

Una revisión de la síntesis de nanopartículas de plata por reducción biológica

David Omar Oseguera-Galindo

Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, Centro Universitario de los Valles, Universidad de Guadalajara

Abstract

It is important to work with silver particles at nanometric scale by attractive they are for antimicrobial applications, being this interesting in several disciplines. In this study is presents a review of scientific articles about a recent method, based on in the green synthesis to obtain silver nanoparticles where this method is eco-friendly and is low cost. Furthermore, a description of the fundament of this method is made and the process to prepared these kinds of nanoparticles.

Keywords

Reduction, biosynthesis, silver nanoparticles, biomolecules

Resumen

Es importante trabajar con partículas de plata en tamaños nanométricos porque resultan atractivas para aplicación antimicrobiana, siendo de gran interés en diversas áreas. En este estudio, se hace una revisión de publicaciones científicas sobre un método reciente que se basa en el concepto de síntesis verde para preparar las nanopartículas de plata, debido a que es un método amigable con el medio ambiente y de bajo costo. Así mismo, se hace una descripción del fundamento de este método y del proceso de preparación de las nanopartículas.

Palabras claves

Reducción, biosíntesis, nanopartículas de plata, biomoléculas

Introducción

Históricamente la plata es considerada un metal precioso, se ha empleado para joyería, moneda y en piezas diversas, teniendo así un valor comercial. En el sector salud la plata también es de gran interés, esto por su efecto desinfectante, curativo y por su propiedad anti microbiana. Desde la antigüedad, se usaban vasijas de plata para almacenar agua o vino, ya que se consideraba que se preservaban sus condiciones. En el siglo V, Hipócrates considerado como el padre de la medicina

moderna, utilizaba polvo de plata para el tratamiento de heridas y de úlceras. En los siglos XVII y XVIII se empleó la sal de nitrato de plata (AgNO_3) para el tratamiento de úlceras y su actividad antimicrobiana se estableció en el siglo XIX (Monge, 2008, p. 33). Asimismo, con esta sal se ha encontrado que la plata aumenta la actividad de los antibióticos contra las bacterias gramnegativas, siendo las causantes de ciertas enfermedades (Morones, 2013, p.7).

Dada la importancia de la plata, se ha optado también por explorar su efecto si este material se prepara a tamaño nanométrico, ya que a esta escala la plata presenta propiedades ópticas y electrónicas interesantes. Tan es así, que, a partir de la década de los años 90, se han publicado artículos científicos sobre métodos tanto químicos como físicos para preparar nanopartículas de plata.

La definición de una nanopartícula es un material muy pequeño de un intervalo de tamaño comprendido entre 1 a 100 nm. El atributo más importante de una nanopartícula es su tamaño, donde 1 nm equivale a una mil millonésima parte de un metro ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), es decir si se tiene una nanopartícula de 10 nm, están pequeña que podría decirse que es equivalente a alrededor de 100 átomos. Incluso, material con estas dimensiones no se puede observar en un microscopio óptico, para ello se usa un microscopio electrónico, el cual usa electrones en lugar de luz visible para aumentar la magnificación de la muestra a observar, permitiendo a si la observación de cuerpos a escala nanométrica.

Una de las características ópticas que presentan las nanopartículas de plata es la de presentar un pico de absorción de luz alrededor de 400 nm, es decir este pico aparece por la luz absorbida en un intervalo del ultravioleta y visible. En la figura 1, se presenta un espectro de absorción característico de una muestra con nanopartículas de plata suspendidas en agua, donde claramente se puede observar dicho pico

de absorción. Básicamente, las propiedades ópticas de las nanopartículas dependen del índice de refracción de la plata y del índice de refracción del solvente donde estén suspendidas, así como de su tamaño y de su geometría (Oseguera, 2018, p.1).

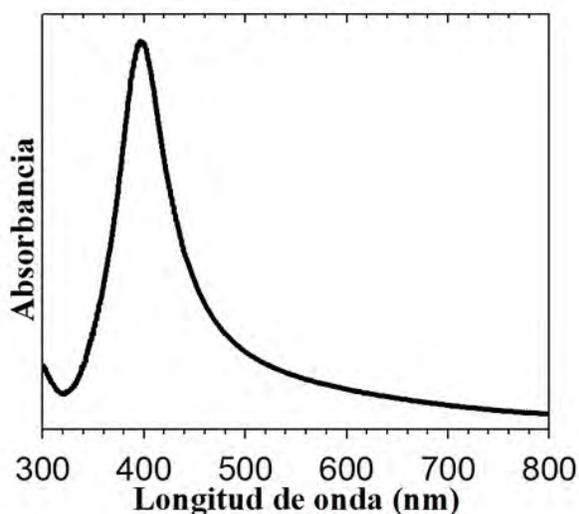


Figura 1. Espectro de absorción UV-Vis de nanopartículas de plata suspendidas en agua destilada (Oseguera, 2018, p.1).

En este trabajo se hace una revisión del método por reducción biológica en la síntesis de nanopartículas de plata, mencionando en que se fundamenta y su importancia para usarse como un método alternativo de síntesis. Para ello, a continuación, se da una breve descripción del método de síntesis por reducción química de la sal de nitrato de plata (AgNO_3).

Síntesis de reducción química

Para preparar nanopartículas de plata, el método comúnmente empleado es por reducción de la sal de AgNO_3 . El cual consiste en usar esta sal como precursor de los iones de plata en dilución líquida con otros reactivos. Estos reactivos tienen la función de reducir los iones de plata (Ag^+) a su estado neutro (Ag^0), esto se logra gracias a la aportación de electrones de los reactivos que a su vez son adquiridos por los iones de plata para reducirse, es decir ocurre una reacción óxido-reducción. Esto, porque al inicio los iones de Ag^{+1} tienen un estado de oxidación

+1, indicando que el átomo de plata ha perdido un electrón y al aceptar otro se reduce, quedando la plata en estado (Ag^0) o dicho de otra manera vuelve hacer átomo de plata, favoreciendo la formación de las nanopartículas de plata. Así mismo, el reactivo debe funcionar como un estabilizante, se refiere a que la carga eléctrica de la superficie de las nanopartículas sea del mismo signo, siendo la fuerza de interacción entre las nanopartículas repulsiva, ayudando a disminuir la aglomeración de las nanopartículas y por consiguiente son más estables en la suspensión con el solvente, siendo esto útil para alguna aplicación específica.

Aunque con el método de reducción química, satisfactoriamente se puede obtener nanopartículas de plata, su inconveniente es que los reactivos suelen ser tóxicos y esto puede afectar, sobre todo si se utilizan las nanopartículas para aplicación anti microbiana. Esto porque se ha reportado actividad de toxicidad con la cantidad de nanopartículas de plata en sistemas biológicos contrario a lo esperado (Vázquez, 2017, p.11). Por ejemplo, con este método, la reducción de la plata durante la síntesis requiere de compuestos como el borohidruro de sodio, hidracina, hipofosfito, entre otros más. Los cuales suelen ser muy costosos y no llegan a ser compatibles con el ambiente (Ledezma, 2014, p.134).

Síntesis de reducción biológica

Con el propósito de emplear agentes no tóxicos en la preparación de las nanopartículas y continuar utilizando la sal de nitrato de plata en dilución, a partir del año 2000 se usó la síntesis verde como un método alternativo para obtener las nanopartículas de plata. Este método también conocido como de química verde o de bio reducción, se fundamenta en el método de reducción química, esto porque también se debe preparar soluciones molares de la sal de nitrato de plata, pero con la diferencia que en la dilución se utiliza extractos e infusiones naturales. Y en lugar de que la reducción de los iones de plata sea por medio de reactivos químicos se hace por

reducción de las moléculas biológicas. Es decir, este método ofrece la posibilidad de sintetizar nanopartículas usando organismos vivos, dentro de los cuales las plantas y los vegetales pueden ser una buena opción para preparar nanopartículas de plata. Por ejemplo, en la obtención de estas nanopartículas, se ha reportado en la literatura científica la síntesis por medio de diluciones de la sal de AgNO_3 con extracto de aloe vera (Chandran, 2006). También, por mencionar más resultados, se han preparado las nanopartículas en extractos de chile piquín, ajo, flor de cempasúchil, hojas de olivo, rosa rugosa, cascara de plátano, hojas de té verde, hojas de durazno, manzana roja, cebolla, limón, mandarina, aceite de coco, cascara de naranja ...etc. En la tabla 1, se menciona la morfología, el tamaño y la referencia bibliográfica de los trabajos publicados que usaron estos extractos naturales en la síntesis. Asimismo, en la figura 2 se presentan dos micrografías de muestras de nanopartículas de plata, resultado de la sal de AgNO_3 en dilución con extracto de cascara de mandarina y de aloe vera (Basavegowda, 2013, p.32, Chandran, 2006, p. 582). Se puede observar en las micrografías que las nanopartículas presentan formas cuasi esféricas.

Vegetal	Morfología	Tamaño (nm)	Referencia
Aloe vera	Esférica	15.2, promedio	(Chandran, 2006)
Chile piquín	Esféricas	45, promedio	(Li, 2007)
Ajo	Esféricas	7.3 , promedio	(Rastogi, 2011)
Hojas de oliva	Esféricas	20-25	(Khalil, 2014)
Flor de cempasúchil	Esféricas, hexagonal, formas irregulares	10-90	(Padalia, 2015)
Hoja rugosa	Esféricas	12, promedio	(Dubey, 2010)
Cascara de plátano	Esféricas	23.7,promedio	(Ibrahim, 2015)
Hojas de te verde	Cuasi esféricas	20-90	(Sun, 2014)
Hojas de cycas	Esféricas	2-6	(Jha, 2010)
Hojas de durazno	Esféricas	40-98	(Ghosal, 2017)
Manzana roja	Esféricas	30.25, promedio	(Ali, 2016)
Cebolla	Esféricas	33.6, promedio	(Saxena, 2010)
Limón	Esférica	25-50	(Prathna, 2011)
Mandarina	Esféricas	5-20	(Basavegowda, 2013)
Aceite de coco	Cuasi esféricas	10-70	(Govarthanan, 2016)
Cascara de naranja	Esféricas	7.36, promedio	(Kahrilas, 2013)

Tabla 1 nanopartículas obtenidas por reducción biológica

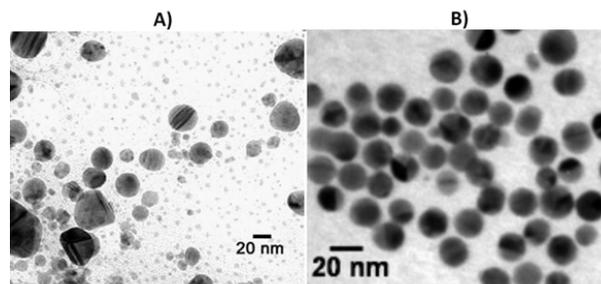


Figura 2. Micrografías de nanopartículas de plata obtenidas por síntesis verde usando A) extracto de cáscara de mandarina y B) de aloe vera (Basavegowda, 2013, p.32, Chandran, 2006, p. 582)

Respecto a los vegetales que aparecen en la tabla podemos decir que la mayoría de este fruto es de uso común a nivel mundial y por supuesto en México. Es una ventaja que la preparación de nanopartículas se pueda llevar a cabo con extractos naturales de estos vegetales, esto por su facilidad de adquisición y por ser de bajo costo. Así mismo, cabe mencionar que hay más trabajos científicos publicados de síntesis verde donde recurren a otro tipo de plantas, frutas y hojas. A todo esto, surge el interés por estudiar las condiciones naturales y moléculas biológicas de los vegetales que ocasionan variaciones en el tamaño de las nanopartículas, como se puede observar en la tabla 1, donde se reporta una dependencia del tamaño con el extracto natural utilizado. Siendo el tamaño de la nanopartícula una característica fundamental para alguna aplicación de interés.

En la figura 3, se presenta un esquema de la síntesis de nanopartículas de plata por reducción biológica, básicamente esto se explica en 4 etapas. En la etapa 1, se ilustra la sal de nitrato de plata AgNO_3 con el vegetal de interés para realizar el experimento. En la etapa 2, es la solución acuosa de AgNO_3 en dilución con el extracto natural, durante esta etapa moléculas de AgNO_3 se disocian generando iones de plata Ag^+ , mientras que las moléculas biológicas ceden iones de Hidrógeno H^+ propiciando así una atmosfera rica en electrones e-. La etapa 3, es precisamente donde comienza la reducción biológica, esto porque la plata Ag^+ esta en estado

oxidado y se reduce al recibir un electrón. Es decir, la plata se reduce a estado neutro Ag^0 esto por la reacción que se indica en el esquema $\text{Ag}^+ + \text{e}^- = \text{Ag}^0$, de allí el concepto de bio reducción. Posteriormente, en la etapa 4 al haber una gran cantidad de átomos de plata estos se enlazan para favorecer la formación de las nanopartículas que se quedan suspendidas en el solvente. Finalmente, después del experimento, la muestra se analiza con un espectrofotómetro, y si aparece un pico de absorción alrededor de 400 nm como el de la figura 1, se puede concluir que en la muestra hay nanopartículas de plata.

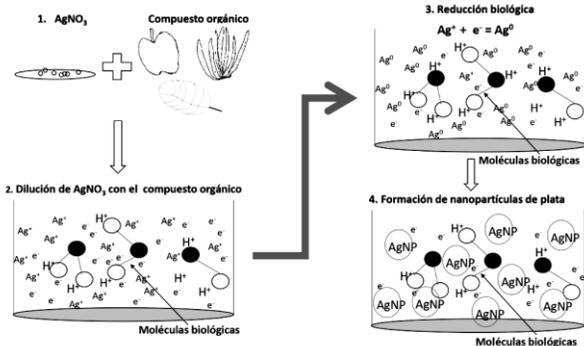


Figura 3. Esquema de la síntesis verde de nanopartículas de plata.

Conclusión

Definitivamente seguirá aumentando más el interés por emplear el método de síntesis por reducción biológica para preparar nanopartículas de plata. Esto por que los ingredientes a utilizar son extractos naturales, esto lo hace un método amigable con el medio ambiente, también es debajo costo y para su preparación es poco el material requerido. Así mismo, la preparación de las nanopartículas por la vía de bio reducción podrían brindar mejor resultado para aplicación anti microbiana, lo cual podría resultar atractivo en el sector salud y agrícola.

Agradecimientos

Quiero expresar mi agradecimiento al programa PRODEP (UDG-PTC-1463). También, profundamente agradezco a CuValles-UDG y al CONACYT por el apoyo que me brindan para

realizar investigación.

Referencias

Ali Z A y cols ., 2016. Green synthesis of silver nanoparticles using apple extract and its antibacterial properties. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2016:1-6

Basavegowda N y cols ., 2013. Synthesis of silver nanoparticles using Satsuma mandarin (Citrus unshiu) peel extract: a novel approach towards waste utilization. *Materials letters*, 109:31-33.

Dubey S. P y cols ., 2010. Green synthesis and characterizations of silver and gold nanoparticles using leaf extract of Rosa rugosa. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 364:34-41.

Govarathanan M y cols ., 2016. Low-cost and eco-friendly synthesis of silver nanoparticles using coconut (Cocos nucifera) oil cake extract and its antibacterial activity. *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*, 44:1878-1882.

Ibrahim H M (2015). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using banana peel extract and their antimicrobial activity against representative microorganisms. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 8: 265-275.

Jha A K & Prasad K (2010). Green synthesis of silver nanoparticles using Cycas leaf. *International Journal of Green Nanotechnology: Physics and Chemistry*, 1: 110-117.

Kahrilas G A y cols ., 2013. Microwave-assisted green synthesis of silver nanoparticles using orange peel extract. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2: 367-376.

Khalil M y cols., 2014. Green synthesis of silver nanoparticles using olive leaf extract and its

- antibacterial activity. *Arabian Journal of Chemistry*, 7: 1131-1139.
- Kumar R y cols ., 2017. Rapid Green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) using (Prunus persica) plants extract: Exploring its antimicrobial and catalytic activities. *Journal of Nanomedicine and Nanotechnology*, 8:1-8
- Ledezma A y cols ., 2014. Síntesis biomimética de nanopartículas de plata utilizando extracto acuoso de nopal (Opuntia sp.) y su electrohilado polimérico. *Superficies y Vacío* 27:133-140
- Li Sy cols ., 2007. Green synthesis of silver nanoparticles using Capsicum annum L. extract. *Green Chemistry*, 9:852-858.
- Monge M (2014). Nanopartículas de plata: métodos de síntesis en disolución y propiedades bactericidas. In *Anales de Química* 105:33-41.
- Morones-Ramirez J R y cols., 2013. Silver enhances antibiotic activity against gram-negative bacteria. *Science translational medicine* 5: 190.
- Oseguera-Galindo, D O y cols., 2012. Effects of the confining solvent on the size distribution of silver NPs by laser ablation. *Journal of Nanoparticle Research*, 14:1-6.
- Padalia y cols ., 2015. Green synthesis of silver nanoparticles from marigold flower and its synergistic antimicrobial potential. *Arabian Journal of Chemistry*, 8:732-741.
- Prathna, T. C y cols ., 2011. Biomimetic synthesis of silver nanoparticles by Citrus limon (lemon) aqueous extract and theoretical prediction of particle size. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 82 :152-159.
- Rastogi L & Arunachalam, J (2011). Sunlight based irradiation strategy for rapid green synthesis of highly stable silver nanoparticles using aqueous garlic (Allium sativum) extract and their antibacterial potential. *Materials Chemistry and Physics*, 129: 558-563.
- Saxena A y cols 2010. Biological synthesis of silver nanoparticles by using onion (Allium cepa) extract and their antibacterial activity. *Dig J Nanomater Bios*, 5:427-432.
- Sun Q y cols ., 2014. Green synthesis of silver nanoparticles using tea leaf extract and evaluation of their stability and antibacterial activity. *Colloids and surfaces A: Physicochemical and Engineering aspects*, 444:226-231
- Vazquez-Muñoz, R y cols ., 2017. Toxicity of silver nanoparticles in biological systems: Does the complexity of biological systems matter?. *Toxicology letters* 276:11-20.