

RECUPERACIÓN DE PLATA DE RADIOGRAFÍAS DENTALES

Palafox Segoviano Jorge Antonio (1), Gamiño Arroyo Zeferino (2)

1 Licenciatura en Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: ja.palafoxsegoviano@ugto.mx

2 Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: gaminoz@ugto.mx

Resumen

Después de cumplir con su función médica, la gran mayoría de las radiografías dentales son desechadas sin ningún tratamiento, lo cual provoca un alto riesgo de contaminación ambiental. Por ello, y buscando la recuperación de la plata de estos residuos, se propuso a la tiourea como un buen agente lixivante, en la cual se obtuvieron 469.2 mg/L de plata, a partir de una solución de tiourea 0.2 mol/L con un pH=1. La cinética de lixiviación reportó que en un tiempo de 40 min se obtiene la mayor cantidad de plata en solución y un tamaño de partícula de 0.25 μm . Para la recuperación del metal, se llevaron a cabo pruebas de electrodeposición sobre electrodos de grafito (como un método menos agresivo para el medio ambiente), recuperándose entre 0.25-0.28 g de plata por g de muestra. Finalmente, por medio de microscopio ZEISS Stemi 508, se corroboró que la formación del depósito depende del potencial aplicado y de la forma de la naturaleza de la superficie, obteniéndose resultados favorables a -0.27V y -0.35V. Adicionalmente se realizó un estudio de electrodeposición más sobre una placa de grafito a -0.35V por 3 horas, teniendo una eficiencia total, entre los 3 depósitos del 69.84%, empleando la misma solución.

Abstract

After its medical function, the vast majority of dental radiographs are discarded without any treatment, which causes a high risk of environmental pollution. Therefore, and looking for an alternative for the silver recovery of such waste, was proposed thiourea as leaching agent, which was obtained 469.2 mg/L silver from a solution of thiourea 0.2 M pH = 1. Leaching kinetics reported that in a time of 40 min as much silver is obtained in solution and a particle size of 0.25 μm . For metal recovery tests were carried out electrodeposition on graphite electrodes (as a less aggressive approach to the environment), recovering 0.25 to 0.28 gr from silver per gram of sample. Finally, by means ZEISS Stemi 508 microscopy it was confirmed that the formation of deposit depends on the applied potential and the form of the nature of the surface, obtaining favorable results -0.35V -0.27V and. Additionally a study electrodeposition more on a graphite plate was conducted at -0.35V for 3 hours, having a total efficiency between 69.84% 3 deposits using the same solution.

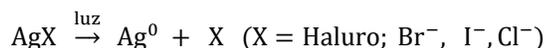
Palabras Clave

Recuperación; Plata; Lixiviación; Electrodeposición

INTRODUCCIÓN

Las radiografías tienen como objetivo médico el contribuir a un diagnóstico, la elección de un tratamiento, fundamentar el diagnóstico o para la constitución de un documento legal. Después de cumplir con esta función, la gran mayoría de ellas son desechadas, lo cual puede provocar graves daños al ambiente.

La película radiográfica está compuesta por una base, por un adhesivo en ambas caras, una emulsión y una cubierta. La emulsión está constituida por una gelatina y cristales de algún haloide de plata. Es en el proceso de revelado donde ocurre la siguiente reacción en la emulsión:



Fijando la plata en la película radiográfica, lo que permite reconocer el color negro en las radiografías.

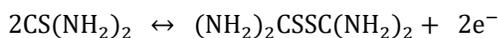
Marco teórico

La lixiviación, o extracción sólido-líquido, es un proceso en el que un disolvente líquido pasa a través de un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno o más de los componentes solubles del sólido

Dentro del proceso lixiviación se encuentran agentes lixiviantes de alto grado de rendimiento, tal es el caso de la cianuración con el 100% de rendimiento [4], pero el uso de este proceso puede ocasionar consecuencias negativas al medio ambiente. En este proyecto se abordan diferentes alternativas menos dañinas al ambiente durante el proceso de lixiviación, empleando tiourea o ácido nítrico [1].

Lixiviación con tiourea

El proceso de lixiviación con tiourea se lleva a cabo mediante una serie de pasos; primero, se efectúa la oxidación de la tiourea para formar el disulfuro formamidina; enseguida, el disulfuro formamidina forma un complejo con un mol de tiourea y la plata. La formación del disulfuro formamidina se representa por la siguiente reacción química [2]:



Para realizar este proceso se necesita de un agente oxidante, el cual done electrones a la reacción. Este papel lo realiza el sulfato férrico. La reacción global del proceso está dada por [2]:



Electrodeposición

La electrodeposición es un procedimiento electroquímico mediante el cual se logra cubrir una pieza con una capa fina de determinado metal. Esta pieza se pone en contacto con una fuente continua y con un electrodo que cumpla la función de ánodo, cediendo electrones para que los iones metálicos en solución se reduzcan y se depositen sobre la pieza.

Para la electrodeposición de plata en soluciones de tiourea, se ha reportado que una buena alternativa de electrodo es el de carbón vítreo [3], ya que es lo suficientemente inerte en potenciales de reducción tanto de la plata como de la tiourea.

Al tener las mismas propiedades electroquímicas el grafito y el carbón vítreo, para llevar a cabo las pruebas de electrodeposición, se emplearon ambas como electrodos de trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales y equipo

Muestras radiográficas

Las muestras de radiografías fueron recolectadas de consultorios dentales.

Lixiviación

Las soluciones de tiourea fueron preparadas con agua desionizada a tres diferentes concentraciones. El agente oxidante usado fue el sulfato férrico (FeSO_4) [4]. Las pruebas de lixiviación se efectuaron mediante agitación constante a temperatura ambiente durante 40 min. Para ajustar el pH se utilizaron soluciones de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e hidróxido de sodio (NaOH) ambas a una concentración de 1 mol/L.

Electrodeposición

El electrodepósito se realizó en una celda electrolítica comercial. Para ello se utilizaron electrodos de carbón vítreo [3] de 0.025 cm² de área. También, placas y barras de grafito fueron empleados como contra-electrodo de trabajo y un electrodo de Ag/AgCl como electrodo de referencia.

Equipamiento

Para medir las concentraciones de las soluciones obtenidas en el proceso de lixiviación se utilizó un Espectrofotómetro de Absorción Atómica AAnalyst 200, Perkin Elmer. El equipo para realizar la parte electroquímica fue un potencioestato AUTOLAB® tipo PGSTAT204 Metrohm.

Métodos

Lixiviación

Las pruebas de lixiviación se prepararon en una relación 1:10 de gramos de muestra contra mililitros de solución de agente. Se mantuvo a una velocidad constante de 400 rpm en todas las pruebas a temperatura ambiente. El tamaño de recorte de muestra, los agentes lixiviantes, la concentración del mejor agente, así como el pH y el tiempo de lixiviación, variaron. Los agentes lixiviantes seleccionados fueron: tiourea, ácido nítrico (HNO₃) y agua desionizada.

Electrodeposición

Para realizar el electrodepósito, se emplearon un electrodo de carbón vítreo y una placa de grafito como electrodos de trabajo en pruebas diferentes. En ambas pruebas, se utilizaron una barra de grafito como contra-electrodo y el electrodo de referencia de Ag/AgCl.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Lixiviación

Tamaño de recorte y agente lixiviante

Para seleccionar el mejor agente lixivante y el tamaño de la muestra, a 1 g de muestra se adicionaron 10 mL de agente lixivante y se dejó en agitación a 400 rpm por 30 min. Para el caso de la tiourea se ajustó el pH=1 con ácido sulfúrico. Los resultados se muestran en la imagen 1.

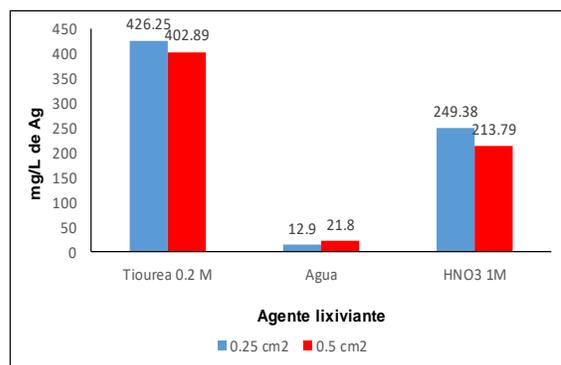


IMAGEN 1: Lixiviación de plata con diferentes agentes lixiviantes y tamaños de recorte de radiografía.

De esta gráfica puede apreciarse que la tiourea presenta la mayor cantidad de plata con un tamaño de partícula de 0.25 cm².

Efecto de concentración del agente lixivante y pH

Se varió la concentración de la tiourea en 0.1, 0.2 y 0.3 mol/L, así como el pH: 1, 2 y 3. En la imagen 2 se presentan los resultados.

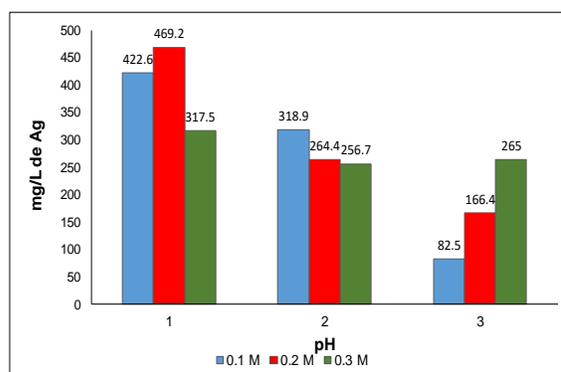


IMAGEN 2: Lixiviación de plata en función de la concentración y el pH.

En este gráfica se puede observar que la mayor cantidad de plata lixiviada se obtiene con tiourea a 0.2 mol/L y un pH=1. Cabe destacar que para obtener estos resultados se agregaron 0.025 g de sulfato férrico, empleado como agente oxidante [3], como concentración máxima.

Cinética de la lixiviación

Los resultados del efecto del tiempo en la lixiviación se muestran en la imagen 3.

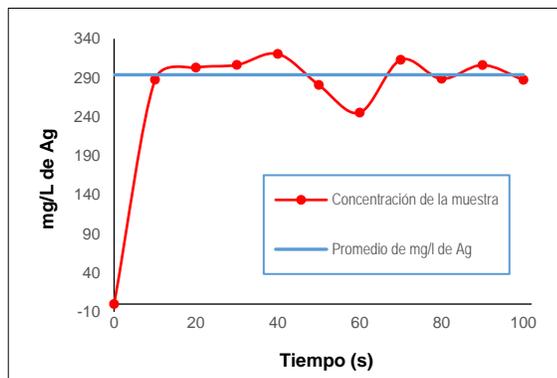


IMAGEN 3: Cinética de lixiviación de plata con tiourea a 0.2 M, pH=1 y agitación constante.

De la gráfica puede apreciarse que en un tiempo de 40 min se obtiene la mayor cantidad de plata lixiviada, utilizando como agente lixivante tiourea 0.2 mol/L en medio ácido.

Electrodeposición

Para conocer las condiciones de reducción de la solución, se realizó una voltamperometría cíclica sobre electrodo de carbón vítreo, en una celda electrolítica comercial, realizada en un barrido de -0.35 V a 0.4 V, en un intervalo de -0.35V a -0.25 V, la cual se presenta en la imagen 4.

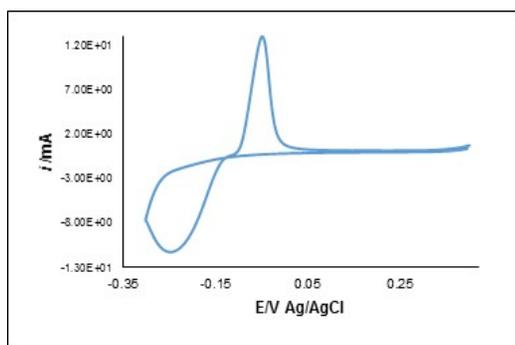


IMAGEN 4: Voltamperometría cíclica obtenida con un electrodo de carbón vítreo a 20 mV/s de una muestra de lixiviación con tiourea 2M, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 0.00625M, H_2SO_4 1M y 388 mg/Lt de plata a pH=1.32

Para realizar el electrodeposición se realizó una Cronoamperometría sobre electrodo de carbón

vítreo a -0.27V por 30 min la cual se puede apreciar en la imagen 5 y otra sobre un una placa de grafito a -0.35V por 30 minutos, representada en la imagen 6.

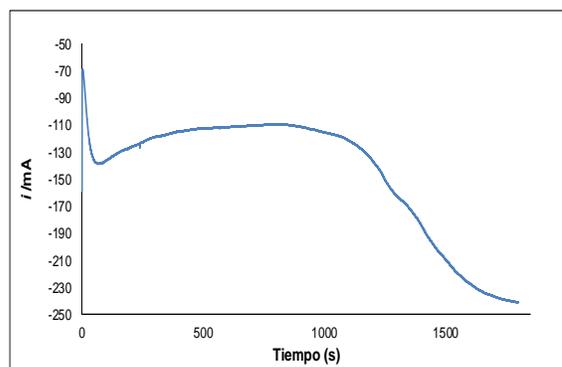


IMAGEN 5: Cronoamperograma de una solución de tiourea 0.2 mol/L, con H_2SO_4 1 mol/L, 388 mg/L de plata y pH=1.23 Voltaje: -0.35V sobre electrodo de carbón vítreo.

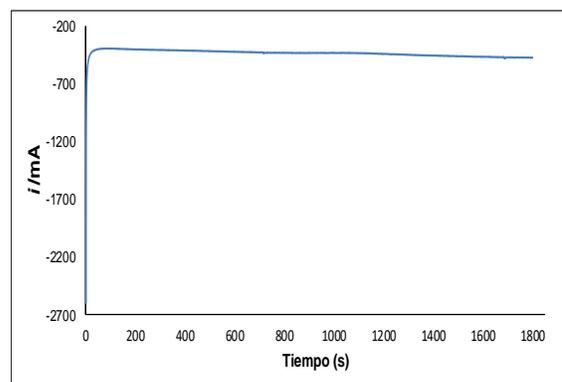


IMAGEN 6: Cronoamperograma de una solución de tiourea 0.2 mol/L, con H_2SO_4 1 mol/L, 388 mg/L de plata y pH=1.23 Voltaje: -0.35V sobre una placa de grafito.

Para comprobar que se había obtenido el depósito, se observó bajo el microscopio ZEISS Stemi 508. Los resultados se muestran en la imagen 7 de ambos depósitos en los dos distintos electrodos de trabajo.

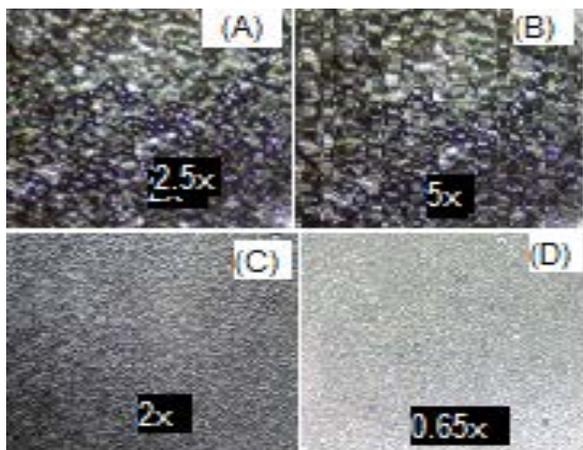


IMAGEN 7: Imágenes por microscopio ZEISS Stemi 508(A) y (B) Electrodo de carbón vítreo. (C) y (D) Placa de grafito a distintos escalas.

En la imagen se puede observar que la cantidad del depósito dependerá del potencial aplicado y la forma del crecimiento dependerá de la naturaleza de la superficie. Teniendo resultados favorables a -0.27V y -0.35V .

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo reportan un método alternativo para la recuperación de plata de radiografías dentales, utilizando tiourea como agente lixivante en baja concentración, debido al complejo que forma este compuesto con dicho metal utilizando sulfato férrico como agente oxidante. Para poder reutilizar la tiourea como disolvente, se debe buscar un procedimiento para regenerar al Fe(III). Se propone el paso directo de electrodeposición, a partir de los estudios electroanalíticos y que muestran resultados favorables. Adicionalmente se realizó un estudio de electrodeposición sobre una placa de grafito a -0.35V por 3 horas, obteniendo una eficiencia total, entre los 3 depósitos del 69.84%, empleando la misma solución, por lo que el rendimiento total de la recuperación de los desechos médicos fueron bastante eficientes.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Guanajuato por la

facilitación de los reactivos y equipo. A la Dra. Silvia Gutiérrez Granados por permitirnos trabajar en el laboratorio de Electroquímica y a María Fernanda García Montoya por el apoyo brindado en las técnicas electroanalíticas realizadas, así como, a la Dra. Beatriz Rubio Campos por el apoyo otorgado y a Daniel Vallejo Aldana por trabajar en colaboración en la realización de proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Syed, S. (2016). Silver recovery aqueous techniques from diverse sources: Hydrometallurgy in recycling. *Waste Management* 2016(50), 234-256
- [2] Calla-Choque, D., Nava-Alonso, F. & Fuentes-Aceituno, J.C. (2016). Acid decomposition and thiourea leaching of silver from hazardous jarosite residues: Effect of some cations on the stability of the thiourea system. *Journal of Hazardous Materials* (317). 440-448.
- [3] Poisot-Díaz, M.E., González, I. & Lapidus, G.T. (2008). Electrodeposition of a Silver-Gold Alloy (DORÉ) from Thiourea Solutions in the Presence of Other Metallic Ion Impurities. *Hydrometallurgy* (93), 23-29
- [4] Bas, A.D., Yazici, E.Y. & Devenci, H. (2012). Recovery of silver from X-ray film processing effluents by hydrogen peroxide treatment *Hydrometallurgy* (121-124) 22-27.