

# Green Synthesis AgNPs menggunakan Bioreduktor Alami Ekstrak Buah Kiwi: Biosintesis, dan Karakterisasi

<sup>1</sup>Erna Fitriany, <sup>1</sup>Andri Priyoherianto, <sup>1</sup>Valiandri Puspadina, <sup>1</sup>M. Rizky Arif, <sup>1</sup>Alfulaila, <sup>2</sup>Masfah Raudlotus Shofiyah  
<sup>1</sup>Akademi Farmasi Mitra Sehat Mandiri Sidoarjo, Indonesia  
<sup>2</sup>Akademi Analis Kesehatan Delima Husada, Indonesia  
\* [ernafitriany9@gmail.com](mailto:ernafitriany9@gmail.com), [nafizaaufaandini@gmail.com](mailto:nafizaaufaandini@gmail.com), [masfah.raudlotus.shofiyah@gmail.com](mailto:masfah.raudlotus.shofiyah@gmail.com)

## ARTICLE INFO

### Article History:

Diterima : 23-02-2023  
Disetujui : 15-03-2023

### Keywords:

Green Synthesis;  
Actinida deliciosa;  
AgNPs



## ABSTRACT

**Abstract:** Green Synthesis or Green Chemistry of silver nanoparticles (AgNPs) has many advantages, one of which is fast, easy, and cheap. AgNPs have many benefits in the health sector. AgNPs are of great interest in the field of nanoparticle development because they have good biomedical and anti-bacterial activities. Bioreducers play an important role in reducing the size of AgNPs, in this study a natural bioreductor in the form of Kiwi extract (*Actinida deliciosa*) was used. Purpose of the study the objective of this research was the biosynthesis of AgNPs using a kiwifruit extract bioreductor. Research methods with extraction of Kiwi, synthesis of AgNPs using Kiwi extract, characterization of AgNPs formed using UV-Visible spectroscopy (UV-Vis), Fourier-transform Infrared Spectroscopy (FTIR), and Particle Size Analyzer (PSA). Research Results that AgNP formation was confirmed by optical performance using UV-VIS spectroscopy and showed an AgNP peak at 415 nm. The C-H, C-N, and C=O groups in *Actinida deliciosa* were confirmed by FTIR. The size of the AgNPs was studied using PSA and a size of 65.01 nm was obtained.

**Abstrak:** Sintesis Hijau atau Kimia Hijau nanopartikel perak (AgNPs) memiliki banyak keuntungan, salah satunya cepat, mudah, dan murah. AgNPs memiliki banyak manfaat dalam bidang kesehatan. AgNPs menjadi perhatian besar dalam bidang pengembangan nanopartikel karena memiliki aktivitas biomedis dan anti bakteri yang baik. Bioreduktor memegang peran penting dalam mereduksi ukuran AgNPs, dalam penelitian ini digunakan bioreduktor alami berupa ekstrak Kiwi (*Actinida deliciosa*). Tujuan penelitian ini adalah biosintesis AgNPs menggunakan bioreduktor ekstrak buah Kiwi. Metode penelitian dengan ekstraksi Kiwi, sintesis AgNPs menggunakan ekstrak Kiwi, karakterisasi AgNPs yang terbentuk menggunakan instrumen spektroskopi UV-Visible (UV-Vis), Fourier-transform Infrared Spectroscopy (FTIR), dan Particle Size Analyzer (PSA). Hasil Penelitian bahwa pembentukan AgNPs dikonfirmasi oleh kinerja optik menggunakan spektroskopi UV-VIS dan menunjukkan puncak AgNP pada 415 nm. Gugus C-H, C-N, dan C=O pada *Actinida deliciosa* dikonfirmasi oleh FTIR. Ukuran AgNPs dipelajari menggunakan PSA dan diperoleh ukuran 65,01 nm.



<https://doi.org/10.31764/justek.vXiY.ZZZ>



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

## A. LATAR BELAKANG

Nanoteknologi merupakan bidang penting dalam bidang penelitian modern. Pendekatan nanoteknologi berkaitan dengan desain, sintesis, dan manipulasi yang dilakukan untuk mendapatkan struktur partikel dengan ukuran berkisar antara 1-100 nm (Harsini et al., 2021; HARSINI et al., 2022). Penggunaan nanopartikel berukuran besar

dalam bidang biomedis menimbulkan tantangan tersendiri dalam metode sintesis. Metode sintesis nanopartikel didasarkan pada tiga pendekatan proses, yaitu kimia, fisika, dan biologi (Nasiri et al., 2018).

Pada penelitian ini, sintesis AgNPs dilakukan secara ramah lingkungan dengan menggunakan teknik green synthesis. Saat ini, sintesis nanopartikel biologis lebih disukai daripada metode fisikokimia, karena dianggap memiliki banyak keuntungan, antara lain: lebih ramah lingkungan, tidak beracun, lebih dapat direproduksi, lebih mudah diskalakan, dan morfologi lebih baik. Sintesis hijau nanopartikel perak disarankan sebagai proses yang ramah lingkungan (tanpa merusak lingkungan) dan berbiaya rendah (Ghosh & Mondal, 2020; Shahid-ul-Islam et al., 2020). Beberapa laporan tersedia mengenai biosintesis nanopartikel logam perak menggunakan ekstrak tumbuhan (Cinelli et al., 2017).

Sumber sintesis biologis nanopartikel adalah mikroorganisme dan tumbuhan. Pemanfaatan tumbuhan untuk sintesis nanopartikel lebih disukai dibandingkan mikroorganisme dengan berbagai alasan, antara lain: langkah yang lebih sederhana, lebih cepat, hemat biaya, lebih biokompatibel sehingga lebih aplikatif untuk digunakan dalam bidang medis. Hampir semua komponen dalam tanaman seperti protein, asam amino, asam organik, vitamin, dan metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, polifenol, terpenoid, komponen heterosiklik, dan polisakarida, memiliki fungsi penting dalam mereduksi garam logam, bertindak sebagai capping dan agen penstabil dalam sintesis nanopartikel (Hitesh & Lata, 2018; Vaid et al., 2020). Aktivitas biologis AgNP bergantung pada faktor-faktor termasuk kimia permukaan, ukuran, distribusi ukuran, bentuk, morfologi partikel, komposisi partikel, pelapisan/penutup, aglomerasi, dan laju disolusi, reaktivitas partikel dalam larutan, efisiensi pelepasan ion, dan jenis sel, dan jenis agen pereduksi yang digunakan untuk sintesis AgNP merupakan faktor penting untuk penentuan sitotoksitas. Pada dasarnya, reduksi garam perak melibatkan dua tahap (1) nukleasi; dan (2) pertumbuhan selanjutnya.

Secara umum, nanomaterial perak dapat diperoleh dengan dua metode, diklasifikasikan sebagai "top-down" dan "bottom-up" (Wen et al., 2014). Penelitian ini menggunakan ekstrak buah kiwi sebagai pereduksi logam perak. Proses awal sintesis nanopartikel perak pada penelitian ini dimulai dengan optimasi parameter sintesis menggunakan instrumen uv-vis, FTIR, dan psa. penggunaan uv-vis digunakan untuk memastikan terbentuknya nanopartikel perak yang dicirikan oleh panjang gelombang yang terbentuk dan perubahan warna. FTIR digunakan untuk mengetahui adanya gugus aktif C=O dan O-H yang berfungsi sebagai reduktor dalam sintesis nanopartikel perak. PSA digunakan untuk menentukan distribusi ukuran rata-rata nanopartikel perak dalam larutan yang disintesis. Tujuan penelitian ini adalah untuk mensintesis AgNPs menggunakan bioreduktor ekstrak Kiwi dan AgNPs dikarakterisasi menggunakan instrumen spektroskopi UV-Vis, FTIR, dan PSA.

## B. METODE PENELITIAN

### 1. Bahan

Silver nitrate ( $\text{AgNO}_3$ ) dari Sigma-Aldrich (Darmstadt), buah kiwi, *Ultra High Pure Water* (UHP), Semua media kultur untuk pertumbuhan bakteri dan jamur. Peralatan kaca direndam dalam asam sulfat dan kemudian dicuci dengan menggunakan air deionisasi. Semua media yang telah disiapkan kemudian disterilkan dengan autoklaf pada suhu ( $121^\circ\text{C}$ ) selama 20 menit. Strain bakteri, *Escherichia coli* (*E.coli*) dan *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*). Kultur bakteri murni ditumbuhkan pada media *Mueller Hinton Agar* (MHA). Setelah itu, masing-masing biakan bakteri disimpan melalui subkultur secara teratur pada media yang sama dan disimpan pada suhu  $4^\circ\text{C}$  sebelum dilakukan penelitian lebih lanjut.

### 2. Pembuatan Ekstrak Tumbuhan

Buah kiwi sebanyak 254,4 gram dihaluskan, kemudian ditambahkan 100 mL UHP. Larutan didiamkan selama 1 jam. Langkah selanjutnya adalah mengaduk dan diamkan pada suhu ruang selama 1 jam. Campuran disaring hingga diperoleh larutan bening berwarna hijau kekuningan. Solusinya disimpan dalam botol kaca gelap pada suhu kamar.



Gambar 1. Preparasi Ekstrak *Actinida deliciosa*

### 3. Sintesis AgNP

Nanopartikel perak disintesis dengan mencampurkan 10 ml ekstrak buah kiwi dengan 50 mL 1mM  $\text{AgNO}_3$ . Larutan diaduk selama 30 menit. Setelah itu 10 mL ekstrak tumbuhan yang tersisa untuk diinkubasi selama 24 jam,  $30^\circ\text{C}$ . Larutan disimpan dalam botol kaca gelap dan ruangan gelap untuk mencegah fotooksidasi. Perubahan warna menunjukkan bahwa nanopartikel perak telah terbentuk. AgNPs hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan UV-VIS, FTIR, dan PSA.

### 4. Teknik Karakterisasi

Nanopartikel perak dikarakterisasi menggunakan UV-Visible Spectrophotometer Simadzu (UV-1800, Jepang) pada 300-700 nm. Gugus fungsi kemungkinan yang terdapat dalam ekstrak tumbuhan diidentifikasi menggunakan analisis FTIR. Ukuran AgNP ditentukan menggunakan Particle Size Analyzer (PSA), Malvern.

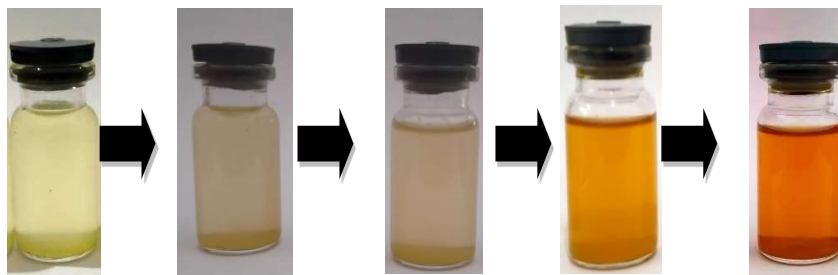


Gambar 2. 10 mL ekstrak *Actinida deliciosa*, diinkubasi selama 24 jam, suhu  $30^\circ\text{C}$ .

## C. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Perubahan Warna Larutan

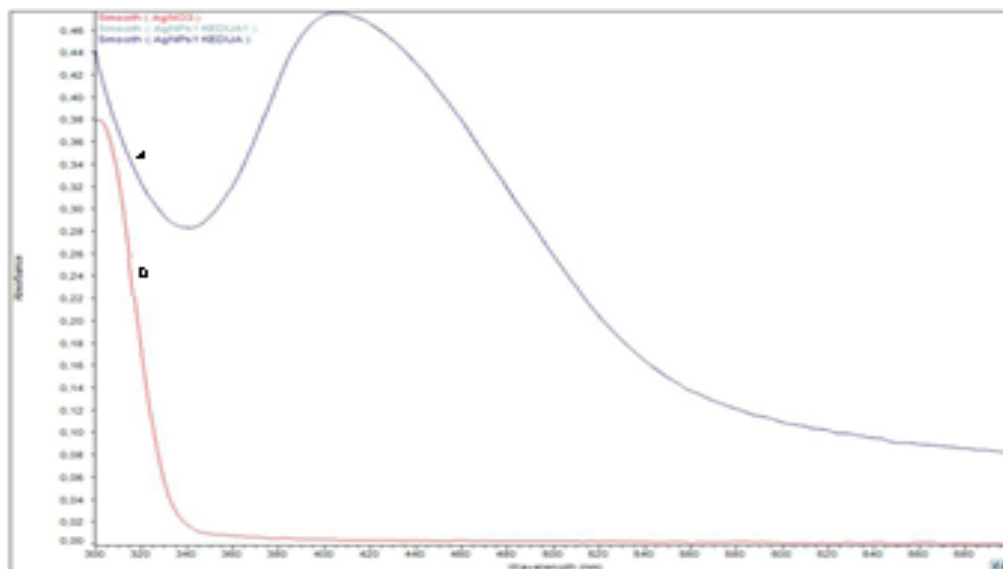
Sintesis nanopartikel perak menggunakan bioreduktor ekstrak tumbuhan sangat menarik bagi para peneliti. Penggunaan ekstrak tumbuhan dinilai mudah, murah, dan ramah lingkungan, serta memberikan hasil nanopartikel yang memuaskan (Sajjad et al., 2022; Waqas et al., 2022). Ekstrak tumbuhan kiwi dapat digunakan sebagai pereduksi karena memiliki senyawa pereduksi yang dapat mengubah ukuran  $\text{AgNO}_3$  menjadi AgNPs (Chen et al., 2022). Perubahan warna larutan perak nitrat dari kuning muda menjadi coklat menunjukkan bahwa AgNPs telah terbentuk. Gambar 3 menunjukkan perubahan warna yang terjadi pada larutan perak nitrat 1 mM dari kuning muda menjadi coklat dengan penambahan 10 mL ekstrak buah kiwi yang diinkubasi selama 24 jam,  $30^\circ\text{C}$ . Perubahan warna ini menunjukkan bahwa AgNPs telah terbentuk akibat Surface Plasmon Resonance (SPR). Sintesis AgNPs kemudian mengalami berbagai metode karakterisasi. Metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak buah kiwi akan menstabilkan ukuran AgNPs dan menyebabkan reduksi ukuran partikel  $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^0$ . Metabolit sekunder tersebut dapat memperkecil ukuran Ag menjadi nanopartikel perak (Guleria et al., 2022; Mir et al., 2022).



Gambar 3. Perubahan warna larutan AgNPs

### 2. Analisis menggunakan Spektrofotometer UV-VIS

Spektrofotometer UV-VIS adalah teknik yang signifikan untuk mengotentikasi pembentukan dan stabilitas AgNPs dalam larutan. Diketahui bahwa AgNPs menunjukkan warna coklat tua, tergantung pada intensitas dan ukuran nanopartikel; warna muncul terjadi karena eksitasi resonansi plasmon permukaan (SPR) dari AgNPs (Naim et al., 2022; Nie et al., 2023). Analisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS digunakan untuk mengkonfirmasi dan mengkarakterisasi pembentukan AgNP melalui perubahan warna yang dihasilkan. Pengamatan dilakukan pada panjang gelombang 300-700 nm. Waktu reaksi berpengaruh nyata terhadap bentuk dan ukuran AgNPs dan spektrum UV-Vis. Berdasarkan Gambar 4 terdapat perbedaan hasil analisis UV-VIS pada larutan ekstrak buah kiwi + larutan Ag dan larutan  $\text{AgNO}_3$ . Larutan murni  $\text{AgNO}_3$  yang digunakan sebagai pembanding tidak menunjukkan adanya puncak saat dianalisis menggunakan UV-VIS. Kita dapat mengamati bahwa ada puncak pada panjang gelombang 415 nm. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya bahwa nanopartikel perak terbentuk pada rentang panjang gelombang 410 dan 450 nm (Magaña-López et al., 2022). Ukuran nanopartikel perak yang terbentuk dikonfirmasi dengan panjang gelombang 415 nm.

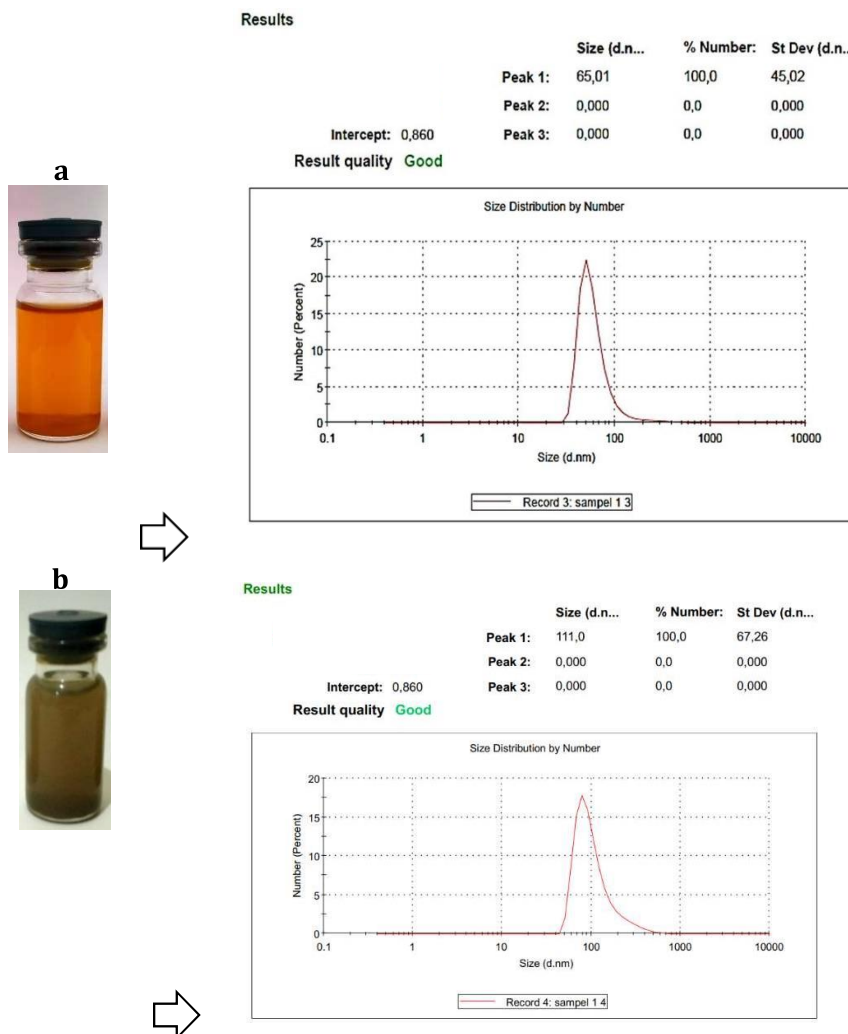


**Gambar 4.** (a) analisa UV- VIS dari ekstrak kiwi +  $\text{AgNO}_3$  (b) Analisis UV- VIS larutan  $\text{AgNO}_3$  1 mM

Berdasarkan pengamatan, nanopartikel perak yang terbentuk stabil selama 14 hari. Setelah lebih dari 14 hari, nanopartikel perak menggumpal. Hal ini ditunjukkan dengan perubahan warna larutan menjadi abu-abu kehitaman (Gambar 5), dari warna tersebut dapat diindikasikan bahwa  $\text{Ag}^0$  sudah teragregasi menjadi bentuk bulk, tidak lagi berupa nanopartikel perak.

### 3. Analisis menggunakan PSA

Sintesis nanopartikel menggunakan agen pereduksi adalah cara paling umum untuk mensintesis AgNPs menggunakan agen pereduksi organik dan anorganik. berlanjut melalui proses untuk menghasilkan larutan perak, hal ini dikarenakan permukaan logam memiliki elektron bebas pada pita konduksi dan inti yang bermuatan positif. Untuk mereduksi larutan  $\text{AgNO}_3$  menjadi nanopartikel, reduktor atau agen pereduksi seperti Natrium borohidrida ( $\text{NaBH}_4$ ), unsur hidrogen, proses poliol, N,N-dimetilformamida (DMF), asam askorbat, poli(etilena glikol)-blok kopolimer, hidrazin, dan amonium format diterapkan untuk reduksi ion perak ( $\text{Ag}^+$ ) dalam larutan (Esmailian et al., 2022; Zhu et al., 2020). Penelitian ini menggunakan ekstrak buah kiwi sebagai bioreduktor yang bertujuan untuk memperkecil ukuran nanopartikel dan menstabilkan ukuran nanopartikel perak. Untuk mengkarakterisasi distribusi ukuran nanopartikel, digunakan PSA. Analisis menggunakan PSA dimaksudkan untuk mengetahui distribusi ukuran partikel AgNPs dalam larutan. Berdasarkan hasil karakterisasi dengan menggunakan instrumen PSA, ukuran sebaran AgNPs sekitar 65 nm. Pendekatan nanoteknologi berkaitan dengan desain, sintesis, dan manipulasi yang dilakukan untuk mendapatkan struktur partikel dengan ukuran berkisar antara 1-100 nm (Esmailian et al., 2022; Harsini et al., 2021; Kalwar & Shan, 2018; Zhu et al., 2020). Namun ketika larutan berubah warna menjadi abu-abu kehitaman dan dianalisis menggunakan PSA, data distribusi ukuran Ag sekitar 111 nm. (Gambar 6). Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa adanya perubahan warna merupakan penanda fisik ketidakstabilan AgNPs yang terbentuk. Jika larutan tetap berwarna coklat menandakan Ag masih berupa nanopartikel, sedangkan jika larutan berubah warna menjadi abu-abu kehitaman menandakan Ag telah menggumpal menjadi bentuk bulk dan tidak lagi berbentuk nanopartikel perak.



#### 4. Analisis menggunakan FTIR

Analisa menggunakan instrumen FTIR digunakan untuk mendeteksi adanya gugus fungsional yang dapat menstabilkan ukuran AgNPs [6]. Berdasarkan data FTIR, beberapa gugus fungsional muncul pada Berdasarkan data FTIR, ditemukan beberapa gugus fungsi pada panjang bilangan yang bervariasi antara lain 618, 1104, 1234, 1383, 1617, 1637, 1745, 2925, dan 3414  $\text{cm}^{-1}$ . Puncak pada panjang bilangan 2925  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya stretching C-H, puncak pada panjang bilangan 1745  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan C=O, dan puncak pada panjang bilangan 1383  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan amida C=N dan puncak pada panjang bilangan 618  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan reduksi dari Ag<sup>+</sup> → Ag<sup>0</sup> dan menstabilkan ukuran Ag<sup>0</sup>.

#### D. SIMPULAN DAN SARAN

Sintesis AgNPs menggunakan ekstrak buah kiwi telah berhasil dikembangkan. Terbentuknya AgNPs yang ditunjukkan dengan perubahan warna larutan dari kuning muda menjadi coklat. AgNPs dalam penelitian ini telah berhasil disintesis dengan menggunakan ekstrak *Actinidia deliciosa*. AgNPs dikarakterisasi menggunakan UV-VIS, PSA, dan FTIR. Pembentukan AgNPs dikonfirmasi oleh kinerja optik menggunakan spektroskopi UV-VIS dan menunjukkan puncak AgNP pada 415 nm. Gugus C-H, C-N, dan



C=O pada *Actinidia deliciosa* dikonfirmasi oleh FTIR. Ukuran AgNPs dipelajari menggunakan PSA dan diperoleh ukuran 65,01 nm.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Akademi Farmasi Mitra Sehat Mandiri Sidoarjo yang telah memberikan pendanaan dalam menjalankan penelitian ini.

## REFERENSI

- Chen, S., Marcelis, L. F. M., & Heuvelink, E. (2022). Far-red radiation increases flower and fruit abortion in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Scientia Horticulturae*, 305(January), 111386. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111386>
- Cinelli, M., Coles, S. R., Nadagouda, M. N., Błaszczyszki, J., Słowiński, R., Varma, R. S., & Kirwan, K. (2017). Robustness analysis of a green chemistry-based model for the classification of silver nanoparticles synthesis processes. *Journal of Cleaner Production*, 162, 938–948. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.113>
- Esmailian, Y., Amiri, M. B., Tavassoli, A., Caballero-Calvo, A., & Rodrigo-Comino, J. (2022). Replacing chemical fertilizers with organic and biological ones in transition to organic farming systems in saffron (*Crocus sativus*) cultivation. *Chemosphere*, 307(June). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135537>
- Ghosh, S., & Mondal, A. (2020). Aggregation chemistry of green silver nanoparticles for sensing of Hg<sup>2+</sup> and Cd<sup>2+</sup> ions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 605(May), 125335. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.125335>
- Guleria, G., Thakur, S., Shandilya, M., Kumar, S., Kumari, P., Sharma, D. K., & Thakur, S. (2022). Synthesis of  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ethyl cellulose-based nanocomposites to extend the shelf-life of *Capsicum annuum* L. var. *grossum*. *Materials Today: Proceedings*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.222>
- Harsini, M., Fitriany, E., Farida, A. N., Suryaningrum, D., Asy'ari, D. N., Widyaningrum, B. A., Paramita, D. R. A., Baktir, A., & Kurniawan, F. (2021). Polymelamine/gold nanoparticle-modified carbon paste electrode as voltammetric sensor of uric acid. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 25(2), 286–295.
- HARSINI, M., WIDYANINGRUM, B. A., FITRIANY, E., AYUPARAMITA, D. R., FARIDA, A. N., FARIDA, A., KURNIAWAN, F., & WIBAWASAKTI, S. C. (2022). Electrochemical synthesis of polymelamine/gold nanoparticle modified carbon paste electrode as voltammetric sensor of dopamine. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 50(4), 100052. <https://doi.org/10.1016/j.cjac.2022.100052>
- Hitesh, & Lata, S. (2018). Green Chemistry Based Synthesis of Silver Nanoparticles from Floral Extract of *Nelumbo Nucifera*. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 6227–6233. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.12.231>
- Kalwar, K., & Shan, D. (2018). Antimicrobial effect of silver nanoparticles (AgNPs) and their mechanism - A mini review. *Micro and Nano Letters*, 13(3), 277–280. <https://doi.org/10.1049/mnl.2017.0648>
- Magaña-López, E., Palos-Barba, V., Zuverza-Mena, N., Vázquez-Hernández, M. C., White, J. C., Nava-Mendoza, R., Feregrino-Pérez, A. A., Torres-Pacheco, I., & Guevara-González, R. G. (2022). Nanostructured mesoporous silica materials induce hormesis on chili pepper (*Capsicum annuum* L.) under greenhouse conditions. *Heliyon*, 8(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09049>
- Mir, T. ul G., Wani, A. K., Singh, J., & Shukla, S. (2022). Therapeutic application and toxicity associated with *Crocus sativus* (saffron) and its phytochemicals. *Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine*, 4(June), 100136. <https://doi.org/10.1016/j.prmcm.2022.100136>
- Naim, N., Ennahli, N., Hanine, H., Lahlali, R., Tahiri, A., Fauconnier, M. L., Madani, I., & Ennahli, S. (2022). ATR-FTIR spectroscopy combined with DNA barcoding and GC-MS to assess the quality and purity of saffron (*Crocus sativus* L.). *Vibrational Spectroscopy*, 123(September),

103446. <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2022.103446>
- Nasiri, J., Rahimi, M., Hamezadeh, Z., Motamedi, E., & Naghavi, M. R. (2018). Fulfillment of green chemistry for synthesis of silver nanoparticles using root and leaf extracts of *Ferula persica*: Solid-state route vs. solution-phase method. *Journal of Cleaner Production*, *192*, 514–530. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.218>
- Nie, J., Yang, J., Liu, C., Li, C., Shao, S., Yao, C., Chen, B., Tao, Y., Wang, F., Zhang, Y., Rogers, K. M., Wang, P., & Yuan, Y. (2023). Stable isotope and elemental profiles determine geographical origin of saffron from China and Iran. *Food Chemistry*, *405*(PA), 134733. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134733>
- Sajjad, M., Ahmad, F., Ali Shah, L., & Khan, M. (2022). Designing graphene oxide/silver nanoparticles based nanocomposites by energy efficient green chemistry approach and their physicochemical characterization. *Materials Science and Engineering B: Solid-State Materials for Advanced Technology*, *284*(February), 115899. <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2022.115899>
- Shahid-ul-Islam, Butola, B. S., & Kumar, A. (2020). Green chemistry based in-situ synthesis of silver nanoparticles for multifunctional finishing of chitosan polysaccharide modified cellulosic textile substrate. *International Journal of Biological Macromolecules*, *152*, 1135–1145. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.202>
- Vaid, P., Raizada, P., Saini, A. K., & Saini, R. V. (2020). Biogenic silver, gold and copper nanoparticles - A sustainable green chemistry approach for cancer therapy. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, *16*(March), 100247. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100247>
- Waqas, M., Ahmed, D., & Qamar, M. T. (2022). Surfactant-mediated extraction of capsaicin from *Capsicum annuum* L. fruit in various solvents. *Heliyon*, *8*(8), e10273. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10273>
- Wen, C., Yin, A., & Dai, W. L. (2014). Recent advances in silver-based heterogeneous catalysts for green chemistry processes. *Applied Catalysis B: Environmental*, *160–161*(1), 730–741. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2014.06.016>
- Zhu, X., Blanco, E., Bhatti, M., & Borrión, A. (2020). Journal Pre-proof. *Science of the Total Environment*, 143747. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109554>