

Síntesis verde de nanopartículas de plata mediante el uso de la hierbabuena (*Allium sativum*) como agente reductor

Meléndez Balbuena Lidia*, Sánchez Muñoz Esteban, Ramírez Monroy Armado, Cabrera Vivas Blanca Martha, Arroyo Carranza Sandra Luz Maribel

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

*Autor para correspondencia: lmbalbuena@hotmail.com

Recibido:

22/abril/2018

Aceptado:

09/octubre/2018

Palabras clave:

Nanopartículas de plata;
Agente reductor; Síntesis Verde

Keywords:

Silver nanoparticles;
Reducing agent; Green Synthesis

RESUMEN

En este trabajo se presenta la evaluación de nanopartículas de plata obtenidas a partir de extracto de hierbabuena (*Mentha piperita*). Se prepararon 5 soluciones, se observó el cambio de color de las soluciones y se realizaron mediciones por Espectrofotometría UV-visible y Microscopía de Fuerza Atómica para confirmar las características de las nanopartículas. Se presentaron picos entre 400 y 470 nm indicando presencia de nanopartículas de plata. Se evidenció una monodispersidad relativamente alta con partículas alrededor de 100 nm. Se corrobora la obtención de nanopartículas mediante este método verde. A futuro es necesario optimizar los parámetros de síntesis para obtener Nanopartículas monodispersas y de menor tamaño.

ABSTRACT

In this work the evaluation of silver nanoparticles obtained from mint extract (*Mentha piperita*) is presented. Five solutions were prepared, the color change of the solutions was observed and measurements were made by UV-visible spectrophotometry and Atomic Force Microscopy to confirm the characteristics of the nanoparticles. Peaks between 400 and 470 nm were present indicating the presence of silver nanoparticles. A relatively high monodispersity with particles around 100 nm was evidenced. The obtaining of nanoparticles by this green method is corroborated. In the future it is necessary to optimize the synthesis parameters to obtain monodisperse and smaller sized nanoparticles.

Introducción

En los últimos años las nanoestructuras de plata han atraído la atención de muchos investigadores, esto es debido a sus propiedades que dan origen a diferentes aplicaciones biotecnológicas y biomédicas tales como aditivos en la industria textil, embalaje de alimentos, inmovilización de proteínas, y desarrollo de materiales optoelectrónicos, etc., mostrando así un auge investigativo en cuanto a su síntesis e inserción en diferentes tipos de materiales. (Han, 2012). Se consideran de gran interés debido a sus propiedades antibacteriales, lo que hace que éste sea un material muy atractivo para crear nanopartículas enfocadas al tratamiento de varias enfermedades causadas por virus o bacterias. (Ravindran, et al., 2013).

Las nanopartículas se pueden sintetizar utilizando compuestos químicos puros, pero este método tiene muchas limitaciones, como ser costoso y peligroso para la salud. Recientemente se ha descubierto un método alternativo para la síntesis verde de nanopartículas que utilizan una fuente biológica. (Zanella, 2012). Debido al impacto que tiene la síntesis de estos materiales en el medio ambiente, en la actualidad se están buscando nuevas alternativas para la producción de nanopartículas que sean más amigables con la naturaleza, y que produzcan una menor cantidad de desechos tóxico. La síntesis de nanopartículas metálicas usando productos naturales ha demostrado producir similares resultados como los producidos por métodos químicos o físicos. La utilización de extractos de plantas para la biosíntesis de nanopartículas metálicas ha ganado considerable importancia debido a la mejora de las propiedades químicas, físicas y biológicas de las partículas sintetizadas por este método. (Philip, 2010; Monge, 2009). En los últimos años se ha incrementado el interés en la búsqueda de antioxidantes naturales, generalmente constituidos por mezclas de compuestos con elevada diversidad molecular y funcionalidad biológica, extractos vegetales contienen antioxidantes, entre los cuales los más importantes son los *compuestos polifenólicos* (Makarov, et al., 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, 2012).

En este trabajo se propone, sintetizar nanopartículas de plata a partir de extracto Hierbabuena, cuya elección viene motivada por su alta disponibilidad y su bajo costo,

no sólo evita utilizar agentes reductores químicos en muchos casos caros y tóxicos, sino que también resulta en un método más económico y ecológico.

Hierbabuena (*Mentha piperita*)

Mentha spicata conocida popularmente como hierbabuena o yerbabuena, es una especie del género *Mentha*, una hierba aromática muy empleada en gastronomía y perfumería por su aroma intenso y fresco.

La hierbabuena es una planta herbácea, perenne de porte robusto, muy aromática con caracteres de especies conocidas como mentas; deriva de la hibridación de la menta negra, que tiene un tono violáceo, y la menta blanca, de un color verde más uniforme.

La hierbabuena ofrece un fuerte aroma que la distingue de otro tipo de mentas. La hoja ha sido ampliamente estudiada y contiene, entre otros componentes, aceite esencial: mentol, mentona, cineol; flavonoides: diosmina, eriocitrina, hesperidina, narirutina, luteolina, rutinósido, entre otros; que le da su olor tan característico y le confiere además sus propiedades farmacológicas (Guedon y Pasquier, 1994).

Metodología

Materiales para la síntesis de NPs. Se usó nitrato de plata (AgNO_3) de la compañía comercial Sigma Aldrich y extracto acuoso de hierbabuena. Para todos los ensayos se usó vidriería lavada con jabón neutro y enjuagada con abundante agua destilada, para luego secarla usando un horno a 180°C .

Preparación del extracto de hierbabuena. Se usaron 100 ml de agua desionizada y 0.5 g de hierbabuena lavada con agua destilada para eliminar la presencia de partículas de polvo o elementos contaminantes de la solución final. La solución fue hervida hasta disminuir su volumen a 70 ml, posteriormente filtro en un sistema al vacío.

Síntesis de nanopartículas. Para la síntesis de las nanopartículas de plata se realizaron 5 soluciones en agua que contenían variaciones en la cantidad de nitrato de plata (AgNO_3) 0.001 M, extracto de hierbabuena. En la Tabla 1 se presentan las 5 soluciones preparadas y sus respectivas concentraciones.

Tabla 1. Soluciones en agua de nitrato de plata (AgNO_3) y extracto de hierbabuena probada para la síntesis de nanopartículas de plata.

Muestra	AgNO_3 0.001 M y 30 ml de extracto de Hierbabuena
1	AgNO_3 (2 ml) + extracto (30 ml)
2	AgNO_3 (4 ml) + extracto (30 ml)
3	AgNO_3 (6 ml) + extracto (30 ml)
4	AgNO_3 (8 ml) + extracto (30 ml)
5	AgNO_3 (10 ml) + extracto (30 ml)

Para la síntesis de nanopartículas con las diferentes soluciones, la reacción se llevó a cabo en un abañero de hielo adicionando a 30 ml de extracto de hierbabuena el nitrato de plata gota a gota con agitación constante, las soluciones se mantuvieron a esa temperatura y bajo agitación constante por 15 minutos. Estas soluciones se dejaron reposar a temperatura ambiente y se almacenaron en un enfriador para posteriores análisis. La síntesis de nanopartículas con cada una de las soluciones se verificó mediante el análisis de cambio de color de la solución (lo cual se debe al fenómeno de resonancia de plasmones superficiales) (Monge, 2009), mediante mediciones de Microscopía de Fuerza Atómica (AFM) ((López y Solares, 2014),) y espectrofotometría UV-visible.

Resultados y discusión

Se obtuvo cambio de color en todas las soluciones en el momento en el cual se adicionó el extracto de hierbabuena como agente reductor de la plata. Se evidenció el cambio del color en todas las disoluciones a un dorado intenso lo cual indicó la posible formación de nanopartículas tal y como se ha evidenciado por otros autores (Ananth, et al., 2011). Este cambio de color se puede observar en la Figura 1, el cambio de color es más intenso para la síntesis con las soluciones 4 y 5.



Figura 1. Cambio de color de las soluciones. Solución antes del proceso de reducción y luego de completarse el proceso de reducción.

Entre las fascinantes propiedades de las nanopartículas metálicas (NPs) destaca la aparición de plasmones de superficie localizados, característicos. Para continuar con el análisis de las soluciones en las cuales se había obtenido evidencia de la síntesis de nanopartículas por el cambio de color, se usó el método de resonancia de plasmón de superficie (SPR). Este consiste en estudiar las propiedades ópticas de los metales nobles por la oscilación de los electrones de conducción causada por su interacción con la radiación electromagnética (Bijanzadeh et al., 2012), cuya naturaleza cuántica es una consecuencia directa del pequeño tamaño de las NPs, del desarrollo de nanocaros cristalinos bien definidos y de que la mayoría de sus átomos están en la superficie, es decir, que la proporción de átomos en la superficie respecto al volumen es muy superior a la del seno del metal. En el caso de nanopartículas de plata el pico del plasmon aparece a una longitud de onda alrededor de los 400 nm y su posición exacta depende del diámetro, de la forma y de la distribución de tamaños de las nanopartículas (Cruz, et al., 2012). Para esto se realizaron mediciones UV-visible y de todas las soluciones, las que mejor resultados presentaron, fueron la número 3, 4 y 5, ya que se observaron picos entre las bandas 400 y 470 nm tal y como ha sido reportado en otros procesos de síntesis de nanopartículas de plata, indicando su presencia como se observa en la Figura 2. La intensidad de este plasmon de superficie aumenta con la dosis de Ag implantada, lo que significa que con una dosis mayor favorecemos la formación de más nanopartículas de plata.

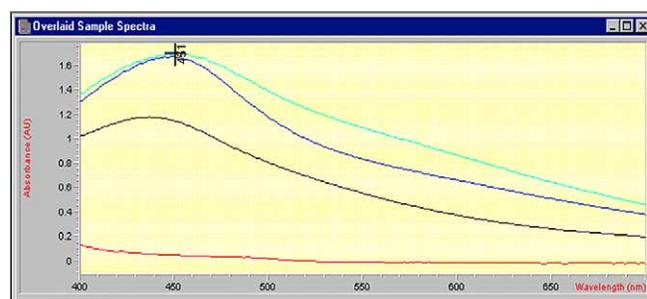


Figura 2. Espectro UV-Visible a 400 y 600 nm de la solución 3, 4 y 5 con las cuales se obtuvieron los mejores resultados de síntesis de nanopartículas.

En la Tabla 2, aparecen las longitudes de onda de los picos de absorbancia de las muestras 3, 4 y 5.

Tabla 2. Picos de absorbancia en UV-vis de las muestras 3, 4 y 5.

Muestras	Longitud de onda
3	437 nm
4	450 nm
5	451 nm

La morfología de las NPsAg realizada con AFM (Nanosurf naio), se ilustra en la figura 3. Para el caso de la solución 5 se observan zonas con agregados de nanopartículas de tamaño considerable, aunque también presenta zonas donde hay menor cantidad de agregados. El análisis de polidispersidad mostró por su parte que las partículas obtenidas con dicha solución mostraron alta dispersión. Estos resultados son validados en la literatura (Ananth et al., 2011). De la misma manera, se puede observar en la Figura 3 que las nanopartículas de la solución 5 son monodispersas y que las partículas obtenidas se encuentran en su mayoría alrededor de 100 nm o menos.

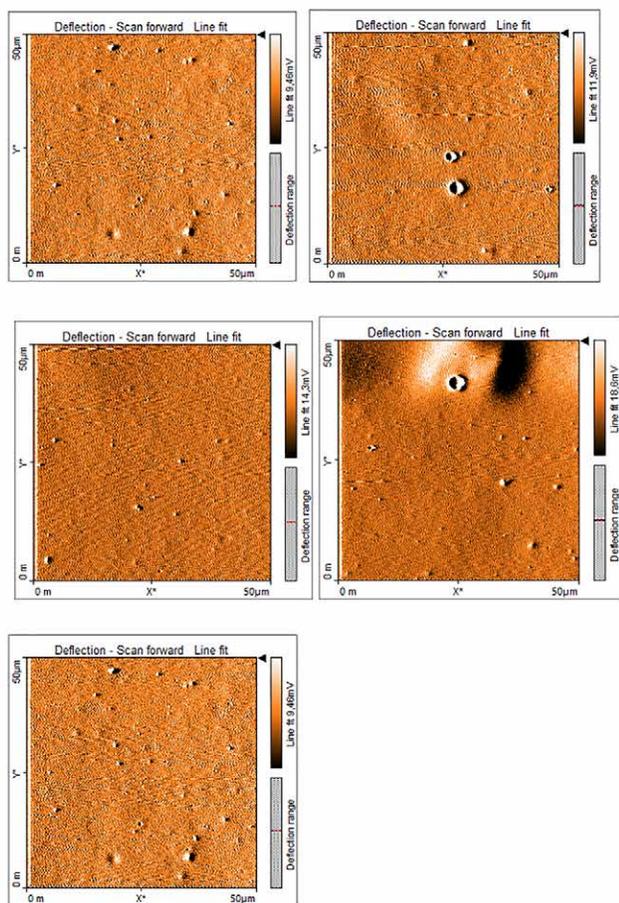


Figura 3. Imágenes AFM de la solución 5.

Los resultados permiten corroborar que en efecto es posible obtener nanopartículas mediante el uso de este método natural y que es necesario controlar o modificar en futuras investigaciones otras variables experimentales (pH, tiempo de reacción y temperatura) para asegurar una mayor monodispersidad y controlar el tamaño de las nanopartículas sintetizadas de esta manera.

Conclusiones

Mediante este método se observa la reducción de los iones de plata en solo 15 minutos mediante el cambio de color de la solución a un dorado/amarillo. La suspensión de nanopartículas de plata (Ag NPs) obtenida fue estable por más de un mes al no mostrar precipitación ni cambio de color.

A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que es viable sintetizar nanopartículas a partir de este método, reduciendo los costos de manufactura y el impacto negativo al medio ambiente debido a que el agente reductor usado es de carácter natural. Cabe resaltar la necesidad de un estudio posterior donde se evalúen de manera más exhaustiva la capacidad antimicrobiana de las nanopartículas obtenidas y los efectos de cada uno de los parámetros de reacción, para así poder conocer el efecto de estos en el tamaño, la morfología de las partículas obtenidas y su efecto antimicrobiano.

Referencias

- Ananth, A. N., Daniel, S. C. G. K., Sironmani, T. A., & Umaphathi, S. (2011). PVA and BSA stabilized silver nanoparticles-based surface-enhanced plasmon resonance probes for protein detection. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 85, 138-144.
- Bijanazadeh, A. R., Vakili, M. R., & Khordad, R. (2012). A study of the surface plasmon absorption band for nanoparticles. *International Journal of Physical Sciences*, 7, 1943 - 1948.
- Cruz D A, Rodríguez M, López J, Herrera V. (2012). Nanopartículas metálicas y plasmones de superficie: una relación profunda. *Avances en Ciencias e Ingeniería*: 3(2), 67-78.
- García L.V., Rojo D. M., Sánchez E. (2001). "Plantas con propiedades antioxidantes". *Revista Cubana de Investigación Biomédica* 20(3): 231-235 (2001).
- Guedon D.J, Pasquier BP, (1994). Analysis and distribution of flavonoid glycosides androsmarinic acid in 40 Menthapiperita clones. *JAgrFoodChem* 42(3):679-684.
- 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.

Monge, M. (2009). Nanopartículas de plata: métodos de síntesis en disolución y propiedades bactericidas. *Anales de Química*, 105, 33-41.

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.

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

Ravindran. A., Chandran. P & Kham. S.S. (2013). Biofunctionalized silver nanopart: Advances and prospects. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*. 105: 342-352.

Philip, D. (2010). Green synthesis of gold and silver nanoparticles using *Hibiscus rosa sinensis*. *Physica E*, 42, 1417–1424.

Zanella R. (2012). Metodologías para la síntesis de nanopartículas: controlando forma y tamaño. www.mundonano.unam.mx | Vol. 5, No. 1, enero-junio, 2012 | Artículos | Mundo Nano |