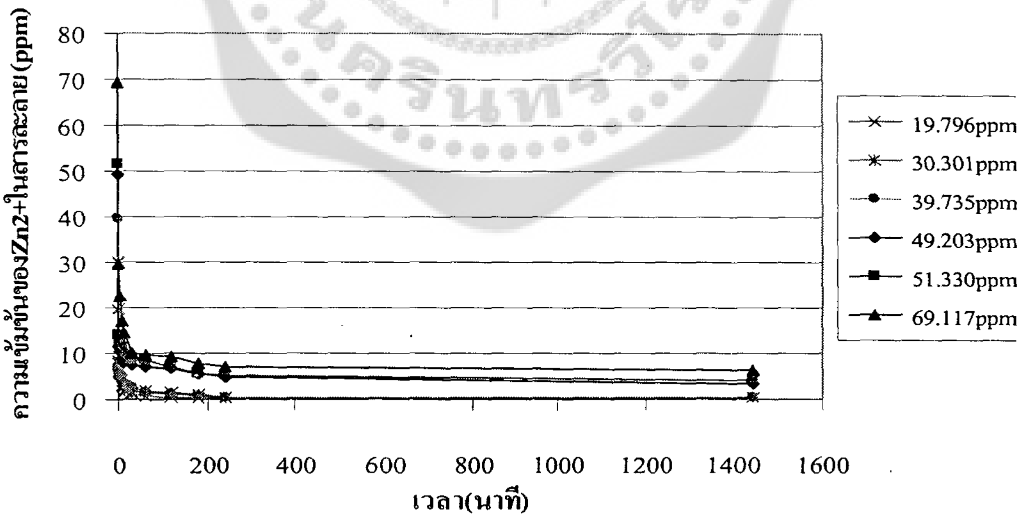
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักตะกั่ว(Pb^{2+}) กับเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ 24 ชั่วโมงโดยใช้เปลือกหอยแครงแบบไม่ปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ



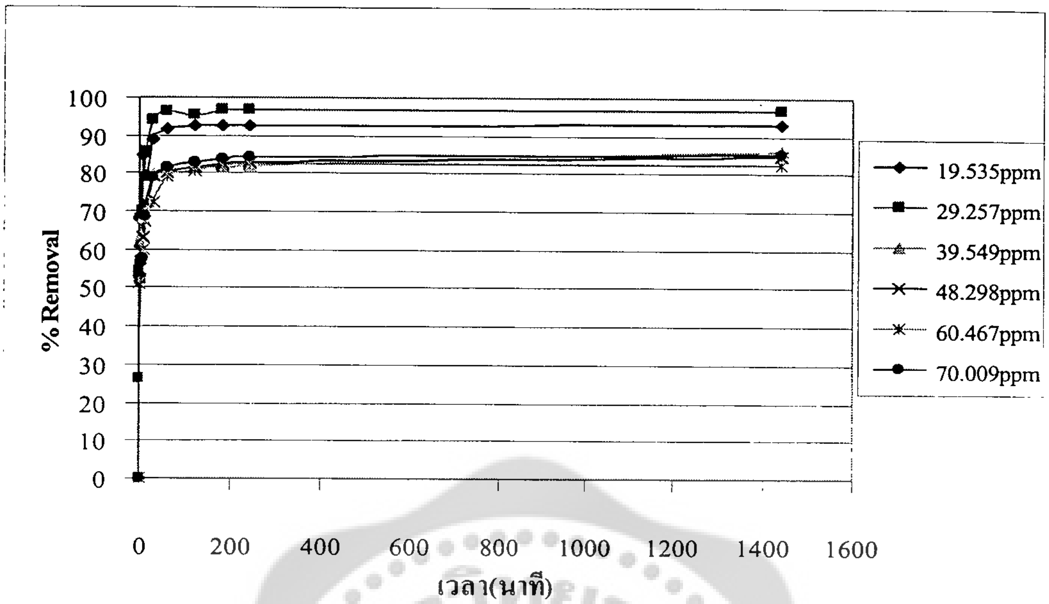
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักตะกั่ว(Pb^{2+}) กับเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ 24 ชั่วโมงโดยใช้เปลือกหอยแครงแบบปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ



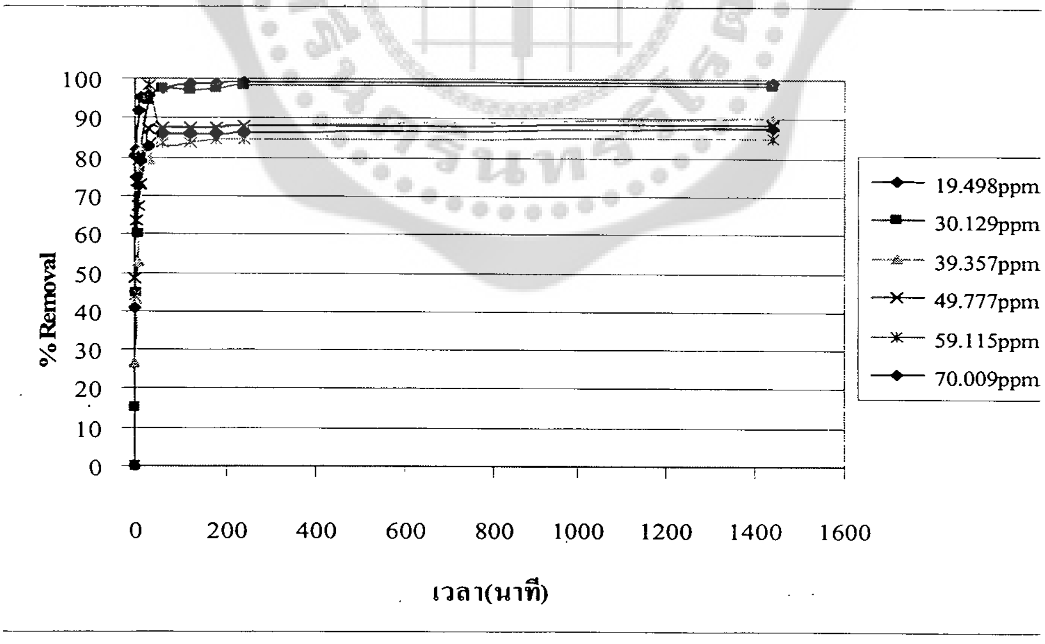
<u>รูปที่ 4.5</u> ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักสังกะสี(Zn^{2+}) กับเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ 24 ชั่วโมงโดยใช้เปลือกหอยแครงแบบไม่ปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ



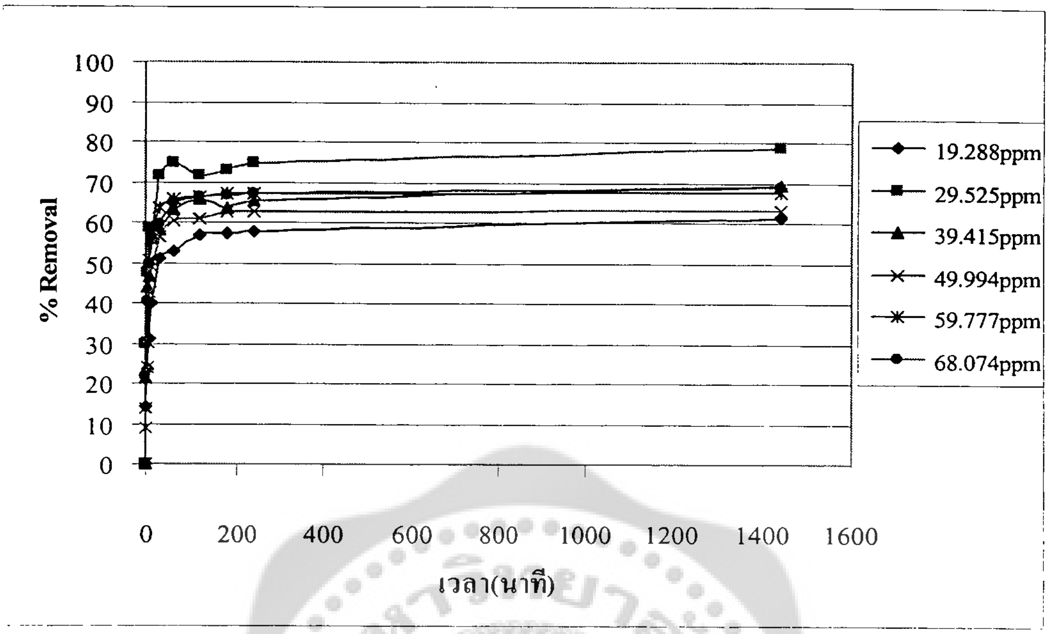
<u>รูปที่ 4.6</u> ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักสังกะสี(Zn^{2+})กับเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ 24 ชั่วโมงโดยใช้เปลือกหอยแครงแบบปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ



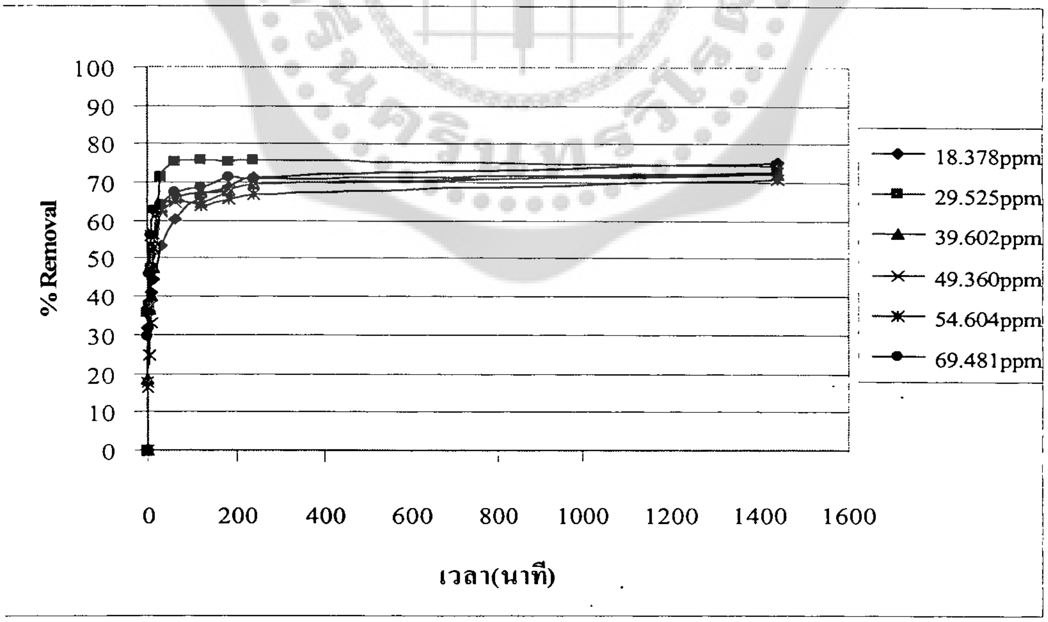
<u>รูปที่ 4.7</u> ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ กับ % Removal ของโลหะหนักแคดเมียม(Cd^{2+})โดยใช้เปลือกหอยแครงแบบไม่ปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ



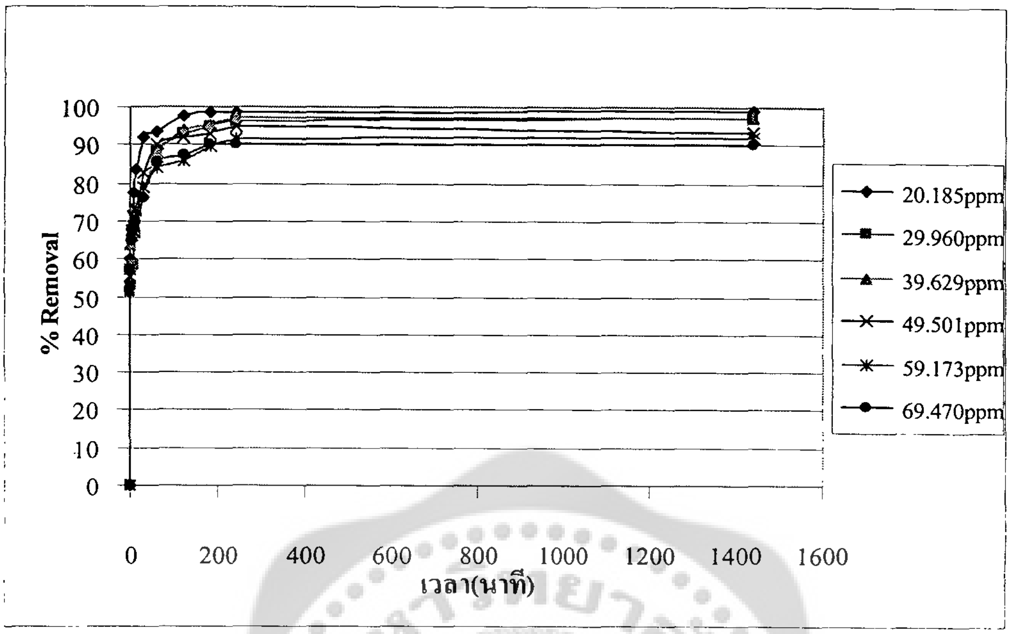
<u>รูปที่ 4.8</u> ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ กับ % Removal ของโลหะหนักแคดเมียม(Cd^{2+})โดยใช้เปลือกหอยแครงแบบปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ



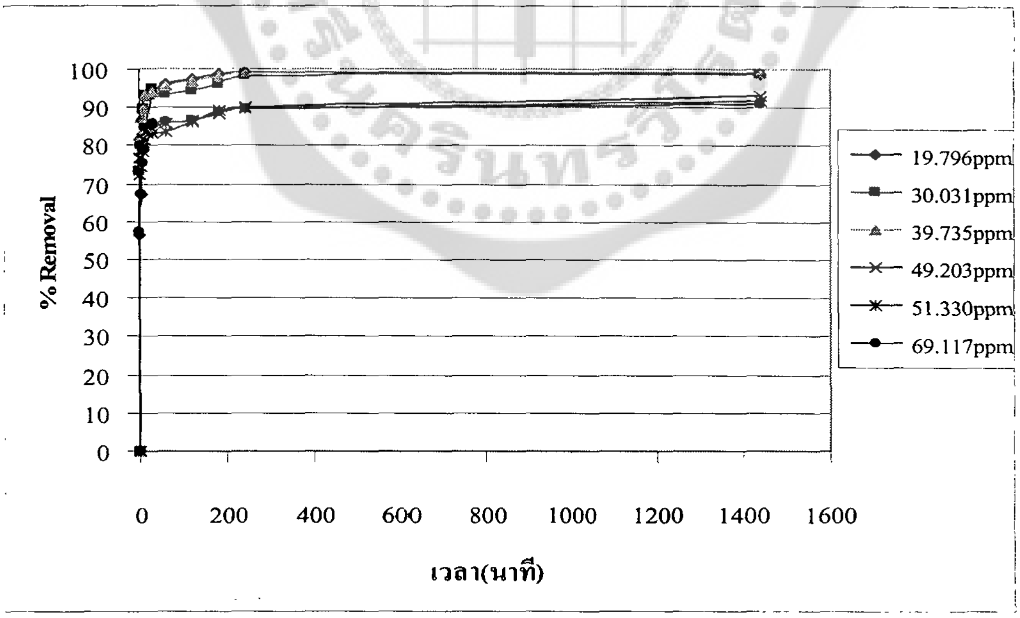
<u>รูปที่ 4.9</u> ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ กับ % Removal ของโลหะหนักตะกั่ว (Pb^{2+})โดยใช้เปลือกหอยแครงแบบไม่ปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ



<u>รูปที่ 4.10</u> ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ กับ % Removal ของโลหะหนักตะกั่ว (Pb^{2+})โดยใช้เปลือกหอยแครงแบบปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ

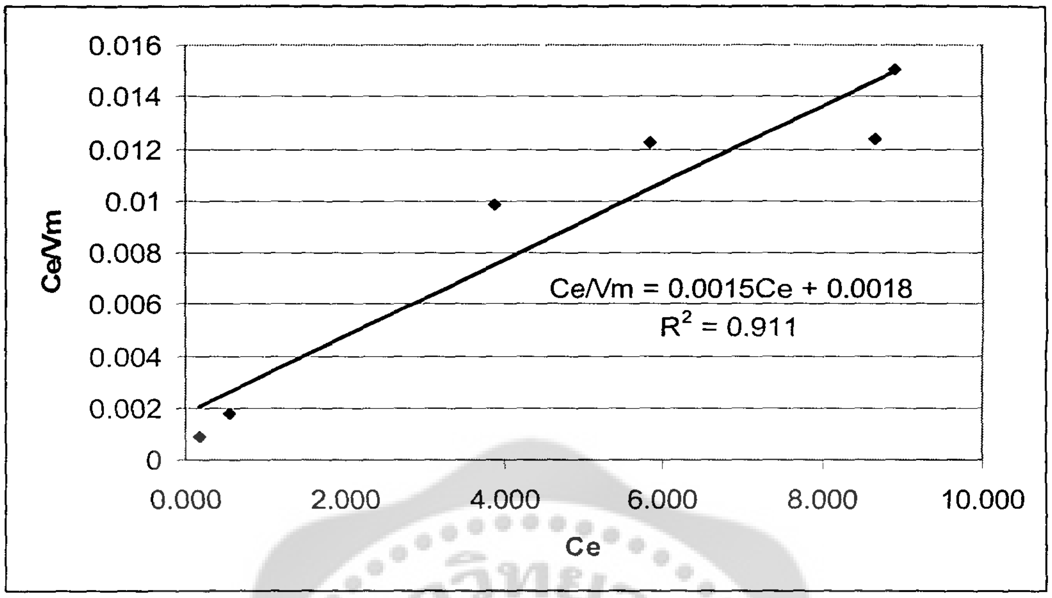


รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ กับ % Removal ของโลหะหนักสังกะสี (Zn^{2+})โดยใช้เปลือกหอยแครงแบบไม่ปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ

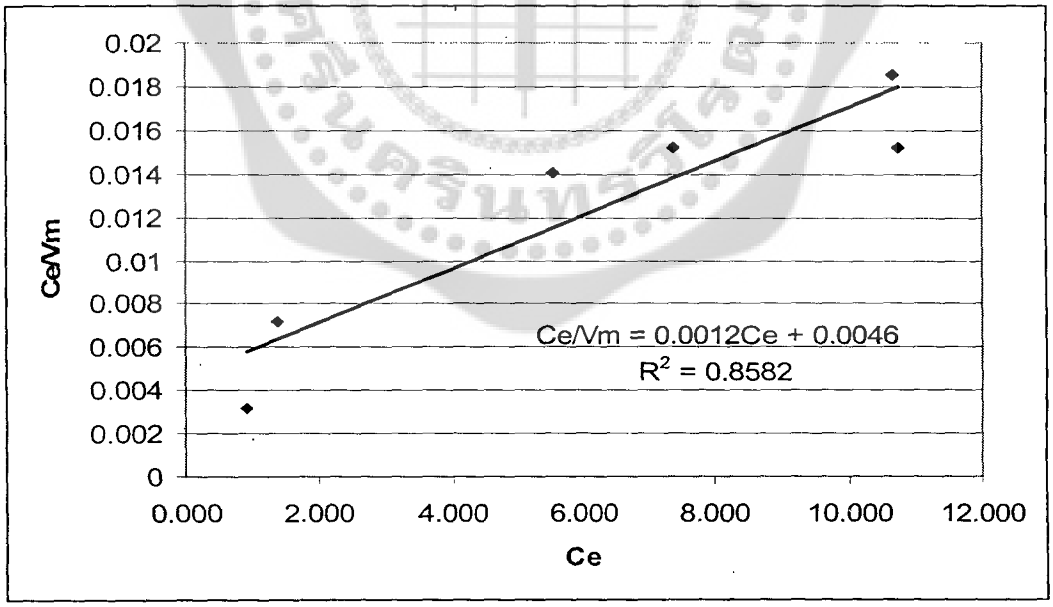


รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ กับ % Removal ของโลหะหนักสังกะสี (Zn^{2+})โดยใช้เปลือกหอยแครงแบบปรับสภาพเป็นตัวดูดซับ

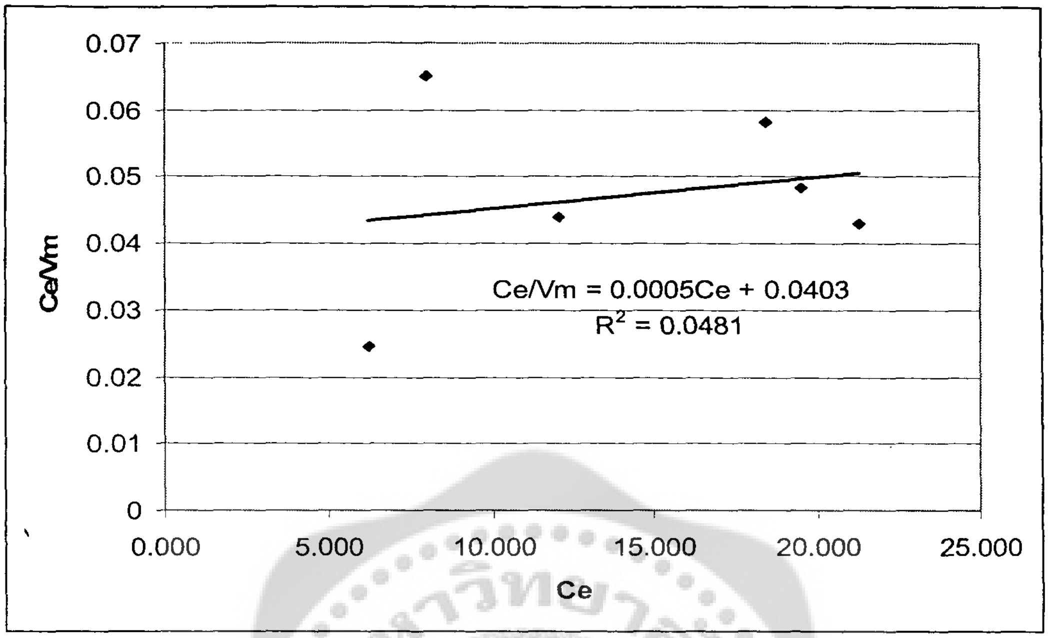
หอสมุด มศว องครักษ์
http://oklib.swu.ac.th
6641000 ต่อ 1250-6



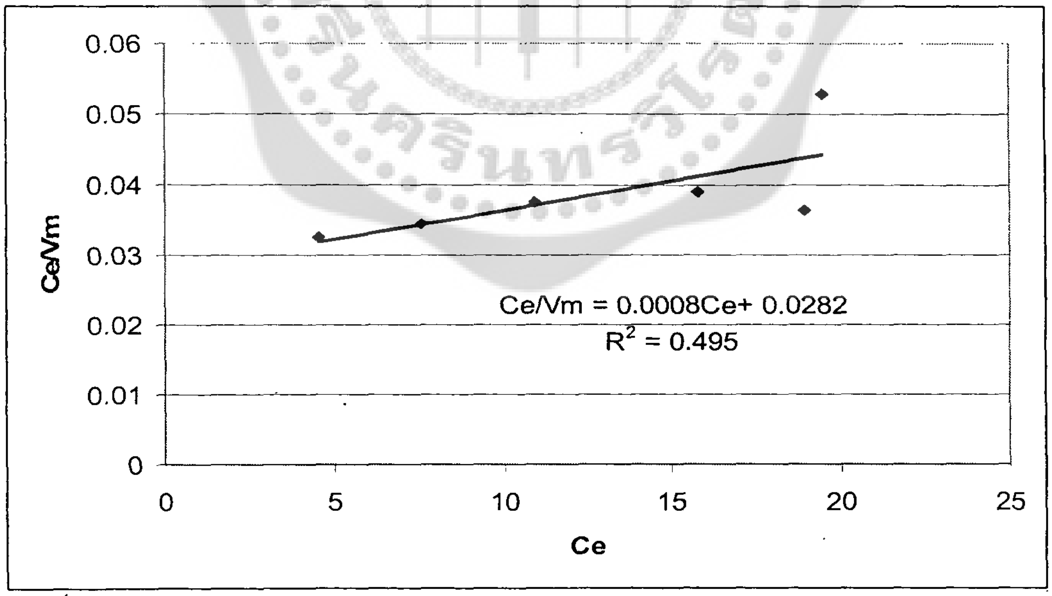
รูปที่4.13 Langmuir Adsorption Isotherm ของโลหะหนักแคดเมียม(Cd^{2+})ปริมาณเปลือกหอยแครง แบบไม่ปรับสภาพ 0.1 กรัม เวลาในการดำเนินการ 24 ชั่วโมง



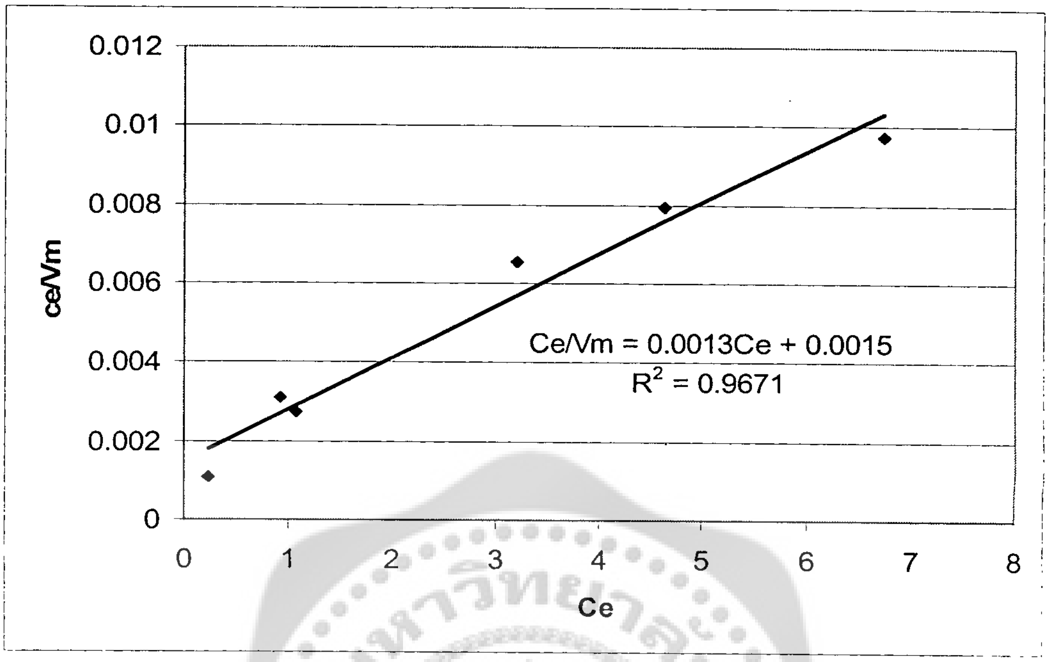
รูปที่4.14 Langmuir Adsorption Isotherm ของโลหะหนักแคดเมียม(Cd^{2+})ปริมาณเปลือกหอยแครง แบบปรับสภาพ 0.1 กรัม เวลาในการดำเนินการ 24 ชั่วโมง



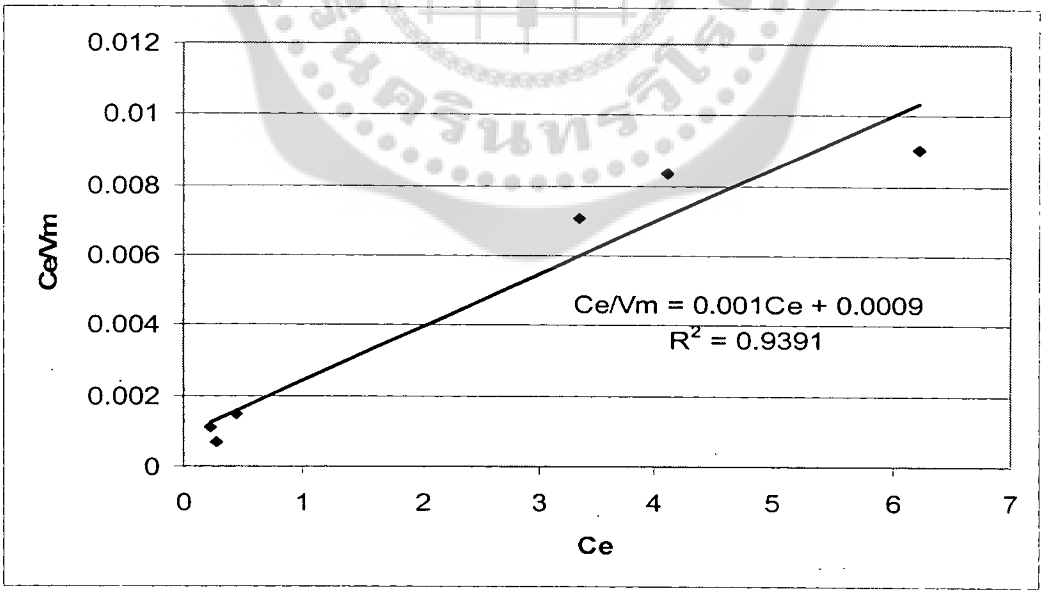
รูปที่4.15 Langmuir Adsorption Isotherm ของโลหะหนักตะกั่ว(Pb^{2+})ปริมาณเปลือกหอยแครงแบบไม่ปรับสภาพ 0.1 กรัม เวลาในการดำเนินการ 24 ชั่วโมง



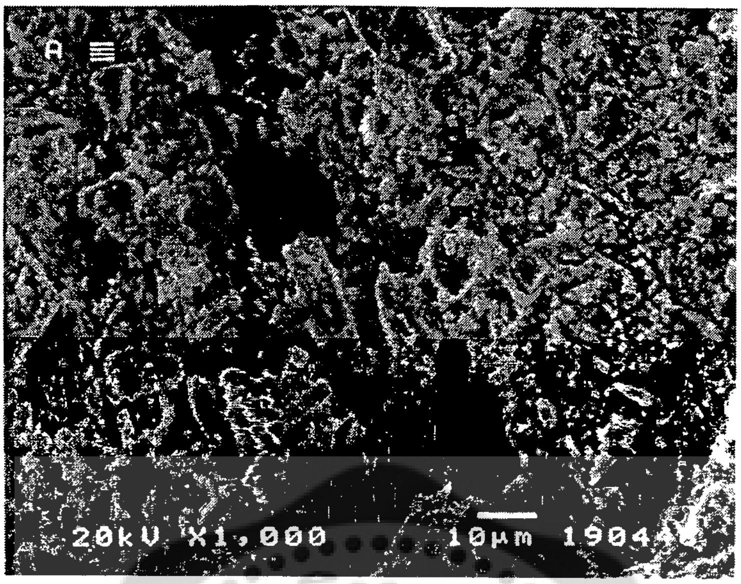
รูปที่4.16 Langmuir Adsorption Isotherm ของโลหะหนักตะกั่ว(Pb^{2+})ปริมาณเปลือกหอยแครงแบบปรับสภาพ 0.1 กรัม เวลาในการดำเนินการ 24 ชั่วโมง



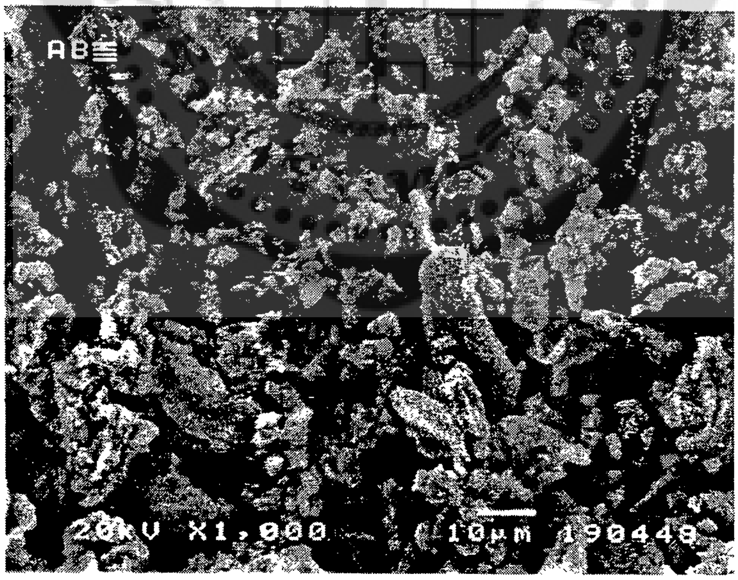
รูปที่4.17 Langmuir Adsorption Isotherm ของโลหะหนักสังกะสี(Zn^{2-})ปริมาณเปลือกหอยแครง แบบไม่ปรับสภาพ 0.1 กรัม เวลาในการดำเนินการ 24 ชั่วโมง



รูปที่4.18 Langmuir Adsorption Isotherm ของโลหะหนักสังกะสี(Zn^{2+})ปริมาณเปลือกหอยแครง แบบปรับสภาพ 0.1 กรัม เวลาในการดำเนินการ 24 ชั่วโมง



รูปที่4.19 เปลือกหอยแครงก่อนปรับสภาพ



รูปที่4.20 เปลือกหอยแครงหลังปรับสภาพด้วยการเผาที่ 850 °C

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลของเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกับความเข้มข้นของโลหะหนัก

จาการศึกษาพบว่า เปลือกหอยแครงสามารถดูดซับสารละลายมาตรฐานโลหะหนัก แคดเมียม สังกะสี ตะกั่ว โดยความเข้มข้นของสารละลายจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 30 นาทีแรก และจะค่อยๆ ลดลงจนเข้าสู่สมดุล ที่เวลา 120 นาที

5.1.2 ผลของเวลาที่ใช้ในการดำเนินการกับ % Removal ของโลหะหนัก

จากการศึกษา % Removal ของสารละลายมาตรฐานโลหะหนัก แคดเมียม ตะกั่ว สังกะสี จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที และจะค่อยๆเพิ่มขึ้น จนคงที่ที่เวลา 120 นาที โดยเปลือกหอยแครงแบบไม่ปรับสภาพสามารถกำจัดไอออน Cd^{2+} Pb^{2+} และ Zn^{2+} ได้ 82-97 %, 62-79% และ 90-99% ตามลำดับ ส่วนเปลือกหอยแครงแบบปรับสภาพสามารถกำจัดไอออน Cd^{2+} Pb^{2+} และ Zn^{2+} ได้ 84-99 %, 70-76% และ 91-99% ตามลำดับ

5.1.3 Langmuir Adsorption Isotherm

แบบจำลองการดูดซับของ Langmuir อธิบายผลการดูดซับได้ดี โดยมีค่าความสามารถในการดูดซับสูงสุด Cd^{2+} และ Zn^{2+} ของเปลือกหอยที่ไม่ปรับปรุงสภาพเท่ากับ 666 และ 769 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนเปลือกหอยที่ปรับปรุงสภาพเป็น 833 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ การที่ความสามารถในการดูดซับสูงสุดของเปลือกหอยแครงก่อนปรับสภาพ มีค่าที่ต่ำกว่าเปลือกหอยแครงปรับสภาพ ทั้งนี้อาจเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีที่เปลี่ยนไป จาก $CaCO_{3(s)}$ เป็น $CaO_{(s)}$

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการศึกษาวิจัยถึงการกำจัดไอออนของโลหะหนักจากน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีไอออนโลหะหนักปนเปื้อนอยู่ เช่น โรงงานผลิตโลหะ โรงงานผลิตสังกะสี ฯลฯ

5.2.3 ควรมีการศึกษาวิจัยถึงการกำจัดไอออนของโลหะหนักด้วยเปลือกหอยแครง ในเครื่องปฏิกรณ์ แบบคอลัมน์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บรรณานุกรม

1. Bailey, S.E., Olin, T.J., Bricka, R.M. and Adrian, D.D., 1999, A review of Potentially low-cost sorbents for heavy metals, *Water Research*, Vol. 33, pp. 2469-2479.
2. Kuh, S.E. and Kim, D.S., 2000, Removal characteristics of cadmium ion by waste egg shell, *Environmental Technology*, Vol. 21, pp. 883-890.
3. Low , K.S., Lee, C.K., Wong, S.Y. and Tang, P.L., 2000, Metal sorption enhancement of rice hull through chemical modification, *Environmental Technology*, Vol. 21, pp. 1239-1244.
4. Cimno, G., Passerini, A. and Toscano, G., 2000, Removal of toxic cations and Cr(VI) from aqueous solution by hazelnut shell, *Water Research*, Vol. 34, pp. 2955-2962.
5. Chu, K.H. and Hashim, M.A., 2002, Adsorption and desorption characteristics of zinc on ash particle derived from oil palm waste, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, Vol. 77, pp. 685-693.
6. Juang, R.S. and Shao, H.J., 2002, A simplified equilibrium model for sorption of heavy metal ions from aqueous solution on chitosan, *Water Research*, Vol. 36, pp. 2999-3008.
7. Reddad, Z., Gerente, C., Andres,Y. and Cloirec, P.L., 2002, Adsorption of several metal ions onto a low-cost biosorption : kinetic and equilibrium studies, *Environmental Science and Technology*, Vol. 36, pp. 2069-2073.
8. วิโรจน์ บุญอำนวยวิทยา และ ธีรวิทย์ ทับทอง, 2540, “การดูดซับโลหะหนักโดยวัสดุชีวมวลเหลือทิ้ง” เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 13-20.
9. Jung, J.H., Shon, B.H., Yoo, K.S. and Oh, K.J., 2000, Physicochemical characteristics of waste sea shells for acid gas cleaning absorbent, *Korea Journal Chemical Engineering*, Vol. 17, pp. 585-592.
10. Volesky, B. and Holan, Z.R., 1995, Biosorption of heavy metals, *Biotechnology Progress*. Vol. 11, pp. 235-250.
11. Smith, L.A., Alleman, B.C. and Copley-Graves, L., 1994, “Biological Treatment Option” in Emerging Technology for Bioremediation of Metal, Edited by Means, J.L. and Hinchee, R.E., Tokyo, Lewis, pp. 1-89.

12. Petrucci, R.H., Harwood, W.S. and Herring, F.G., 2002, General Chemistry : Principles and modern applications, Eighth Edition, Prentice Hall, New Jersey, pp. A26.
13. ประสิทธิ์ แผ้วบาง และ อรไท สุขเจริญ, 2541, "เปรียบเทียบการดูดซับตะกั่ว(2+) โดยใช้เปลือกไข่และเกล็ดปลา," วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 7 ฉบับที่ 2,หน้า 51-57.
14. มานพ ห่อทอง, จรุณี เศรษฐานาม. พรพงษ์ แผ้วพลสง, สุภาภรณ์ ดั๊กกลาส, สุวัสสา พงษ์อำไพ, ละเอียด เพ็งโสภา และ สุภาณี เลิศไตรรักษ์, 2545, "การกำจัดโลหะหนักในน้ำทิ้งโดยใช้เปลือกหอยแครงบด," มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล

ชื่อ (ภาษาไทย) นายชยาภาส ทับทอง

ชื่อ (ภาษาอังกฤษ) Mr.CHAYAPHAS THABTHONG

วัน เดือน ปีเกิด 5 ธันวาคม 2513

ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ระดับ 4 สังกัดภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ที่อยู่ที่ติดต่อได้

นายชยาภาส ทับทอง

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ถนน รังสิต-นครนายก อำเภอ องครักษ์ จังหวัด นครนายก 26120

โทรศัพท์ 0-2664-1000 ต่อ 2069, 2076 โทรศัพท์เคลื่อนที่ 0-9694-5661

โทรสาร 0-3732-2608 e-mail address : thabthong_c@yahoo.com

ประวัติการศึกษา

ปริญญาโท วศ.ม.(วิศวกรรมเคมี) ปี พ.ศ. 2542 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปริญญาตรี วท.บ.(เทคโนโลยีชีวภาพ) ปี พ.ศ. 2537 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2542-ปัจจุบัน	อาจารย์ระดับ 4	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2542	อาจารย์พิเศษ	มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา
พ.ศ. 2537	ผู้ควบคุมระบบน้ำ และไอน้ำ	บ.ไฮคิวผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด

งานวิจัย

	ตำแหน่ง	ชื่อโครงการวิจัย	แหล่งทุน	ระยะเวลาที่ทำวิจัย
1	หัวหน้าโครงการ	กระดาษจากต้นทานตะวัน	เครือข่ายการวิจัยภาคกลางตอนบน ปีงบประมาณ 2548	เม.ย. 2548 – มี.ค. 2549
2	หัวหน้าโครงการ	การกำจัดไอออนโลหะหนักจากน้ำเสียด้วยเปลือกหอย	งบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2548	ต.ค. 2547 - ก.ย. 2548
3	ผู้ช่วยหัวหน้าโครงการ	การพัฒนาปุ๋ยหมักชีวภาพด้วยสมุนไพร	เครือข่ายการวิจัยภาคกลางตอนบน ปีงบประมาณ 2547	มิ.ย. 2547 – มี.ค. 2548

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์/เผยแพร่

- บทความวิจัย วารสารระดับประเทศ

	คณะผู้วิจัย	เรื่อง	วารสาร	ปี
1	Nitisinprasert, S., Buajum, T., Saeloa., **Tabtong, T.**, Chatthong, R. And Jareerat, A.	Screening of lactic acid bacteria local strains as bio catalysts for fermentation.	The Journal of Science Khonkaen University. 28, p.31-43	2000

- บทความวิจัย การประชุมวิชาการระดับประเทศ

	คณะผู้วิจัย	เรื่อง	การประชุมวิชาการ	ปี
1	**ชยาภาส ทับทอง**, รมณีย์ หวังคีธรรม, ชมพูนุช ชุ่มเกษร, บุรินทร์ หทัยเกียรติกุล และณรงค์วิทย์ นันทวนิช,	กระดาษจากต้นกล้วย	การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14	พ.ศ. 2547
2	**ธีรวิทย์ ทับทอง**, มีชัย มีคา และวิโรจน์ บุญอำนวยวิทยา	การตรึงกากตะกอนเร่งด้วยพอลิเมอร์เพื่อดูดซับโลหะหนักในน้ำเสีย	การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8	พ.ศ. 2541
3	วิโรจน์ บุญอำนวยวิทยา และ**ธีรวิทย์ ทับทอง**	การดูดซับโลหะหนักโดยกากวัสดุชีวมวลเหลือทิ้ง	การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7	พ.ศ. 2540
4	Nitisinprasert, S., **Tabtong, T.**, Saeloa, S., Turongpun, W. and Jareerat, A.	Selection of lactic acid bacteria strains for silage-making improvement.	Biotechnology with Biodiversity.	1994

- บทความวิชาการ ระดับประเทศ

	ผู้เขียน	เรื่อง	การประชุมวิชาการ	ปี พ.ศ.
1	**ชยาภาส ทับทอง**	โปรไบโอติกในโยเกิร์ต	หนังสือ 12 ปี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	2547

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อผู้วิจัย **นางสาวสินศุภา จุ้ยจุลเจิม**

Sinsupha CHUICHULCHERM

สถานที่ทำงาน ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ถ.รังสิต นครนายก อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120

Email: sinsupha@swu.ac.th

โทรศัพท์ : 66-2-6641000 ext 2077

โทรสาร : 66-37-322608

ประวัติการศึกษา

1988: B.Sc. (Biotechnology), Kasetsart University, Bangkok, Thailand

1995: M.Eng, (Chemical Engineering), Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

2001: Ph.D. (Chemical Engineering), Imperial College of Science, Technology and Medicine. University of London, United Kingdom

ประวัติการทำงาน

1988-1989: Quality assurance advisor, Siam preserve foods Ltd., Rachaburi, Thailand

1994-1997: Project manager of water supplying system, Bann nai suan Ltd. Surat thani, Thailand

1996: Lecturer, Department of Chemical Engineering, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

2001-present: Lecturer, Department of Chemical Engineering, Srinakharinwirot University, Ongkharak, Nakornnayok, Thailand

งานวิจัยที่สนใจ

Biological System: Fluidized bed fermentation, Anaerobic bioreactor

Environment and Energy: Metal ion removal, Wastewater treatment, Biofuel

Industrial Application: Hot air dryer with solar energy, Solvent extraction

ประวัติการรับทุน

2002

1. Design and development of hot air dryer with solar energy, Srinakharinwirot University, October 2002-September 2003.

Publications

Books

1. Chuichulcherm S.(1995), การระเหยน้ำในคอลัมน์ทรายผสมโพลิเมอร์, Masters' Degree Thesis, Chulalongkorn University, Thailand
2. Chuichulcherm S. (2001), Configurations and operations of metal-containing wastewater system using sulphate-reducing bacteria, Ph.D. thesis, Imperial College of Science,Technology and Medicine, University of London, United Kingdom

Journal Articles

1. **Chuichulcherm S.**, Nagpal S., Peeva L., and Livingston A., 2001, Treatment of metal-containing wastewaters with a novel extractive membrane reactor using sulfate-reducing bacteria. *J Chem Technol Biotechnol*, 76 p 61-68
2. Nagpal S., **Chuichulcherm S.**, Livingston A. and Peeva L., 2000, Ethanol utilization by sulfate-reducing bacteria: an experimental and modeling study, *Biotechnology and Bioengineering*, 70(5), p 532-543
3. Nagpal S., **Chuichulcherm S.**, Peeva L., and Livingston A., 2000, Microbial sulfate reduction in a liquid-solid fluidized bed reactor, *Biotecnology and Bioengineering*, 70(4), p 370-380

Conference Proceedings

1. **Chuichulcherm S.**, Peeva L., and Livingston A., 2002, An integrated system for the biodegradation of wastewater containing xenobiotics and toxic metals, Proceeding of Sixth international ISEB symposium on environmental biotechnology, June Veracruz, Mexico,
2. **Chuichulcherm S.**, Peeva L., and Livingston A., 2001,Removal of phenol from acidic wastewater using acidophilic heterotrophic bacteria, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11, 9-10 พฤศจิกายน 2544, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา
3. **Chuichulcherm S.**, Peeva L., and Livingston A., 2000, Metal removal from acidic wastewater using alkali sulfate-reducing bacteria, proceeding of the Fifth international symposium on environmental biotechnology, July 9-13, 2000, Kyoto, Japan. p 356-359.
4. **Chuichulcherm S.** and Arthayukti W., 1996, Water evaporation in a sand mixed with water-absorbing polymers, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมเคมีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6, 24-25 ตุลาคม 2539, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ

Current research topic

1. Butanol separation from a model fermentation broth
2. Ethanol fermentation using fluidised bed bioreactor
3. Herbal extraction using R134a