

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงการย่อยสลายไทโอซัลเฟตที่มีอยู่ในน้ำล้างฟิล์มโดย *Thiobacillus ferrooxidans* DSM 583 และการดูดซับเงินจากน้ำล้างฟิล์มโดยไคติน จากการศึกษาพบว่าเชื้อสามารถย่อยสลายไทโอซัลเฟตในสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้น 0.01 และ 0.03 โมลาร์ภายในระยะเวลา 2 และ 5 วัน ตามลำดับ ด้วยกลไกทางอ้อมจากการใช้  $\text{Fe}^{3+}$  เป็นตัวออกซิไดซ์ไทโอซัลเฟต เมื่อนำเชื้อมาใช้อย่อยสลายไทโอซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 0.03 โมลาร์ในน้ำล้างฟิล์ม พบว่าเชื้อสามารถย่อยสลายไทโอซัลเฟตได้อย่างรวดเร็วในช่วง 3 วันแรก จากนั้นการย่อยสลายจะเกิดขึ้นช้าลงเนื่องจากน้ำล้างฟิล์มมีบัฟเฟอร์เป็นองค์ประกอบทำให้พีเอชมีค่าเท่ากับ 4.6 ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ การปรับพีเอชทุก 3 วันด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้นช่วยให้การย่อยสลายไทโอซัลเฟตเกิดได้เร็วขึ้น แต่กรดมีผลทำให้เงินในน้ำล้างฟิล์มเกิดการตกตะกอนเป็นตะกอนสีดำของซิลเวอร์ซัลไฟด์ เมื่อนำน้ำล้างฟิล์มที่ผ่านการย่อยสลายไทโอซัลเฟตมาทำการดูดซับด้วยไคติน พบว่าการดูดซับเกิดขึ้นน้อยเนื่องจากการรบกวนจาก  $\text{Fe}^{2+}$  และ  $\text{Fe}^{3+}$  การลดปริมาณกล้ำเชื้อ (inoculum) จาก 10% (v/v) เป็น 2% และ 0.5% (v/v) เพื่อลดปัญหาการรบกวนของ  $\text{Fe}^{2+}$  และ  $\text{Fe}^{3+}$  ยังคงไม่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ จึงได้ทดลองใช้ซัลเฟอร์เป็นสับสเตรทแทนเฟอร์รัสซัลเฟต พบว่าการใช้ซัลเฟอร์เป็นสับสเตรทสามารถย่อยสลายไทโอซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ในน้ำล้างฟิล์มได้เพียง 20 เปอร์เซ็นต์ และจะเกิดการดักจับฟริกเป็นผลิตภัณฑ์ทำให้เงินในน้ำล้างฟิล์มเกิดการตกตะกอนมาก จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเชื้อ *T. ferrooxidans* DSM 583 สามารถย่อยสลายไทโอซัลเฟตในน้ำล้างฟิล์มได้ดีเมื่อมีเฟอร์รัสซัลเฟตเป็นสับสเตรท แต่เมื่อนำมาดูดซับเงินด้วยไคตินจะมีปัจจัยรบกวนจาก  $\text{Fe}^{2+}$  และ  $\text{Fe}^{3+}$

การศึกษาการดูดซับเงินในรูปของสารประกอบเชิงซ้อนซิลเวอร์ไทโอซัลเฟตโดยไคตินเกิดได้อย่างรวดเร็วใน 10 นาที โดยปริมาณไคตินที่เหมาะสม คือ 6 เปอร์เซ็นต์ การชะเงินออกจากไคตินด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 1-4 โมลาร์ สามารถชะเงินออกได้ 51-57 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลของการชะและผลการศึกษาหุ้ฟักัซันที่เปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการดูดซับแสดงให้เห็นว่ากลไกการดูดซับเงินในน้ำล้างฟิล์มเป็นการดูดซับทางเคมีที่เกิดจากแรงระหว่างประจุที่หุ้มิโนของ protonated chitin กับสารประกอบเชิงซ้อนของเงินที่มีประจุลบ

Degradation of thiosulfate in film development process rinse water by *Thiobacillus ferrooxidans* DSM 583 and silver adsorption from film development process rinse water using chitin were investigated in this study. Indirect method by using  $\text{Fe}^{3+}$  in oxidation process was able to degrade 0.01 M and 0.03 M of thiosulfate in sodium-thiosulfate solution within 2 and 5 days, respectively. However, 0.03 M of thiosulfate in film development process rinse water was rapidly degraded only in the first 3 days, and then the rate of degradation was declined due to buffer containing in film development process rinse water. The buffer could maintain the pH of film development process rinse water to around 4.6 that was not the optimal pH for growth of *Thiobacillus ferrooxidans* DSM 583. The pH adjustment to 2.8 by sulfuric acid was able to increase the percentage of thiosulfate degradation, but the acid caused the precipitation of silver as silver sulfide. The silver in film development process rinse water,  $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^-$ , was adsorbed by chitin after thiosulfate degradation step. The results showed that  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$  remaining in the solution affected to decrease silver adsorption efficiency of chitin. Reducing of the inoculum size from 10% (v/v) to 2% and 0.5% (v/v) could not solve the problem. In addition, using sulfur as the substance instead of ferrous sulfate resulted to degrade 0.01 M thiosulfate of film development process rinse water only 20%, and sulfuric acid that is the product of degradation process induced silver precipitation. Accordingly, *T. ferrooxidans* DSM 583 could degrade thiosulfate in film development process rinse water by

using ferrous sulfate as substrate; however, the silver adsorption could be interfered by  $\text{Fe}^{2+}$  and Fe remaining.

The study of silver adsorption by chitin showed that silver-thiosulfate complex was completely adsorbed within 10 minutes, and the optimal dosage was 6% (w/v). Silver adsorbed onto chitin was eluted by 1.0-4.0 M of sodium thiosulfate to 51-57%, respectively. The results of elution and FTIR spectra of chitin surface before and after silver adsorption indicated that the adsorption was chemical adsorption. The adsorption mechanism was proposed to be electrostatic attraction between protonated amino group of chitin and negative charge of silver-thiosulfate complex.