

RECUPERACIÓN DE PLATA DE RADIOGRAFÍAS DENTALES

Vallejo Aldana Daniel (1), Gamiño Arroyo Zeferino (2), Rubio Campos Beatriz Eugenia (3)

1 [Bachillerato General, Escuela de Nivel Medio Superior de Guanajuato, Colegio de Nivel Medios Superior, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [d.vallejoaldana@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]

3 [Escuela de Nivel Medio Superior de Guanajuato, Colegio de Nivel Medio Superior, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [be.rubiocampos@ugto.mx]

Resumen

Las radiografías dentales permiten a muchos odontólogos realizar tratamientos bucales precisos, sin embargo, una vez que la vida útil de estas se termina son desechadas al ambiente ocasionando contaminación. Estos desechos contienen plata que puede ser recuperada mediante un proceso de lixiviación y electrodeposición. El proceso de lixiviación se realiza con una solución de tiourea a concentraciones descritas en la parte de resultados ya que a diferencia del proceso de cianuración, la tiourea no tiene un grado tan alto de toxicidad. El tamaño de la muestra, así como, la concentración, pH y tiempo de agitación del agente lixivante, resultaron ser factores que determinan las mejores condiciones de lixiviación con tiourea. El proceso de electrodeposición utiliza un sistema de tres electrodos en donde la plata reducida es depositada en el electrodo de trabajo.

Abstract

Dental radiographs allow many dentists make precise oral treatments, however, once the useful life of these ends is discarded into the environment are causing pollution. These wastes contain silver can be recovered by a leaching and electrodeposition process. The leaching process is performed with a solution of thiourea solution using concentrations described in the results part because unlike cyanidation process, thiourea is not as high toxicity degree. The sample size and the concentration, pH and stirring time of leaching agent, proved to be factors that determine the optimum leaching with thiourea. The electrodeposition process uses a three electrode system where the reduced silver is deposited on the working electrode.

Palabras Clave

Recuperación; Plata, Electrodeposición, Lixiviación

INTRODUCCIÓN

Las placas radiográficas han ayudado al campo de la medicina en la elección de un tratamiento, fundamentar un diagnóstico o para la elaboración de un documento legal. Después de haber sido utilizadas para estos fines, muchas de ellas se desechan lo que puede ocasionar daños al ambiente y a las personas por presencia de metales pesados como la plata.

Las placas radiográficas están constituidas por varias capas con las cuales se proyecta una imagen final de alguna parte del cuerpo, las capas que constituyen una radiografía son: 1. Capa protectora (superficie exterior de la radiografía), 2. Capa de emulsión (contiene granos o cristales fotosensibles de haluros de plata que pueden ser de bromo o yodo), 3. Capa de adhesión (conecta a la capa de emulsión con la capa base), 4. Capa base (hecha a base de poliéster flexible o acetato).

Para obtener una imagen nítida así como mantener la dosis de radiación tan baja como sea posible, las películas dentales contienen un alto contenido de plata (25 g/m^2) en comparación al contenido de las radiografías normales (11 g/m^2) [1].

La plata sufre una serie de reacciones divididas en tres etapas (Radiación, desarrollo y fijación) como se ilustra en la imagen 1 donde al final quedan gránulos de plata reducida que forman las partes oscuras de la radiografía y la parte clara retrata la parte del cuerpo deseada [2].

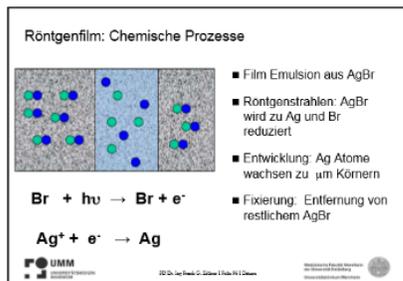


IMAGEN 1. Proceso químico de las radiografías, imagen tomada de *Physikalische Grundlagen der Röntgentechnik und Sonographie Bildaufnahme Röntgen*, Dr. Frank Zöllner, University of Heidelberg.

Marco teórico

La lixiviación es un proceso en el cual un agente lixivante o disolvente líquido pasa a través de un sólido para formar una solución que contenga los elementos presentes en la parte sólida. La cianuración es el proceso de lixiviación más utilizado en el campo de la minería debido a su efectividad y bajo costo [3], sin embargo acarrea peligros para el ambiente y las personas debido a su gran toxicidad.

En este trabajo, se planteó como objetivo probar la efectividad de una solución ácida de tiourea para la lixiviación de placas dentales sustituyendo la técnica de cianuración.

Lixiviación con Tiourea

La lixiviación con tiourea ha sido desarrollada como un potencial sustituto de la cianuración por trabajadores soviéticos en 1960. Debido a la baja toxicidad de la tiourea así como un rango amplio en el potencial de disolución de oro y plata en comparación de la cianuración la lixiviación con tiourea presenta una gran ventaja para alcanzar una aplicación comercial antes que otros lixiviantes no convencionales [4].

Electrodeposición

Para la electrodeposición se emplea un sistema típico de tres electrodos: electrodo de referencia, contraelectrodo y electrodo de trabajo, el electrodo de trabajo es el lugar donde se realiza el depósito del metal que se quiera reducir, el electrodo de carbón vítreo resulta ser el mejor cuando se trata de una electrodeposición de plata [5].

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales y equipo

Muestras radiográficas

Se recolectaron muestras de radiografías dentales veladas y caducadas de diversos consultorios dentales en la ciudad de Guanajuato, Gto.

Lixiviación

Se prepararon soluciones de tiourea con agua desionizada a concentraciones diferentes en un intervalo de 0.1 a 0.3 mol/L, adicionándosele sulfato férrico en forma de sólido y controlando el pH con ácido sulfúrico (H₂SO₄) e hidróxido de sodio (NaOH). La solución se mantuvo en agitación constante utilizando agitadores magnéticos.

Electrodeposición

Para la realización del electrodepósito se utilizó una celda comercial así como un electrodo de carbón vítreo como electrodo de trabajo, una barra de grafito como un contraelectrodo, así como un electrodo de plata/cloruro de plata (Ag/AgCl) como electrodo de referencia. Así mismo, se utilizaron láminas de grafito para sustituir al electrodo de carbón vítreo en el segundo cronoamperograma.

Equipo

Se utilizó un equipo de Absorción Atómica de la marca *Perkyn Elmer*® modelo AAnalyst 200, así como un potencióstato de la marca AUTOLAB® tipo PGSTAT204 Metrohm.

Métodos

Lixiviación

Para la lixiviación se utilizó un factor de 1:10 en relación de la muestra y la cantidad de solución. Se realizaron pruebas para determinar la mejor concentración de la tiourea así como el tamaño de muestra, el tiempo de agitación, el pH óptimo y el mejor agente lixivante (tiourea (NH₂CSNH₂), ácido nítrico (HNO₃) y agua desionizada (H₂O).

Electrodeposición

Se realizó una prueba de voltamperometría cíclica con un sistema de tres electrodos usando como electrodo de trabajo carbón vítreo, una barra de grafito como contraelectrodo [5] así como un electrodo de Ag/AgCl como electrodo de referencia. Para el cronoamperograma se utilizarán láminas de grafito pulido que sustituirán al electrodo de trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cantidad de Muestra

De las muestras recolectadas en los consultorios dentales se obtuvieron un total de 12.03 gr de radiografías dentales veladas divididas en cinco grupos de acuerdo a la cantidad de superficie oscura que tenían, es aquí donde se encuentra la mayor cantidad de haluros de plata.

Lixiviación

- *Tamaño de muestra*

Después de la medición en absorción atómica de las soluciones en donde variaban las superficies, se obtuvo que las radiografías que tenían 0.25 cm² de superficie eran las óptimas para la lixiviación como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Tamaño óptimo de muestra para la lixiviación de plata.

Tamaño de Partícula (Dilución 1/100), tiempo 40 min.				
	Muestra	Absorbancia	mg/L Ag	mg Ag/g muestra
0.25/Tiourea	1	0,388	442,0	4,420
0.5/Tiourea	2	0,367	417,8	4,178

- *Agente lixivante*

La solución con ácido nítrico mostró tener una concentración de plata inferior a la de tiourea ya que sólo contenía 1.869 mg/L mientras que la de tiourea 2.252 mg/L.

- *Radiografías Veladas vs Radiografías no veladas y Radiografías normales*

La concentración de las radiografías caducadas fue superior a la de las radiografías veladas, ya que contienen 575 mg/L en una solución a pH 1 y 0.2 mol/L de tiourea mientras que las radiografías veladas contienen 462 mg/L a las condiciones descritas anteriormente. En relación a las radiografías normales, presentan una

concentración de 352 mg/L, menor a la concentración de las radiografías dentales veladas.

- *Concentración y pH de la solución lixiviante*

Se encontró que las mejores condiciones de la solución lixiviante de las radiografías era aquella que tuviera una concentración de tiourea de 0.2 mol/L y un pH ácido de 1 como se muestra en la imagen 2.

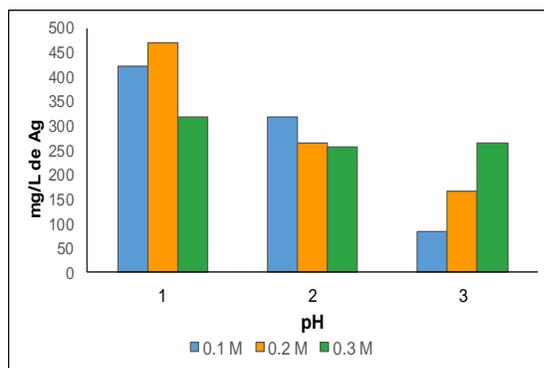


IMAGEN 2. Efecto de la concentración y el pH.

- *Cinética de lixiviación*

Para esta prueba, se empleó tiourea como agente lixiviante, a 0.2 mol/L y pH = 1. Los resultados de la cinética, se muestran en la imagen 3.

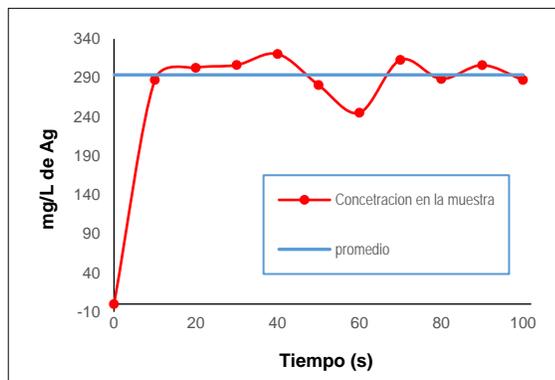


IMAGEN 3. Cinética de lixiviación de plata empleando tiourea con agitación constante.

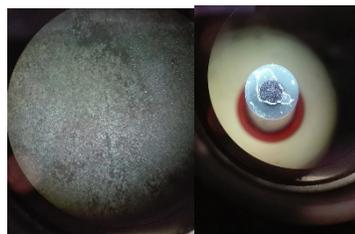
En esta gráfica puede observarse que un tiempo de 40 minutos se alcanza la concentración máxima de plata en la solución de Tiourea.

- *Electrodeposición*

Con el fin de conocer las condiciones de reducción de la solución, se realizó una voltamperimetría cíclica en un barrido de -0.35 V a 0.4 V dando como resultado un intervalo de -0.25 hasta -0.35.

Para la realización de la electrodeposición, se realizó un cronoamperograma a -0.27 V sobre un electrodo de carbón vítreo en un tiempo de 30 min. También se realizó un cronoamperograma en una barra de grafito pulida que se dejó por 3 horas a un potencial de -0.35 V.

Para comprobar que se realizó un depósito en los electrodos, se observaron a través de un microscopio en donde se observan ambos electrodos cubiertos por películas delgadas de plata como se muestra en la imagen 4.



a) b)

IMAGEN 4. a) Depósito de plata sobre grafito a -0.35 V tomado con un microscopio ZEISS modelo Stemi 508. b) Depósito de plata sobre electrodo de carbón vítreo visto con un microscopio ZEISS modelo Stemi 508

CONCLUSIONES

Con base en lo investigado y en los experimentos realizados a lo largo de esta investigación, se concluye que la tiourea demostró ser un agente lixiviante efectivo que al combinarse con sulfato férrico como agente oxidante y mantener un pH ácido en una concentración de 0.2 mol/L es capaz de dar una concentración elevada de plata que se encuentra formando complejo con la tiourea y que es posible extraerla mediante electrodeposición con un potencial de reducción de -0.35 V. Una desventaja de este método es que la solución de tiourea no es útil después de este proceso.

Como plan a futuro de esta investigación se pretende buscar nuevos agentes oxidantes que resulten más efectivos que el sulfato férrico así como la forma de extraer a este agente oxidante de

la solución de tiourea para que esta pueda ser reutilizada.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todo el personal que integra el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Guanajuato por facilitarnos el acceso a los reactivos y equipo. A la Dra. Silvia Gutiérrez Granados por facilitarnos el laboratorio de electroquímica y a María Fernanda García Montoya por el apoyo brindado en las técnicas electroanalíticas realizadas.

Al Dr. Zeferino Gamiño Arroyo por permitirme vivir esta nueva experiencia en el bello campo de la investigación científica, a la Dra. Beatriz Rubio Campos por su apoyo en la realización de este proyecto y un especial agradecimiento a Jorge Antonio Palafox Segoviano por todo el conocimiento compartido a lo largo de esta estancia.

REFERENCIAS

- [1] Menges, Joachim. (1998). Filaufbau, Filmverarbeitung, Konstanzprüfung. Recuperado de <http://www.dr-menges.de/fk1803.html/13/07/2016>
- [2] Zöllner, Frank. (1995). Physikalische Grundlagen der Röntgentechnik und Sonographie Bildaufnahme Röntgen, University of Heidelberg, Faculty of Medicine Mannheim, 3. Recuperado de: http://www.umm.uni-heidelberg.de/inst/cbtm/ckm/lehre/physikalischgrundlagenderroentgen/physkl_grundl_roentgen_5.pdf
- [3] Syed, S. (2016). Silver recovery aqueous techniques from diverse sources: Hydrometallurgy in recycling (Review), Waste Managment. (50). 235-256.
- [4] Schulze, R. G., (1984). New Aspects in Thiourea Leaching of Precious Metals. Journal of Metals. 62-65.
- [5] Poisot-Díaz, M., González, I. & Lapidus, G.T., (2008). Electrodeposition of a Silver-Gold Alloy (DORÉ) from thiourea Solutions in the Presence of Other Ion Impurities. Hydrometallurgy (93). 23-29