

2021

Eco- friendly, rapid synthesis of silver nanomaterials and their use for biomedical applications

Ayşe Baran

Artuklu University, ayse.gorgec43@gmail.com

Follow this and additional works at: <https://duje.dicle.edu.tr/journal>



Part of the [Engineering Commons](#)

Recommended Citation

Baran, Ayşe (2021) "Eco- friendly, rapid synthesis of silver nanomaterials and their use for biomedical applications," *Dicle University Journal of Engineering*: Vol. 12 : Iss. 2 , Article 16.

Available at: <https://duje.dicle.edu.tr/journal/vol12/iss2/16>

This Research Article is brought to you for free and open access by Dicle University Journal of Engineering. It has been accepted for inclusion in Dicle University Journal of Engineering by an authorized editor of Dicle University Journal of Engineering.



Araştırma Makalesi / Research Article

Gümüş nano malzemelerin çevre dostu, hızlı sentezi ve biomedikal uygulamaları

Eco-friendly, rapid synthesis of silver nanomaterials and their use for biomedical applications

Ayşe Baran

Artuklu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitimler Enstitüsü, Mardin, ayse.gorgec43@gmail.com

MAKALE BİLGİLERİ

Makale geçmişi:

Geliş: 15 Şubat 2021
Düzeltilme: 23 Şubat 2021
Kabul: 23 Şubat 2021

Anahtar kelimeler:

XRD, anti-mikrobiyal, mikro dilusyon, özüt

ÖZET

Bu çalışmada, ceviz yaprakları kullanılarak hazırlanan özüt ile gümüş nano malzemeler çevre dostu hızlı ve basit bir şekilde sentezlendi. Elde edilen bu malzemelerin karakterizasyonu UV-visiblespektrofotometre (UV-Vis.), Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi (FTIR), X- Işınımı Kırınımı Diffraktometresi(XRD), Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), zeta potansiyeli analiz verileri ile belirlendi. Gümüş nano malzemelerin 454.01 nm dalga boyunda maksimum absorpsiyon, 23.66 nm kristal nano boyut, küresel görünüm ve -11.53 mV zeta potansiyeline sahip oldukları belirlendi. Biomedikal uygulamalar için anti-mikrobiyal etkileri patojen türler üzerinde incelendi. Bu türler üzerinde Minimum İnhibisyon Konsantrasyonları (MİK) 0.25-1.0 mg/L olarak mikrodilüsyon yöntemi ile belirlendi.

Doi: 10.24012/dumf.880878

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 15 February 2021
Revised: 23 February 2021
Accepted: 23 February 2021

Keywords:

Bridge pier, local scour, clear water scour, steady flow

ABSTRACT

In this study, silver nanomaterials were synthesized in an environmentally friendly, rapid and simple way with the extract prepared using walnut leaves. Characterization of these materials was determined by UV-visiblespectrophotometer (UV-Vis.), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), X-Ray Diffraction Diffractometer (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM), and Zeta potential analysis data. It was determined that silver nanomaterials have a maximum absorbance at 454.01 nm wavelength, 23.66 nm crystal nano size, spherical appearance and -11.53 mV zeta potential. For biomedical applications, anti-microbial effects were studied on pathogenic species. The Minimum Inhibition Concentrations (MIC) of these species were determined as 0.25-1.0 mg / L by microdilution method.

* Sorumlu yazar / Correspondence
Ayşe BARAN
✉ayse.gorgec43@gmail.com

Giriş

Nanoteknoloji, özellikle materyal biliminde aktif olması ile modern bilim dünyasında önemli bir yere sahiptir. Farklı boyut ve şekillere sahip nano materyallerin sentezlenmesi ve karakterizasyonu gibi konular çalışma alanını oluşturur [1], [2]. Nano materyallerin (nano partiküller) geniş yüzey alanına sahip olmaları, yüksek ısılara dayanıklı olmaları onları üstün yapan niteliklerden bazılarıdır. Bu özellikleri ile materyal bilimi, ilaç endüstrisi, elektronik gibi daha birçok alanda kullanımları mevcuttur [3], [4].

Metalik nanopartiküllerin kullanım alanlarının geniş olması ile kıymetli malzemelerdir. Gümüş (Ag), altın (Au), demir (Fe), çinko (Zn) bunlardan bazılarıdır. Nanopartikülleri elde etmek için ısı işlemler, fotokimyasal ve kimyasal işlemler gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır [5],[6],[7]. Bu yöntemlerin uygulama aşamaları yüksek maliyetler gerektirir. Aynı zamanda işlem sürecinde toksik kimyasalların kullanılmasında bu yöntemlerin dezavantajlı olduklarını göstermektedir. Son zamanlarda biyolojik yöntemler kullanılarak metalik nanopartiküllerin sentezlemesi uygulama kolaylığı çevre dostu oluşu ve maliyetin oldukça düşük olması ile ilgi görmektedir [8], [9].

Gümüş nanopartiküllerin çevre dostu yöntemler ile sentezinde birçok biyolojik kaynak kullanılmaktadır. Mantarlar [10], algler [11], bakteriler [12], bitkiler [13] bunlar arasında yer almaktadır. Bitkiler ile sentezinde daha fazla, hızlı ve hızlı nanopartiküller elde edilir. Ayrıca bu partiküllerin elde edilmesi daha kolay ve medikal uygulamalar için biyoyumlu olma özelliği gösterirler [3], [14], [15].

Bitkilerin yapısında bulunan alkoller, fenolik bileşikler, aromatik gruplar, aminler gibi fitokimyasallar sulu ortamda Ag^+ iyonunu indirgeyerek Ag^0 formunun oluşması ile nanopartikülleri meydana getirirler [16], [17].

Bu çalışmada Mardin bölgesinde yetişen *Juglans regia L.* (ceviz) ağacının yeşil yaprakları ile gümüş nanopartiküllerin (AgNP'leri) çevre dostu, basit, hızlı bir şekilde sentezlenmesi ve patojen mikroorganizmalar üzerinde üreme inhibisyonunun incelenmesi hedeflenmektedir.

Materyal ve metot

Kullanılan kimyasallar ve cihazlar

AgNP'leri sentezinde Sigma aldrich markalı $AgNO_3$ (gümüş nitrat) tuzu kullanılarak 5 mM (milimolar) çözelti hazırlandı. Mikro dilüsyon yönteminde karşılaştırma yapmak için ticari olarak alınmış vankomisin, kolistin ve flukonazol antibiyotikleri kullanıldı.

Perkin elmer one markalı UV-visible spektrofotometre (UV-Vis.) ve Fourier Dönüşümlü Kızılötesi spektroskopisi (FTIR), RadB-DMAX II bilgisayar kontrollü X-ışını Difraktometresi (XRD), EVO 40 LEQ Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), RadB-DMAX II bilgisayar kontrollü Enerji Dağılımlı X-ışınımı Kırınımı, Malvern marka Zeta potansiyeli cihazları kullanıldı. Partikülleri çöktürmek için de yüksek devirli OHAUS FC 5706 marka model cihaz ile santrifüj yapıldı.

Sentez ve karakterizasyon

Ceviz yaprakları yeşil formda ağustos ayı sonunda toplandı. Önce musluk suyu ve ardından distile su ile bir kaç kez yıkandı oda koşullarında kurutuldu. Kuruyan yapraklardan 100 gr alındı ve 500 ml distile su ile kaynatıldı. Oda koşullarında soğutulup süzgeç kağıdı ile süzme yapılarak sentez için kullanılmak üzere özüt elde edilmiş oldu.

250 ml 5 mM $AgNO_3$ çözeltisi ile 500 ml özüt karıştırılarak basit bir elle karıştırmanın ardından oda koşullarında sabit bir zemin üzerinde bırakıldı. Renk değişimi izlendi.

AgNP'lerin oluşum ve varlığını belirlemek için renk değişimine bağlı olarak belli aralıklar ile alınan numunelerle UV-vis. spektrofotometre cihazında dalga boyu taramaları yapılarak absorbanslar okundu. İndirgemenen sorumlu biyoaktif bileşenlere ait fonksiyonel grupları değerlendirmek amacıyla FTIR cihazı dataları incelendi. Sentez sonunda sulu ortamdan AgNP'leri çöktürmek için yüksek devirli santrifüj cihazı ile 9000 rpm de santrifüj yapıldı. Elde edilen partiküller 75°C'de kurutuldu. Kristal boyutlarını ve yapılarını değerlendirmek üzere XRD verileri incelendi. Morfolojik görünümleri ve element içerikleri SEM-EDX

verileri ile belirlendi. AgNP'lerin yüzey yük dağılımı Zeta potansiyeli analiziyle belirlendi.

AgNP'lerin medikal uygulamalar için anti-mikrobiyal etkilerinin incelenmesi

AgNP'lerin anti-mikrobiyal etkileri patojen suşlar üzerinde Mikro Dilüsyon yöntemi kullanılarak Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (MİK) ile belirlendi.

Patojen suşlardan *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) ATCC 29213, *Escherichia coli* (*E. coli*) ATCC25922 ve *Candida albicans* (*C. albicans*) İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Mikrobiyoloji Laboratuvarından, *Bacillus subtilis* (*B. subtilis*) ATCC 11774 ve *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*) suşları ise Mardin Artuklu Üniversitesi Mikrobiyoloji Araştırma Laboratuvarından tedarik edildi.

Katı formadaki besiyeri plaklarından üremiş olan patojen suşların her biri için Mc Farland standardı 0.5 [18] bulanıklığa göre mikroorganizma süspansiyonları hazırlandı. 96'lık mikro plakala kuyucuklarına bakteriler için Muller Hinton sıvı besiyeri, maya için Roswell Park Memorial Institute (RPMI) sıvı besiyeri eklendi. İlk kuyucuğa $16 \mu\text{g/mL}^{-1}$ konsantrasyonda hazırlanan AgNP çözeltisi eklenip ilk kuyucuktan başlayarak bir seri mikro dilüsyon yapıldı. Sonrasında her suş için Mc Farland 0.5 standart bulanıklık ile hazırlanan mikroorganizma süspansiyonundan kuyucuklara ekleme yapıldı.

AgNP'lerin aktivitelerini karşılaştırmak için ticari olarak temin edilen gram pozitif suşlar (*S. aureus* ve *B. subtilis*) için vankomisin, gram negatif suşlar (*E. coli* ve *P. aeruginosa*) için kolistin antibiyotikleri ile maya *C. albicans* için de flukanazol antibiyotiklerine aynı şekilde mikro dilüsyon uygulandı. Mikro plakalar 37°C de 24 saat inkübasyona bırakıldı. Ardından üreme kontrolü yapılarak üremenin başladığı kuyucuktan bir önceki kuyucuk MİK olarak belirlendi.

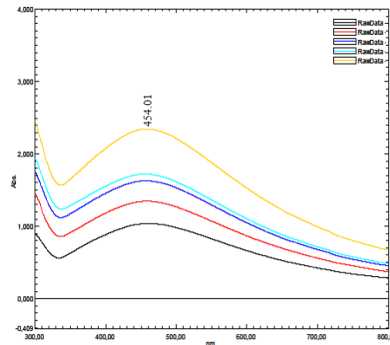
Bulgular ve tartışma

Sentez ve karakterizasyon verileri

Özüt ve AgNO₃ çözeltisi karıştırıldıktan bir kaç dakika sonra sarıdan kahverengiye olan hızlı renk dönüşümü izlendi (Şekil 1.) [19]. AgNP'lerin oluşumu sırasında indirgemeye bağlı olarak plazma yüzeyinde meydana gelen titreşimler (SPR) ile renk değişimi meydana gelmektedir [20]. Renk değişimine bağlı olarak UV-vis. spektroskopide yapılan okumalarda 454.01 nm dalga boyunda maksimum absorpsiyon değeri bulundu (Şekil 2). Yapılan benzer çalışmalarda 450 nm [21] ve 451 nm [22] maksimum dalga boyları ve sarıdan kahverengiye olan renk değişimi [23] AgNP'lerin oluşumu ve varlığı ile ilişkilendirilmiştir.



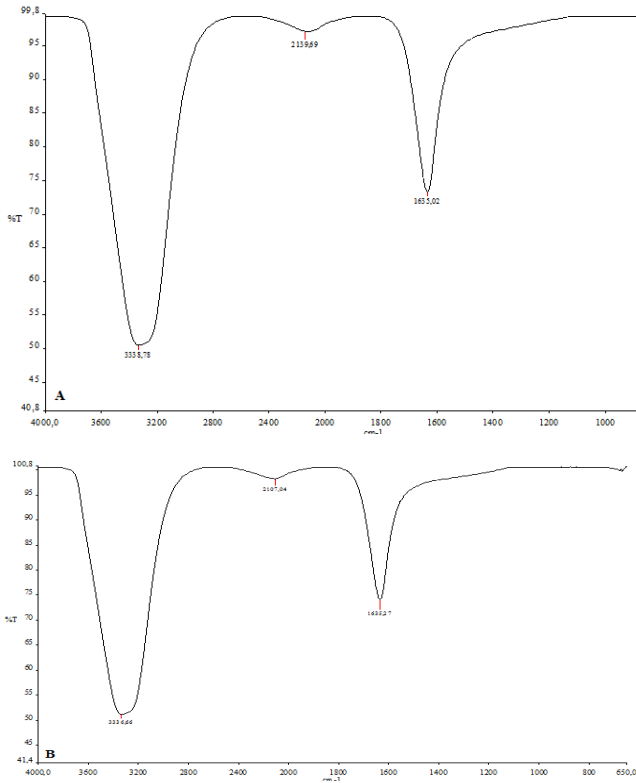
Şekil 1. A. Reaksiyondan sonra AgNP'lerin oluşumuna bağlı meydana gelen renk değişimi B. Özüt görünümü



Şekil 2. AgNP'lerin oluşum ve varlığını gösteren UV-vis. Spektrofotometre verileri

FTIR datalarında indirgemeye katılan fonksiyonel gruplar incelendiğinde $3338.78\text{-}3336.66 \text{ cm}^{-1}$ ve $2139.69\text{-}2107.04 \text{ cm}^{-1}$ meydana gelen frekans kaymaları sırası ile –OH(hidroksil) grupların [24] ve C≡C alkin

grupların [25] indirgemenen sorumlu olabileceğini göstermektedir (Şekil 3.).



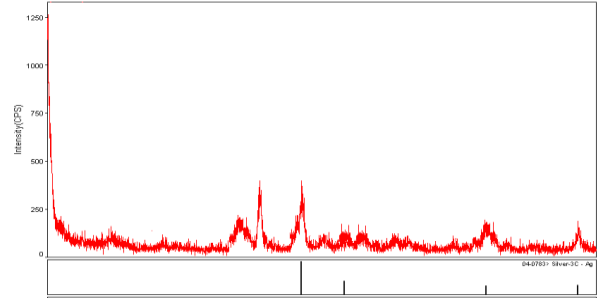
Şekil 3. İndirgemenen sorumlu fonksiyonel grupların değerlendirilmesi **A.** özütleme, **B.** sentez sonrası reaksiyon sıvı içeriğine ait FTIR dataları

AgNP'lerin kristal yapıları ve nano boyutları XRD ile 2θ da bulunan sonuçlara göre değerlendirildi. 111° , 200° , 220° ve 311° pikler gümüş nano kristallerin kubik yapıda olduklarını belirtir [26]. Bu piklere ait değerler sırası ile 38.01, 44.32, 64.51 ve 77.20 olarak okunarak kristal nano boyut belirlemek için kullanıldı (Şekil 4.). Kristal nano boyutu Debye-Scherrer eşitliği ile hesaplandı [27],[28].

$$D = K\lambda / (\beta \cos\theta) \quad (1)$$

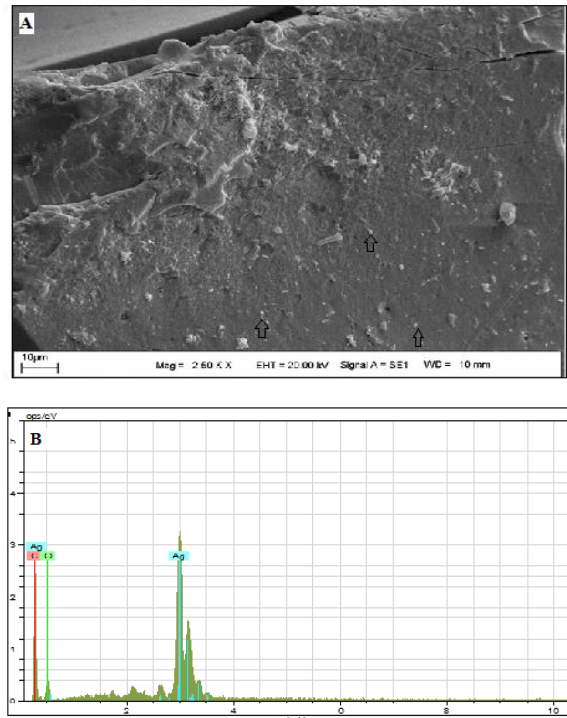
Eşitlikte; D= partikül boyutu, K=sabit değeri (0.90), λ =X-ray dalga boyu değeri (1.5418 \AA), β =maksimum yüksekliğe sahip pikin FWHM değerinin yarısı, θ = yüksek pike ait Bragg açısını ifade etmektedir.

Elde edilen AgNP'lerin 23.66 nm kristal nano boyuta sahip oldukları hesaplandı. Bazı çalışmalarda AgNP'lerin bu eşitlik kullanılarak 30.25 nm [8] ve 18.17 [25] nm kristal nano boyutta oldukları belirtilmiştir.



Şekil 4. AgNP'lerin XRD dataları

Şekil 5' de AgNP'lerin morfolojik yapıları ve element kompozisyonlarını belirlemek için SEM-EDX verileri incelendi. SEM grafisinde AgNP'lerin küresel görünümde [29] oldukları tespit edildi. EDX verilerinde ise gümüşe ait güçlü pikler AgNP'lerin varlığını göstermektedir. Carbon ve oksijenden gelen zayıf pikler ise özütten gelen kirlilikten kaynaklanmaktadır [30].

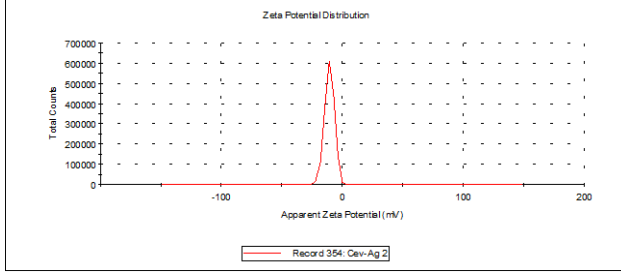


Şekil 5. AgNP'lerin SEM-EDX grafiği; **A.** Morfolojik görümleri **B.** Element kompozisyonları

Elde edilen AgNP'lerin yüzey yüklerini belirlemek için yapılan zeta potansiyeli analizi sonucu – 11.53 mV olarak bulundu (Şekil 6).

Çevre dostu sentez çalışmalarında elde edilen AgNP'lerin zeta potansiyelleri -14 mV [24] ve - 19 mV [31] olarak tespit edilmiştir.

AgNP'lerin yük bakımından negative dağılım göstermeleri önemlidir. Elde edilen AgNP'lerin sadece negatif yüke sahip olmaları kümelenmenin ve topaklanmanın olmadığını ve kararlı olduklarını belirtir [32].



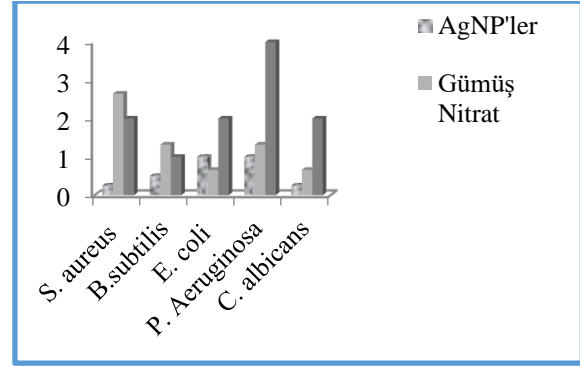
Şekil 6. AgNP'lerin yüzey yüklerini gösteren zeta potansiyeli analiz verileri

AgNP'lerin anti-mikrobiyal etkilerinin incelenmesi

Patojen suşlar üzerinde AgNP'lerin, antibiyotiklerin ve 5 mM gümüş nitrat çözeltisinin anti-mikrobiyal etkileri mikro dilüsyon yöntemi ile MİK belirlenerek karşılaştırıldı. Patojen suşlar üzerinde 0.25-1.0 µg/mL konsantrasyonların etkili olduğu tespit edildi. Bu konsantrasyonlar antibiyotik ve gümüş nitrat çözeltisi ile kıyaslandığında daha düşük konsantrasyonda etkili olduklarını göstermektedir (Tablo 1 ve Şekil 7).

Tablo 1. Mikro dilüsyon yöntemi ile elde edilen MİK değerleri

Patojen Suş	AgNPs µg/mL	Silver Nitrat µg/mL	Antibiyotik µg/mL
<i>S. aureus</i> ATCC 29213	0.25	2.65	2
<i>B.subtilis</i>	0.5	1.32	1
<i>E. coli</i> ATCC25922	1.0	0.66	2
<i>P. aeruginosa</i>	1.0	1.32	4
<i>C. albicans</i>	0.25	0.66	2



Şekil 7. Patojen suşlar üzerinde MİK uygulamalarının değerleri

Metalik gümüş iyonları kuru haldeyken inört özellik gösterirler. Sulu bir yapı içerisinde iyonize olurlar ve yüksek reaktivite gösterirler. İyonize olmuş gümüşler elektro statik çekim kuvveti ile mikroorganizmalar ile temas kurarlar [21], [33]. Reaktif oksijen türlerinin (ROS) artışına sebep olurlar. Artan ROS ile hücre duvarı, hücre membranı ve nükleus membranının yapısı bozulur [34]. Önemli biyomoleküllerin DNA, RNA gibi yapıların bu türlere karşı affinitesi bulunmaktadır. Dahası vital enzimlerin tiyol gruplarının bu türler ile güçlü bağ kurma özellikleri bulunmaktadır. Bu yapılarında faaliyetlerine etki ederek işlevlerini bozar ve hücre yıkımı ile ölümüne neden olurlar [35].

Yapılan benzer çalışmada yeşil çay özütü ile elde edilen AgNP'lerin *S. aureus*, *E. coli* ve *P. aeruginosa* bakterileri için sırası ile MİK değerleri 250 µg/mL, 15 µg/mL ve 30 µg/mL olarak belirtilmiştir [28]. *Zea mays L.* yaprak özütü ile elde edilen AgNP'lerin *S. aureus* üzerinde 0.33 µg/mL [36] ve bir diğer çalışmada ise *C. albicans* ve *B. subtilis* türleri için MİK 50 µg/mL ve 25 µg/mL olarak raporlanmıştır [37].

Sonuçlar

Nano malzemelerin birçok kullanım alanı mevcuttur. Bu malzemelerin farklı elde etme metodları mevcuttur. Çevre dostu biyoaktif bileşiklerin kullanıldığı yöntemler büyük ilgi görmektedir. Bu yöntemin maliyeti düşük ve uygulama aşamaları kolay ve basittir. Özel şartlar gerektirmez ayrıca toksik kimyasalların uygulama sürecinde olmayışı da avantaj sağlamaktadır.

Juglans regia L. (ceviz) ağacının yeşil yaprakları ile elde edilen özüt ile AgNP'ler özütte bulunan fitokimyasalların indirgeme kapasitesi ile hızlı, ekonomik ve basit bir şekilde yüksek enerji gereksinimi olmadan sentezlendi. Bu AgNP'ler UV-vis., FTIR, EDX, XRD, SEM ve Zeta potansiyeli cihaz verileri ile karakterize edildi. AgNP'lerin küresel görünümde oldukları, 454.01 nm dalga boyunda maksimum absorbans ve 23.66 nm kristal nano boyut sahip oldukları belirlendi.

AgNP'lerin medikal uygulamalar için patojen türler üzerinde anti-mikrobiyal etkileri mikro dilüsyon yöntemi kullanılarak MİK tespit edildi. Antibiyotiklerden daha düşük 0.25-1.0 µg/mL konsantrasyonların etkili olduğu belirlendi.

Uygulama adımları geliştirilerek biyomedikal ve ilaç endüstrisi gibi alanlarda kullanımları anti-mikrobiyal ajan arayışına katkı sağlayabilir.

Kaynaklar

- [1] Narayan, S., Dipak, S., (2015). Green synthesis of silver nanoparticles using fresh water green alga *Pithophora oedogonia* (Mont .) Wittrock and evaluation of their antibacterial activity. *Applied Nanoscience*. **5**, 703–709.
- [2] Sudhakar, C., Selvam, K., Govarthanan, M., (2015). *Acorus calamus* rhizome extract mediated biosynthesis of silver nanoparticles and their bactericidal activity against human pathogens. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. **13** (2), 93–99.
- [3] Ojo, O.A., Oyinloye, B.E., Ojo, A.B., Afolabi, O.B., Peters, O.A., Olaiya, O., Fadaka, A., Jonathan, j., Osunlana, O., (2017). Green Synthesis of Silver Nanoparticles (AgNPs) Using *Talinum triangulare* (Jacq .) Willd . Leaf Extract and Monitoring Their Antimicrobial Activity. *Journal of Bionanoscience*. **11**, 292–296.
- [4] Baran, M.F., Keskin, C., Atalar, MN., Baran, A., (2021). Environmentally Friendly Rapid Synthesis of Gold Nanoparticles from *Artemisia absinthium* Plant Extract and Application of Antimicrobial Activities. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. **11** (1), 365–375.
- [5] Mohammadi, F., Yousefi, M., and Ghahremanzadeh, R., (2019). Green Synthesis , Characterization and Antimicrobial Activity of Silver Nanoparticles (AgNPs) Using Leaves and Stems Extract of Some Plants. *Advanced Journal of Chemistry-Section A*. **2** (4), 266–275.
- [6] Baran, M.F., Saydut, A., Umaz, A., (2019). Gümüş nanomalzeme sentezi ve antimikrobiyal uygulamaları. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi*. **10** (2), 689–695.
- [7] Baran, M., (2019). *Prunus avium* kiraz yaprağı özütü ile gümüş nanopartikül (AgNP) sentezi ve antimikrobiyal etkisinin incelenmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi*. **10** (1), 221–227.
- [8] Ali, Z.A., Yahya, R., Sekaran, S.D., Puteh, R., (2016). Green synthesis of silver nanoparticles using apple extract and its antibacterial properties. *Advances in Materials Science and Engineering*. **2016**, 1–6.
- [9] Baran, M. F., Saydut, A., (2019). Altın nanomalzeme sentezi ve karakterizasyonu. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi*. **10** (3), 1033–1040.
- [10] S, Majeed., Mohd, S. A., Gouri K. D., Mohammed, T.A., Anima, N., (2016). Biochemical synthesis of silver nanoparticles using filamentous fungi *Penicillium decumbens* (MTCC-2494) and its efficacy against A-549 lung cancer cell line. *Chinese Journal of Natural Medicines*. **14** (8), 615–620.
- [11] Mousavi, S.A., Almasi, A., Navazeshkh, F., Falahi, F., (2019). Biosorption of lead from aqueous solutions by algae biomass: Optimization and modeling. *Desalination and Water Treatment*. **148**, 229–237.
- [12] Gopalu, K., Matheswaran J., Alexander,

- G., Juan, Antonio LT., Evgeny, K., D.K., (2016). Rapid Biosynthesis of AgNPs Using Soil Bacterium *Azotobacter vinelandii* With Promising Antioxidant and Antibacterial Activities for Biomedical Applications. *The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society*. **69**, 1206–1212.
- [13] Eren, A., Baran, M.F., (2019). Fıstık (*Pistacia vera* L .) Yaprğından Gümüş Nanopartikül (AgNP)' lerin Sentezi , Karakterizasyonu ve Antimikrobiyal Aktivitesinin İncelenmesi Synthesis , Characterization and Investigation of Antimicrobial Activity of Silver Nanoparticles (AgNP). **6** (2), 165–173.
- [14] Ramkumar, V.S., Pugazhendhi, A., Gopalakrishnan, K., Sivagurunathan, P., Saratale, G.D., Dung, T.N.B., Kannapiran, E., (2017). Biofabrication and characterization of silver nanoparticles using aqueous extract of seaweed *Enteromorpha compressa* and its biomedical properties. *Biotechnology Reports*. **14**, 1–7.
- [15] Ahmed, M.J., Murtaza, G., Rashid, F., Iqbal, J., (2019). Eco-friendly green synthesis of silver nanoparticles and their potential applications as antioxidant and anticancer agents. *Drug Development and Industrial Pharmacy I*. **45** 1682–1694.
- [16] Patil, M.P., Singh, R.D., Koli, P.B., Patil, K.T., Jagdale, B.S., Tipare, A.R., Kim, G.D., (2018). Antibacterial potential of silver nanoparticles synthesized using *Madhuca longifolia* flower extract as a green resource. *Microbial Pathogenesis*. **121**, 184–189.
- [17] Song, J.Y., Kim, B.S., (2009). Rapid biological synthesis of silver nanoparticles using plant leaf extracts. *Bioprocess and Biosystems Engineering*. **32** (1), 79–84.
- [18] Baran, M.F. (2019) Synthesis and Antimicrobial Applications of Silver Nanoparticles From *artemisia absinthium* plant. *Biological and Chemical Research*. **6**, 96–103.
- [19] Li, G., He, D., Qian, Y., Guan, B., Gao, S., Cui, Y., (2012). Fungus-Mediated Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Aspergillus terreus*. *International Journal of Molecular Sciences*. **13**, 466–476.
- [20] Kumar, V., Gundampati, R.K., Singh, D.K., Bano, D., Jagannadham, M. V., Hasan, S.H., (2016). Photoinduced green synthesis of silver nanoparticles with highly effective antibacterial and hydrogen peroxide sensing properties. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. **162**, 374–385.
- [21] Swamy, M.K., Akhtar, M.S., Mohanty, S.K., and Sinniah, U.R., (2015). Synthesis and characterization of silver nanoparticles using fruit extract of *Momordica cymbalaria* and assessment of their in vitro antimicrobial, antioxidant and cytotoxicity activities. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. **151**, 939–944.
- [22] Baran, M.F., (2019). Alıç Bitkisinin Yaprak Özütü Kullanılarak AgNP'erin Yeşil Sentezi ve Anti Mikrobiyal Aktivitelerinin Değerlendirilmesi. in: Gece Kitaplığı, pp. 113–119.
- [23] Pechyen, C., (2020). A flower shape-green synthesis and characterization of silver nanoparticles (AgNPs). *Integrative Medicine Research*. **9** (5), 11003–11012.
- [24] Remya, R.R., Rajasree, S.R.R., Aranganathan, L., Suman, T.Y., (2015). An investigation on cytotoxic effect of bioactive AgNPs synthesized using *Cassia fistula* flower extract on breast cancer cell MCF-7. *Biotechnology Reports*. **8** 110–115.
- [25] Baran, M.F., Koç, A., Uzan, S., (2018). Kenger (*Gundelia tournefortii*) Yaprğı İle Gümüş Nanopartikül(Agnp) Sentezi, Karakterizasyonu ve Antimikrobiyal Uygulamaları. *International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*. **5**, 44–52.

- [26] Sampaio, S., Viana, J.C., (2018). Production of silver nanoparticles by green synthesis using artichoke (*Cynara scolymus* L.) aqueous extract and measurement of their electrical conductivity. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*. **9** (4), 1–10.
- [27] Baran., M.F., (2019). Synthesis , Characterization And Investigation Of Antimicrobial Activity Of Silver Nanoparticles From *Cydonia Oblonga* Leaf. *Applied Ecology and Environmental Research*. **17** (2), 2583–2592.
- [28] Rolim, W.R., Pelegrino, M.T., de Araújo Lima, B., Ferraz, L.S., Costa, F.N., Bernardes, J.S., Rodrigues, T., Brocchi, M., Seabra, A. B., (2019). Green tea extract mediated biogenic synthesis of silver nanoparticles: Characterization, cytotoxicity evaluation and antibacterial activity. *Applied Surface Science*. **463**, 66–74.
- [29] Thomas, B., Vithiya, B.S.M., Prasad, T.A.A., Mohamed, S.B., Magdalane, C.M., Kaviyarasu, K., Maaza, M., (2018). Antioxidant and Photocatalytic Activity of Aqueous Leaf Extract Mediated Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* . *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*. **19** (5), 2640–2648.
- [30] Arumai Selvan, D., Mahendiran, D., Senthil Kumar, R., Kalilur Rahiman, A., (2018). Garlic, green tea and turmeric extracts-mediated green synthesis of silver nanoparticles: Phytochemical, antioxidant and in vitro cytotoxicity studies. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. **180**, 243–252.
- [31] Oliveira, A.C. de J., Araújo, A.R. de, Quelemes, P.V., Nadvorny, D., Soares-Sobrinho, J.L., Leite, José Roberto Sousa, A. S., Edson Cavalcanti, S., Durcilene A., (2019). Solvent-free production of phthalated cashew gum for green synthesis of antimicrobial silver nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*. **213**, 176–183.
- [32] Patil, M.P., Singh, R.D., Koli, P.B., Patil, K.T., Jagdale, B.S., Tipare, A.R., Gun D., (2018). Antibacterial potential of silver nanoparticles synthesized using *Madhuca longifolia* flower extract as a green resource. *Microbial Pathogenesis*. **121**, 184–189.
- [33] Durán, N., Durán, M., Jesus, M.B. De, Seabra, A.B., Fávoro, W.J., Nakazato, G., (2015). Silver Nanoparticles: A New View on Mechanistic Aspects on Antimicrobial Activity. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*. **12** (3), 789–799.
- [34] Singh, P., Garg, A., Pandit, S., Mokkapati, V.R.S.S., (2018). Antimicrobial Effects of Biogenic Nanoparticles. *Nanomaterials*. **8** (12), 1–19.
- [35] Gopinath, V., Priyadarshini, S., Loke, M.F., Arunkumar, J., Marsili, E., MubarakAli, D., Vadivelu, J., (2017). Biogenic synthesis, characterization of antibacterial silver nanoparticles and its cell cytotoxicity. *Arabian Journal of Chemistry*. **10** (8), 1107–1117.
- [36] Eren, A., Baran, M.F, (2019). Green Synthesis , Characterization And Antimicrobial Activity Of Silver Nanoparticles (Agnps) From Maize (*Zea mays* L .). *Applied Ecology and Environmental Research*. **17** (2), 4097–4105.
- [37] Emmanuel, R., Palanisamy, S., Chen, S., Chelladurai, K., Padmavathy, S., Saravanan, M., Fahad M.A, (2015). Antimicrobial ef fi cacy of green synthesized drug blended silver nanoparticles against dental caries and periodontal disease causing microorganisms. *Materials Science & Engineering C*. **56** 374–379.