

Extractos vegetales como agentes reductores de plata contenida en las placas radiográficas: una contribución a la química verde

Meléndez Balbuena Lidia¹, Torres Mentado Dulce María¹, Ramírez Monroy Armado²,
Cabrera Vivas Blanca Martha¹, Arroyo Carranza Sandra Luz Maribel²

¹ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Ciencias Químicas. Av. San Claudio y 18 Sur, Col. San Manuel, Puebla, Pue. C.P. 72570. México.

² Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Instituto de Ciencias. Av. San Claudio y 18 Sur, Col. San Manuel, Puebla, Pue. C.P. 72570. México.

*Autor para correspondencia: lmbalbuena@hotmail.com

Recibido:

13/junio/2017

Aceptado:

25/octubre/2017

Palabras clave

Placas radiográficas,
plata, vegetales

Keywords

X-ray plates, silver,
vegetables

RESUMEN

En este trabajo se presentan resultados de un proyecto cuyo objetivo es recuperar la plata metálica contenida en las placas radiográficas utilizando, como agentes reductores de la plata, extractos vegetales que poseen propiedades antioxidantes. Se utilizaron 3 extractos vegetales: pipicha (*Porophyllum Tagetoides*), diente de león (*Taraxacum officianale*) y anís (*Pimpinella anisum*). El empleo de este tipo de plantas, cuya elección viene motivada por su alta disponibilidad y amplia distribución geográfica, no sólo evita utilizar agentes reductores químicos en muchos casos caros y tóxicos, sino que también resulta en un método más económico y respetuoso con el ambiente. Este método ofrece vastas posibilidades teniendo en cuenta la gran diversidad de plantas con amplia variedad de metabolitos que incluyen agentes reductores y estabilizantes en su composición. La plata recuperada por este método es una plata limpia y brillante con un rendimiento aceptable que depende de cada uno de los extractos utilizados.

ABSTRACT

In this work, we present results corresponding to a project whose objective is to recover the metallic silver contained in the radiographic plates, using as silver reducing agents plant extracts that possess antioxidant properties. Three plant extracts were used: pipicha (*Porophyllum Tagetoides*), dandelion (*Taraxacum officianale*) and anise (*Pimpinella anisum*). The use of this type of plant, whose choice is motivated by its high availability and wide geographic distribution, not only avoids the use of expensive and toxic chemical reducing agents, but also it is a more economical and environmentally friendly method. This method offers wide possibilities considering the great diversity of plants with a wide range of metabolites that includes reducing agents and stabilizers in their composition. The silver recovered by this method is clean and shiny and it is obtained in good yields depending on each of the extracts used.

Introducción

La plata pura es un metal brillante, resistente, dúctil y maleable. De todos los metales tiene el color blanco óptico reflectivamente más alto y la conductividad térmica y eléctrica más altas. Desde el punto de vista químico, es uno de los metales pesados y nobles; desde el punto de vista comercial, es un metal precioso (Brown, 2001). Es un recurso natural cuya demanda actual es mayor que su producción, siendo la industria fotográfica la mayor usuaria de la plata en el mundo, debido a que es única en su habilidad para reaccionar con la luz y producir imágenes en aplicaciones tales como la fotografía y en la elaboración de las placas radiográficas (Cabrero, 2004). Este producto es el insumo más importante del servicio de rayos X de cualquier hospital o clínica del mundo. Desafortunadamente, una vez que las placas radiográficas han cumplido su función, terminan siendo desechadas por completo y puede afirmarse que la plata contenida en las radiografías va a parar a los ríos y mares, plata que se enjuaga de las películas radiográficas y una vez que se diluye es muy difícil recuperarla. Actualmente, se cuenta con métodos para recuperar plata de los residuos generados por el sector fotográfico, los más comunes reportados en la literatura son los métodos químicos que incluyen reemplazo o sustitución metálica, electrólisis, intercambio iónico y precipitación. Estas técnicas están usualmente relacionadas con un alto costo inicial en cuanto al equipamiento, operación y purificación de los productos finales (Fábregas et al., 2002; Pérez et al., 2002).

Por todo lo anterior, el objetivo de este trabajo es recuperar la plata metálica contenida en las placas radiográficas a través de una metodología verde, empleando extractos vegetales de pipicha (*Porophyllum Tagetoides*), diente de león (*Taraxacum officianale*) y anís (*Pimpinella anisum*), extractos que contienen antioxidantes, entre los cuales los más importantes son los *compuestos polifenólicos* (Marakarov, 2014) y los *flavonoides*, compuestos con alta capacidad antioxidante y bajos potenciales redox. Los bajos potenciales redox de estos antioxidantes hacen termodinámicamente favorable la reducción de la gran mayoría de radicales libres y algunos metales. (Han, 2014). El empleo de este tipo de plantas, cuya elección viene motivada por su alta disponibilidad y amplia distribución geográfica, no sólo evita utilizar agentes reductores químicos en muchos casos caros y tóxicos, sino que también resulta en un método más económico y ecológico.

Metodología

Parte experimental

Tratamiento de las placas radiográficas

Las placas radiográficas una vez limpias se trituraron en dimensiones medias de 1 cm². Se colocaron 200 g de radiografías trituradas en un matraz Erlenmeyer y fueron tratadas con una disolución acuosa de ácido nítrico al 30%. La mezcla de color azul se agitó por 2 horas a una temperatura de 80°C se tornó amarilla (figura 1). La ecuación 1 indica la reacción que se llevó a cabo (Skoog, 2010).

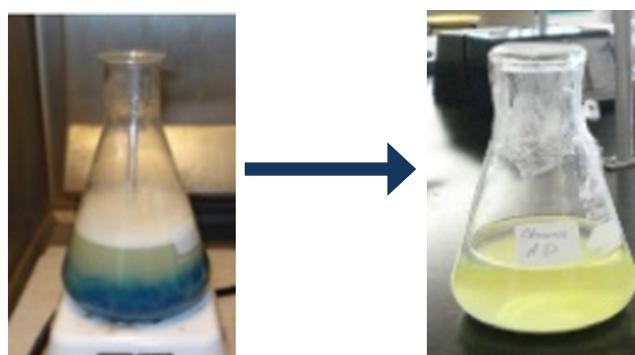
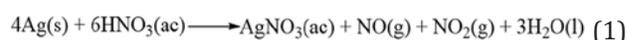


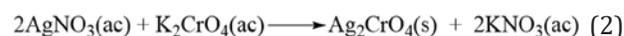
Figura 1. Digestión ácida de las placas radiográficas.



La formación de nitrato de plata es comprobada con la adición de unas gotas de cromato potásico, que reacciona con los cationes de plata disueltos, formándose un precipitado de color rojo correspondiente al cromato de plata Ag₂CrO₄ (Charlot, 1971). La figura 2 muestra el color observado y la ecuación 2 la reacción química correspondiente.

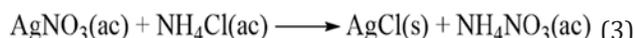


Figura 2. Cromato de plata.



Formación de AgCl

A la disolución resultante de nitrato de plata se le adicionó NH_4Cl para formar AgCl (ecuación química 3) (Willbanks, 1953), el cual es separado por decantación y llevado a sequedad para ser tratado posteriormente.



Este proceso fue llevado a cabo con tres muestras de radiografías con la finalidad de obtener un promedio de la cantidad de AgCl obtenido. La tabla 1, muestra la cantidad de cloruro de plata obtenido de cada una de las muestras.

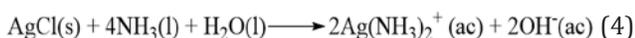
Tabla 1. Cantidad de cloruro de plata obtenida de 200 g de placas radiográficas.

Placas radiográficas 200 g	AgCl obtenido (g)
Muestra 1	1.8209
Muestra 2	1.6389
Muestra 3	1.7586
Promedio	1.7394

La cantidad de cloruro de plata obtenida en promedio fue de 1.7394 g, por 200 g de radiografías. Como es de esperarse la cantidad obtenida en los tres casos no es la misma debido a que la cantidad de plata, depende de las condiciones de la placa radiográfica utilizada.

Preparación de diamminplata(I)

El cloruro de plata obtenido fue utilizado en la formación del complejo diamminplata(I), adicionándole 20 mL de disolución acuosa de amoníaco al 30% (Skoog, 2005) ecuación 4.



Preparación de los extractos

Los extractos vegetales fueron preparados utilizando 1.0 g de cada uno de ellos (pipicha, diente de león y anís) en 100 mL de agua destilada en ebullición, hasta obtener un volumen de 70 mL, esta infusión se filtra y se deja enfriar. Se utilizó agua porque tiene una elevada capacidad de extracción de polifenoles y no presenta toxicidad (Naczki, et al., 2006; Naczki, et al., 2011). Los extractos se almacenaron a 4°C. La figura 3, muestra las fotografías de los vegetales utilizados y sus extractos.



Figura 3. Vegetales y sus extractos.

Recuperación de la plata

Para el estudio de la calidad de plata recuperada se partió de tres muestras de 1.7394 g cada una de cloruro de plata obtenido, el cual como se indicó anteriormente fue tratado con hidróxido de amonio con la finalidad de obtener el diamminplata(I). A cada una de las muestras se les adicionó 2.0 mL de cada uno de los extractos vegetales preparados previamente. El $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ es un oxidante muy débil que reacciona en el transcurso de 15 minutos con los componentes de los extractos vegetales originando que los iones plata se reduzcan a plata metálica depositándose en el fondo del recipiente. La ecuación 5 muestra la reacción química que se lleva a cabo.



Figura 4. Plata en el fondo del recipiente.



La plata obtenida fue filtrada, se lavó cuatro veces con 5 mL de agua destilada y finalmente fue pesada. Como puede observarse en la figura 5, se obtiene una plata limpia con aspecto brillante en los tres casos.

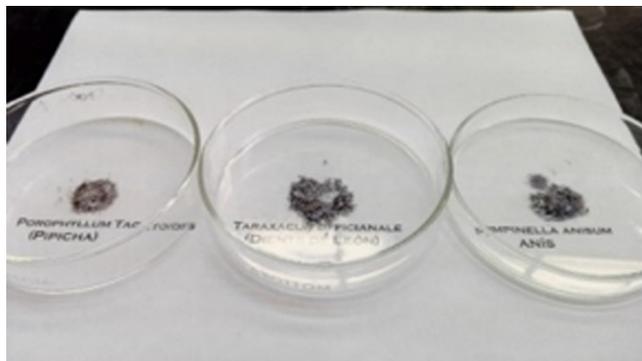


Figura 5. Plata recuperada utilizando el extracto vegetal de pipicha, diente de león y anís.

En la tabla 2 se muestran las cantidades de plata recuperada en cada una de las muestras utilizadas y la figura 6 muestra los resultados gráficamente.

Tabla 2. Cantidad de plata recuperada de 1.7394 g de cloruro de plata (200 g de placas radiográficas) con 0.028 g de vegetal crudo.

Extractos acuosos	Plata recuperada (g)
Pipicha (<i>porophyllum Tagetoides</i>)	1.0224
Diente de León <i>Taraxacum officianale</i>	1.1873
Anís <i>Pinpinella anisum</i>	1.1159

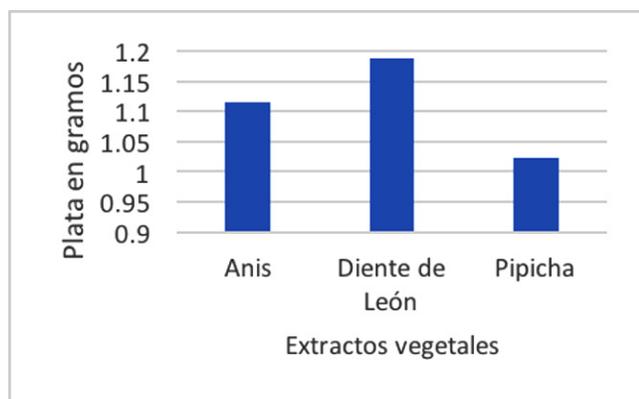


Figura 6. Gráfico de la cantidad de plata recuperada de 1.7394 g del cloruro de plata (200 g de placas radiográficas) con 0.028 g de vegetal crudo de cada uno de los extractos.

Como es de esperarse la cantidad de plata obtenida en los tres casos no es la misma debido a que la cantidad de plata, depende de los componentes de cada uno de los extractos utilizados. La cantidad de plata en cada caso es menor a la esperada estequiométricamente, probablemente debido a las condiciones de reacción y a factores como la gran cantidad de sustancias que contienen los extractos vegetales. La figura 7, muestra el gráfico que representa el porcentaje de plata recuperada del AgCl con cada uno de los extractos.

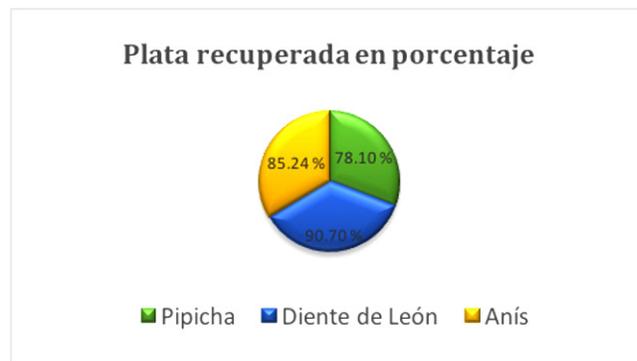


Figura 7. Gráfico del porcentaje de plata recuperada del AgCl.

Los resultados obtenidos pusieron en evidencia la capacidad reductora de los tres extractos vegetales. Un exceso de extracto en los tres casos genera subproductos disminuyendo el rendimiento de la plata obtenida, además de que se obtiene plata sucia.

Conclusiones

Los resultados muestran la capacidad antioxidante de los extractos vegetales en los tres casos.

De los tres extractos utilizados en la recuperación de la plata, el de diente de león presenta la mayor eficiencia de recuperación.

Se logró obtener plata limpia y brillante, con un rendimiento aceptable, que depende de cada uno de los extractos utilizados y de los componentes de cada uno de ellos.

El uso de extractos vegetales acuosos en la recuperación de la plata contenida en las placas radiográficas resulta una opción eficiente de bajo costo y amigable con el medio ambiente que se enmarca en la denominada *química verde*. Este método ofrece vastas posibilidades teniendo en cuenta la gran diversidad de plantas con amplia variedad de metabolitos que incluyen agentes reductores y estabilizantes en su composición.

En virtud de estos resultados se plantea seguir los estudios con otros tipos de extractos vegetales, así como investigar las cantidades de extracto y los tiempos de reducción óptimos.

Referencias

Brown L. B. (2001). Química. La ciencia central. 9ª Ed. Persson Prentice Hall, Pág. 812-817.

Cabrero F. J. (2004). Imagen radiológica: principios físicos e instrumentación. 1ª Ed. Masson, p. 83-90

Han R. M., Zhang, J. P., Skibsted, L. H. (2012). Reaction Dynamics of Flavonoids and Carotenoids as Antioxidants. *Molecules*, 17: 2140-2160.

Ignat I., Volf, I., Popa V.I. (2011). A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chem.*, 126: 1821-1835.

Jordi F. M., Francesc E. C., Oliver P. R. (2002) Recuperación de la plata de las radiografías. Diversos métodos analíticos y galvánicos que permiten recuperar la plata de las radiografías médica para evitar la contaminación del medio ambiente. *Técnica industrial*, 245.

Makarov V., Makarova S. S., Love A. J. (2014). Biosynthesis of Stable Iron Oxide Nanoparticles in Aqueous Extracts of *Hordeum vulgare* and *Rumex acetosa* Plants. *Langmuir*, 30: 20, 5982-5988.

Naczka, M., Shahidi, F. (2006). Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. *J. Pharm Biomed. Anal.*, 41: 1523-1542.

Pérez S., Carbajal M. E., Romero A. R. (2002). Desarrollo de diferentes técnicas de recuperación de plata y determinación de la eficiencia. *Revista cubana de química*, 14: Nº 1, Pp. 12-20

Skoog, West, Holler y Crouch. (2005). Fundamentos de Química Analítica. Ed. Thomson.

Skoog A.D., West, M. D., Holler, F. J., Crouch, S. R. (2010). Fundamentos de química analítica. 8ª. Ed. CENGAGE. Learning.

Willbanks O. L. (1953). Reclaiming silver from silver chloride residues. *J. of Chem. Educ.* 30: 347