## บทคัดย่อภาษาไทย

นอกจากการสังเคราะห์อนุภาคนาโนแม่เหล็กด้วยวิธีทางเคมีและกายภาพแล้ว การสังเคราะห์อนุภาค นาโนแม่เหล็กด้วยวิธีทางชีวภาพโดยอาศัยเซลล์สิ่งมีชีวิตเป็นอีกวิธีหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจในการ ศึกษาวิจัย ทั้งนี้เซลล์แบคทีเรียบางชนิดสามารถนำอิออนของเหล็กจากสิ่งแวดล้อมมาเปลี่ยนเป็นอนุภาคนาโน แม่เหล็กภายในเซลล์หรือภายนอกเซลล์ได้ แต่ไม่มีการศึกษาดังกล่าวในประเทศไทย ดังนั้นในงานวิจัยนี้มี จุดมุ่งหมายเพื่อคัดเลือก ศึกษาลักษณะ และจำแนกชนิดของแบคทีเรียที่สามารถผลิตอนุภาคนาโนแม่เหล็ก ซึ่ง แยกได้จากน้ำเสียที่ปนเปื้อนเหล็กในประเทศไทย ตลอดจนศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญและการผลิต อนุภาคนาโนแม่เหล็กของแบคทีเรียเหล่านี้ ในงานวิจัยนี้สามารถแยกแบคทีเรียได้ 6 ไอโซเลทได้แก่ HER I HER\_II KPI\_I L3\_5 SRL\_I และ TSB\_II ซึ่งสามารถระบุว่าเป็นแบคทีเรียที่ผลิตอนุภาคนาโนแม่เหล็ก (magnetic producing bacteria) โดยมีพฤติกรรมกา<mark>รต</mark>อบสนองต่อสนามแม่เหล็กแบบอ่อน และมีโครงสร้าง ของแมกนีโตโซม (magnetosomes) บรรจุอนุภาคออกไซด์ของเหล็กในรูปแมกนีไทท์ (magnetite, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) ภายในเซลล์ ซึ่งวิเคราะห์จากภาพกล้องจุลทร<mark>รศ</mark>น์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่าน (Transmission Electron Microscope, TEM) การวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิค TEM-energy dispersive X-ray spectroscopy และการ วิเคราะห์การเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนแ<mark>บบ</mark>เลือกพื้น<mark>ที่ด้</mark>วยเทคนิค TEM-selected area electron diffraction นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ท<mark>างชี</mark>วเคมีพบว่าแบคทีเรียที่แยกได้จัดเป็นพวกไมโครแอโรฟิลิกและ แอนแอโรบิก ทั้งนี้จากลำดับเบสของ 16S rRNA สามารถจำแนก<mark>แบ</mark>คทีเรียดังกล่าวได้ในระดับสกุล (genus) จากแบคทีเรีย 6 ไอโซเลทนี้ได้คัดเลือก Acinetobacter sp. สายพันธุ์ HER\_I เพื่อใช้ในการศึกษาสภาวะที่ เหมาะสมต่อการเจริญและการผลิตออกไซด์ของเหล็ก ซึ่งผลการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญ ของแบคทีเรียชนิดนี้ คือการเลี้ยง<mark>ในอาหารชนิด Modified magnetotactic</mark> bacteria (MTB) ที่มีกรดแอซีติก ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ พีเอ<mark>ช 6.9 และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แ</mark>ต่สภาวะดังกล่าวไม่ส่งเสริมการ สังเคราะห์อนุภาคนาโน  $Fe_3O_4$  ทั้งนี้ก<mark>ารสังเคราะห์อนุภาคนาโน  $Fe_3O_4$  พบเฉพาะการเลี้ยงในอาหารชนิด</mark> Modified MTB ที่ไม่มีกรดแอซีติก จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค X-ray Absorption Near Edge Structure ที่ใช้แหล่งกำเนิดพลังงานจากแสงซินโครตรอน พบว่าปริมาณของอนุภาคนาโน  ${\sf Fe_3O_4}$  ที่แบคทีเรียสังเคราะห์ ได้เพิ่มขึ้นตามการเจริญของแบคทีเรียจากระยะเพิ่มจำนวนตอนต้น (early log phase) ไปยังระยะเพิ่มจำนวน ตอนปลาย (late log phase) ทั้งนี้พบว่าแบคทีเรีย Acinetobacter sp. ไอโซเลท HER I สามารถเจริญใน อาหาร Modified MTB ที่มีความเข้มข้นของเหล็กอิออนได้สูงถึง 160 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังมี ความสามารถในการนำอิออน ของเหล็กเข้าเซลล์สูงกว่าแบคทีเรีย Escherichia coli และ Staphylococcus aureus อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ความสามารถในการดูดซับอิออนของเหล็กมีความใกล้เคียงกับ E. coli แต่ สูงกว่า S. aureus อย่างมีนัยสำคัญ ผลจากการศึกษานี้แสดงถึงการคัดแยกแบคทีเรีย Acinetobacter sp. ไอ โซเลท HER\_I ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ผลิตอนุภาคนาโนแม่เหล็กชนิดในประเทศไทย ซึ่งน่าจะเป็นแบคทีเรียที่มี ศักยภาพสำหรับการผลิตอนุภาคนาโนแม่เหล็ก และการชีวบำบัดน้ำที่มีเหล็กปนเปื้อนในปริมาณสูง

## บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

In addition to the syntheses of magnetic nanoparticles (MNPs) via chemical and physical approaches, a biosynthesis of MNPs via living cells has gained many research interests. Some bacterial cells were reported to uptake iron ions from an environment and transformed them to MNPs inside or outside the cells. Nevertheless, there is still no study of these bacteria in Thailand. Thus, this research aimed to screen, characterize, and classify the bacteria producing MNPs which were isolated from iron-contaminated wastewater in Thailand, as well as to study the optimized conditions for their growth and production of MNPs. In this work, six isolated bacterial strains, designated as HER I, HER II, KPI I, L3 5, SRL I and TSB II, were isolated, which were characterized as the magnetic producing bacteria due to their exhibition of weak magnetotactic behavior and presence of magnetosomes that contained iron oxide particles in a form of magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) as determined by images of transmission electron microscope (TEM), the element analysis of TEM-energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX), and the analysis of TEM-selected area electron diffraction (SAED). In addition, the biochemical analyses identified these bacteria in the groups of microaerophilic and anaerobic bacteria. The nucleotide sequences of 16S rRNA analysis could identify them at the genus level. Among 6 strains of the isolated bacteria, Acinetobacter sp. strain HER I was chosen for further studies on its optimized growth condition and production of iron oxide particles. Results showed that its optimal growth condition was to use the modified MTB medium with 10 mM acetic acid, pH 6.9 at 25 °C, however, this condition did not support the formation of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles. Formation of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles was found only when they were cultured in the modified MTB medium without an acetic acid supplement. The amount of synthesized Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles was increased according to its growth from an early log phase to a late log phase as determined by the fluorescence mode of synchrotron X-ray Absorption Near Edge Structure analysis. Acinetobacter sp. strain HER I could grow in the modified MTB medium supplement with the iron ion solution as high as 160 mg/l. Also, its ability to uptake iron ions was significantly higher than those of Escherichia coli and Staphylococcus aureus, while its capability to adsorb iron ions was similar to E. coli but significantly greater than S. aureus. The results of this work suggested that Acinetobacter sp. strain HER I, the first magnetic producing bacteria isolated in Thailand, could be a potential bacterial strain for a production of magnetic nanoparticles and a bioremediation of high iron-contaminated water.