อภิชาติ พานิชกุล : การดูดซับโลหะทองแดงและสังกะสีในสารละลายน้ำด้วย *Rhodopseudomonas boonkerdii* sp. nov. strain NS20 และ *Bradyrhizobium* sp. strain DOA9 (BIOSORPTION OF COPPER AND ZINC IN AQUEOUS SOLUTIONS BY *RHODOPSEUDOMONAS BOONKERDII* SP. NOV. STRAIN NS20 AND *BRADYRHIZOBIUM* SP. STRAIN DOA9) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษณีย์ กิตกำธร, 208 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการดูดซับไอออนโลหะทองแดง และสังกะสีที่ละลายในสารละลายของเหลว ด้วยแบคทีเรียสองสายพันธุ์ที่ทนต่อความเข้มข้นของโลหะหนักได้สูง ได้แก่ *Rhodopseudomonas boonkerdii* sp. สายพันธุ์ NS20 และ *Bradyrhizobium* sp. สายพันธุ์ DOA9 ซึ่งถูกใช้เป็นวัสดุดูดซับโลหะหนักทั้งในรูปของเซลล์มีชีวิต และเซลล์ตาย การทดสอบด้วยเซลล์มีชีวิตนั้น ได้ศึกษาอัตราการเจริญ และจำนวนประชากรของเซลล์ภายใต้สารละลายที่มีความเข้มข้นของสารประกอบโลหะ $CuSO_4.5H_2O$ และ $ZnSO_4.7H_2O$ เท่ากับ 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร กระบวนการดูดซับทำโดยการใส่เซลล์แบคทีเรียปริมาตร 1 5 และ 10% ลงในสารละลายโลหะหนักปริมาตร 10 มิลลิลิตร และวัดปริมาณการดูดซับในช่วงเวลา 48-144 ชั่วโมง ปริมาณของโลหะหนักในสารละลายของเหลวทั้งก่อนและหลังการดูดซับ ถูกวัดด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียทั้งสองสายพันธุ์สามารถเจริญได้ในสารละลายที่มีความเข้มข้นของสารประกอบโลหะทองแดงและสังกะสีเท่ากับ 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่มีอัตราการเจริญช้าลงเมื่อความเข้มข้นของโลหะหนักสูงขึ้น การใช้เซลล์มีชีวิตเป็นวัสดุดูดซับให้ผลการดูดซับสูงสุดในระบบที่ใส่เซลล์เริ่มต้น 10% ลงในสารละลายที่มีความเข้มข้นของสารประกอบโลหะ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร และเข้าสู่สมดุลการดูดซับนานกว่า 48 ชั่วโมง กระบวนการที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือการดูดซับโลหะสังกะสีด้วย *R. boonkerdii* sp. สายพันธ์ NS20 โดยสามารถลดความเข้มข้นของสังกะสีได้ประมาณ 50% ที่เวลาการดูดซับ 144 ชั่วโมง ส่วนการดูดซับด้วยเซลล์ตายทำโดยการใช้เซลล์แห้งในสัดส่วน 2 และ 4 กรัมต่อลิตร ใส่ในสารละลายโลหะหนักที่มีความเข้มข้นของสารประกอบโลหะในช่วง 80-500 มิลลิกรัมต่อลิตร และควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายเท่ากับ 4 5.5 และ 7 ใช้เวลาในการดูดซับนาน 5-1,440 นาที การใช้เซลล์ตายเป็นวัสดุดูดซับให้ประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุดเมื่อใช้เซลล์เริ่มต้น 2 กรัมต่อลิตร ในสารละลายที่มีความเข้มข้นของสารประกอบโลหะ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 การดูดซับโลหะหนักด้วยเซลล์ตายเข้าสู่สมดุลที่เวลาประมาณ 30 นาที ความสามารถในการกำจัดโลหะมากที่สุดพบในกรณีของการดูดซับโลหะทองแดงด้วย *R. boonkerdii* sp. สายพันธ์ NS20 โดยสามารถลดความเข้มข้นของทองแดงได้ประมาณ 80% ที่เวลาการดูดซับ 24 ชั่วโมง การดูดซับด้วยเซลล์ตายเป็นไป

ตามแบบจำลองสมดุลการดูดซับของฟรุนด์ลิช และสมการอัตราอันดับสอง กระบวนการดูดซับเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน เอนโทรปีมาตรฐานมีค่าเป็นบวกในการดูดซับโลหะทองแดง และพลังงานอิสระมาตรฐานก็บมีค่าเป็นลบเฉพาะในการดูดซับโลหะทองแดงด้วย *R. boonkerdii* sp. สายพันธ์ NS20 แบคทีเรียทั้งสองสายพันธ์มีความสามารถในการดูดซับโลหะสังกะสีลดลงเมื่อได้ทดสอบในน้ำเสียอุตสาหกรรม เนื่องจากอิทธิพลของไอออนโลหะที่มีมากกว่าหนึ่งชนิด และค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำ ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันทางเคมีของวัสดุดูดซับ พบว่า ประกอบด้วยหมู่ เอมีน เอไมด์ คาร์บอกซีล ไฮดรอกซีล และฟอสเฟต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมโลหการ ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2556 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

APICHART PANITCHAGUL : BIOSORPTION OF COPPER AND ZINC IN AQUEOUS SOLUTIONS BY *RHODOPSEUDOMONAS BOONKERDII* SP. NOV. STRAIN NS20 AND *BRADYRHIZOBIUM* SP. STRAIN DOA9. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. USANEE KITKAMTHORN, Ph.D., 208 PP.

ADSORPTION/BIOSORBENT/ADSORPTION ISOTHERM/UPTAKE KINETIC

This research was carried out in order to assess the heavy metals (Zn and Cu) removal by *Rhodopseudomonas boonkerdii* sp. strain NS20 and *Bradyrhizobium* sp. strain DOA9. Both bacterial strains were proved as heavy metal tolerant. The experiments were divided into the adsorptions by living and by dead cells. Growth rates and populations of the two strains in aqueous solutions containing 250 and 500 $mg \cdot L^{-1}$ of each $CuSO_4.5H_2O$ and $ZnSO_4.7H_2O$ were investigated. Bacterial inocula obtained from 5 days cultivation (early of stationary phase) at 1, 5 and 10% (vol/vol) were inoculated into the 10 mL of heavy metals containing media. The heavy metal sorption times were evaluated at 48 to 144 hours. The heavy metal concentrations in the supernatant were determined using atomic absorption spectrometer. It was found that both strains can grow in aqueous solutions containing 250 and 500 $mg \cdot L^{-1}$ of each metal compounds. Growth rate and population of bacteria decreased with an increase of heavy metal concentration. The highest heavy metal removal efficiency by living cells was found when 10% (vol/vol) of fresh bacteria were inoculated into the aqueous solution containing 250 $mg \cdot L^{-1}$ of heavy metal compounds. The sorption took place and reached equilibrium over 48 hours. The highest efficiency of sorption

process was found in zinc uptake by *R. boonkerdii* sp. strain NS20. Zinc was removed by about 50% within 144 hours. In case of adsorption by dead cells, 2 and 4 $g \cdot L^{-1}$ of each bacterial dried biomass were inoculated into the heavy metal solutions containing 80-500 $mg \cdot L^{-1}$ of each $CuSO_4.5H_2O$ and $ZnSO_4.7H_2O$. Solution pH was adjusted to 4, 5.5 and 7. The sorption times were 5 to 1,440 minutes. It was found that 2 $g \cdot L^{-1}$ of biomass exhibited higher heavy metal removal efficiency than 4 $g \cdot L^{-1}$ of biomass. Dried biomass showed the highest metal uptake when used as biosorbent in the treatment of 500 $mg \cdot L^{-1}$ of metal compound solutions. The sorption equilibrium was reached within 30 minutes. The highest metal removal efficiency was found in copper uptake by *R. boonkerdii sp.* strain NS20. The copper concentration in the solution was decreased by about 80% within 24 hours. The adsorption by dead cells followed Freundlich adsorption isotherm and the uptake kinetic was well described by pseudo-second order model. The adsorption process was found to be endothermic. Positive values of standard entropy changes were found in copper uptake. The sorption was considered to be spontaneous process only in the case of copper removal by *R. boonkerdii* sp. strain NS20. Heavy metal removal efficiencies by the both bacterial strains became lower when used with industrial waste water treatment. This was due to the presence of two-ions species in the water. In order to determine the possible active site in the bacterial biomass, FT-IR analysis was carried out. The result indicated that amine, amide, carboxyl, hydroxyl and phosphate were the important functional groups involving in the cell-metal ion interaction.

School of Metallurgical Engineering Student's Signature_____

Academic Year 2013 Advisor's Signature_____

Co-advisor's Signature_____