

KENGER (*GUNDELIA TOURNEFORTII*) YAPRAĞI İLE GÜMÜŞ NANOPARTİKÜL (AGNP) SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE ANTİMİKROBİYAL UYGULAMALARI

Mehmet Fırat BARAN

Mardin Artuklu Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, Artuklu/Mardin

*mfiratbaran@gmail.com

Adil KOÇ

İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği, Battalgazi/Malatya

Serhat UZAN

Dicle Üniversitesi Fen Fakültesi, Diyarbakır/Turkey

ÖZET

Nanopartikül sentezinde, çevre dostu ve ekonomik olması sebebiyle, biyolojik yöntemle sentezin her geçen gün önemi artmaktadır. Bu çalışma atık durumundaki kenger (*Gundelia tournefortii*) bitkisel kaynakla gümüş nanopartiküller (AgNP'ler) sentezlenmiştir. Elde edilen AgNPs'lerin karakterizasyonu ultraviyole ve görünür ışık absorpsiyon spektrofotometresi (UV-vis), termogravimetrik ve difarensiyel termal analiz (TGA-DTA), taramalı elektron mikroskobu (SEM), X-ışını kırınımı (XRD) ve enerji dağılımlı X-ışını (EDAX) analizleri ile ortaya konulmuştur. 18.17 nm boyutlarında küresel görünümlü AgNP'ler gözlemlenmiştir. Sentezlenen bu nanopartiküller gram pozitif *Staphylococcus aureus*, gram negatif *Escherichia coli* bakterileri ve *Candida albicans* mayası üstünde güçlü etki göstermiştir. *S. aureus*, *E. coli*, ve *C. albicans* için minimum inhibisyon konsantrasyonları sırası ile 0.183, 0.0115 ve 0.367 mg/mL olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kenger yaprağı, AgNP'ler, Antimikrobiyal etki.

Synthesis, Characterization and Antimicrobial Applications of Silver Nanoparticles (AgNPs) with Kenger (*Gundelia Tournefortii*) Leaf

ABSTRACT

Since nanoparticle synthesis is environmentally friendly and economical, synthesis by biological methods is increasing day by day. In the present study, silver nanoparticles (AgNPs) were synthesized with plant source (*Gundelia tournefortii*) in waste state. The characterization of the obtained AgNPs is characterized by ultraviolet and visible light absorption spectroscopy (UV-vis), thermogravimetric and differential thermal analysis (TGA-DTA), scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD) and energy dispersive X-EDX) analysis. 18.17 nm spherical AgNPs were observed. These synthesized nanoparticles had a strong effect on gram-positive *Staphylococcus aureus*, gram-negative *Escherichia coli* bacteria, and *Candida albicans* yeast. The minimum inhibitory concentrations for *S. aureus*, *E. coli*, and *C. albicans* were 0.183, 0.0115 and 0.367 respectively. mg / mL has been determined.

Keywords: *Gundelia tournefortii* leaf, AgNPs, Antimicrobial effect.

GİRİŞ

Nanoteknoloji 1-100 nm arasında boyutlara sahip materyallerin kullanımını içerir(Santhoshkumar ve ark. 2017). Bu partiküller yukarıdan aşağı (top-down) ya da aşağıdan yukarı (top-up) olmak üzere iki biçimde sentezlenirler (Din ve ark. 2018). Nanopartiküllerin sentezinde biyolojik, fiziksel, kimyasal yöntemler kullanılır. Toksik kimyasallar içermemesi ve daha ucuz olmaları sebebi ile biyolojik kaynaklarla sentez diğer yöntemlere nazaran daha fazla ilgi görmektedir(Nagajyothi ve ark. 2018: Jamdagni ve ark. 2016: Goutamve ark. 2018). Biyolojik yöntemle sentezde bakteri, mantar, virüs, alg ve bitkilerin çeşitli kısımları kullanılır (Umamaheswari ve ark. 2018: Santhoshkumar ve ark. 2017). Sentezlenen nanopartiküllerin karakterizasyonu ultraviyole ve görünür ışık absorpsiyon spektrofotometresi (UV-vis), taramalı elektron mikroskobu (SEM), X-ışını kırınımı (XRD) ve enerji dağılımlı X-ışını (EDX) analizleri ve FTIR gibi cihazlar kullanılarak yapılmaktadır((Santhoshkumar ve ark. 2017).

Kullanım alanları oldukça yaygın olan metalik nanopartiküller (altın,nikel,çinko, gümüş, platinyum, bakır vd.) gıda ürünleri, çeşitli kozmetik ürünler vb. malzemelerin yapısına konmaktadır. Medikal sanayinde, kataliz çalışmalarında, tarım endüstrisinde antikanser ve antimikrobiyal ajan olarak kullanımları mevcuttur (Veisi ve ark. 2018:Seyedi, ve ark. 2018). Ayrıca toksik maddelerin bioremidasyonunda kullanılırlar(Umamaheswari ve ark. 2018).

Cystoseira baccata ile altın NP'ler sentezlenmiş ve bu partiküller kolon kanseri hücrelerinde yıkıcı özellik göstermiştir (Gonzalez ve ark. 2017). *Origanum vulgare* yaprak özütü ile grafen oksit ve palladyum NP'ler sentezlenmiş ve bunlar sodyum barbutat varlığında 4- nitrofenol metilen mavisi ve turuncusu üzerinde giderim açısından etkili olduğu ayrıca zamana karşı kararlılığını koruduğu gözlemlenmiştir (Seyedi, ve ark. 2018). Çinko oksit nanopartiküller etkili antibakteriyel aktiviteleri ile çoklu inorganik nanopartikülerden biridir. *Aloe* bitki özütü ile nano partiküller sentezlenmiş ve bunların patojen bakteriler ve funguslara karşı etkili aktivite gösterdikleri tespit edilmiştir (Gunalan ve ark. 2012). Nikel ve nikel oksit NP'leri *Calotropis gigantea* yaprak özütü ile sentezlenmiş, ve boya gideriminde etkili olduğu tespit edilmiş ve ayrıca antimikrobiyal ajan olarak da etkili olduğu görülmüştür (Din ve ark. 2018). *Thymbra spicata* bitki özütü kullanılarak gümüş nanopartiküller sentezlenmiş ve bunların boya gideriminde etkili olduğu belirtilmiştir (Santhoshkumar ve ark. 2017). *Lippia nodiflora* bitki özütü kullanılarak gümüş nanopartiküller sentezlenmiş antimikrobiyal ve anti oksidan ajan olarak etkili oldukları söylenmiştir (Veisi ve ark. 2018). *Milletia pinnata* çiçek özütü ile AgNP'ler sentezlenmiş ve bunların güçlü bir antimikrobiyal aktivite gösterdikleri rapor edilmiştir(Supraja ve ark. 2017). *Momordica charantia* meyve özütü ile sentez sonucu elde edilen AgNP'lerin bakteri ve funguslar üzerindeki antimikrobiyal aktivitelerine bakılmış ve etkili olduğu tespit edilmiştir (Gopinath ve ark. 2017).

Bizim çalışmamızda kenger (*Gundelia tournefortii*) bitkisinin atık durumundaki yaprak özütü kullanılarak AgNP'lerin sentezi ve bunların antimikrobiyal aktivitelerinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

MATERYAL ve METOT

Sentezlenen AgNP'lerin karakterizasyonu için; UV Görünür Spektrofotometre çalışmada AgNP'lerin yüzey titreşimlerinin ektisi ile oluşum ve varlığının izlenmesinde kullanıldı. SEM analizi örneklerin yüzey morfolojisi hakkında bilgi edinmek için kullanılır. Enerji ayrımlı X-Ray Spektrometre donanımlı SEM örneklerin element kompozisyonunun analizine olanak sağlamaktadır. X-ışını Kırınımı (XRD) cihazı ile bu çalışmada sentezlenen nano malzemelerin kristal yapısal durumu hakkında bilgi verir. Fourier Transform Infrared Spektrum Cihazı (FT-IR) çalışmada kullanılan özütün yapısında indirgemede söz konusu fonksiyonel grupların varlığı hakkında bilgi edinmek için kullanılır. Sentezlenen AgNP'ler TGA ve DTA ile analiz edildi.

Çalışmada özüt hazırlanmasında kullanılan bitki türü kenger (*Gundelia tournefortii*) bitkisinin yaprakları Mardin bölgesinde toplandı ve safsu ile yıkanıldıktan sonra kurutularak çalışmada kullanıldı.

1 mM(milimolar) 1000 ml $AgNO_3$ beher ortamında bir miktar kurutulmuş kenger (*Gundelia tournefortii*) bitkisinin yeşil yapraklarından elde edilen özüt eklendi. Oda koşullarında bekletildi. Renk değişimine bağlı olarak farklı zamanlarda UV-vis ölçümleri yapılarak AgNP'lerin oluşumu ölçümler sonucunda tespit edildi. AgNP'lerin sulu matriksten ekstraksiyonu için 6.000 rpm de 10 dakika santrifüj edildi. Elde edilen katı kısım 70 °C de etüvde kurutuldu. Daha sonra kuruyan madde havanda dövülerek karakterizasyonda kullanılmak üzere hazır hale getirildi.

AgNP'lerin Antimikrobiyal Etkilerinin Saptanması

Sentez sonucu elde edilen AgNP'ler den belirli bir miktar tartıldıktan sonra üzerine 5 ml distile su kondu ve karıştırıldı daha sonra ultrasonik banyoda 40 dakika bekletildi.

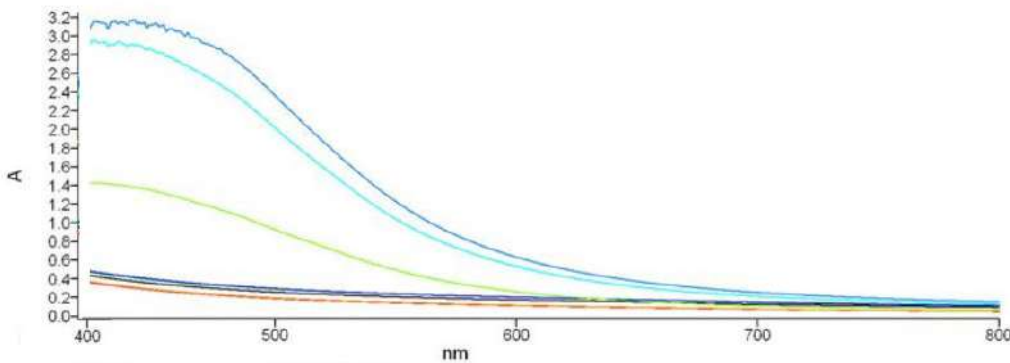
Uygulama da Gram negatif bakteri *E.coli* ATCC 25922, Gram pozitif *S.aureus* ATCC 29213 suşları ve *C.albicans* mikroorganizmalarının bir gece inkübasyona bırakılmış kültürleri kullanıldı.

Antimikrobiyal aktivitesine minimum inhibe edici konsantrasyona (MİK) bağlı olarak bakıldı. Mikrodilüsyon yöntemi ile yürütülen uygulamalarda mikropilaya kuyucuklarına belirli besiyeri eklendi. Ayarlanmış konsantrasyonlarda bir seri dilüsyon yapıldı ve ardından AgNP çözeltileri eklendi. Akabinde 0,5 McFarland'a göre hazırlanan ve ayarlanan mikroorganizma çözeltilerinden belirli miktarda eklenip 37 °C inkübasyona alındı. İnkübasyon sonrasında üremenin sonlandığı en düşük konsantrasyon MİK değeri açısından belirlenen aralık oldu.

46

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada kenger (*Gundelia tournefortii*) yaprağından hazırlanan bitki özütü kullanılmıştır. 1 mM $AgNO_3$ içeren çözelti ile muamele edilerek oda koşullarında farklı zaman dilimlerinde (5, 10, 15, 20, 25 ve 30 dak) UV-vis renk değişimi gözlemlenerek reaksiyonun olduğu UV spektrumlarına bağlı olarak tespit edildi. Bu çalışmada nanopartiküllerin maksimum dalga boyu aralığı 430-440 nm arasında olduğu şekil:1 de görülmektedir. *Madhuca longifolia* bitki özütü ile yapılan çalışmada ki UV verileri bunu desteklemektedir (Sarkar et ve ark. 2018). Yapılan bir diğer çalışmada da benzer durum gözlenmektedir (Wongpreecha ve ark. 2018)



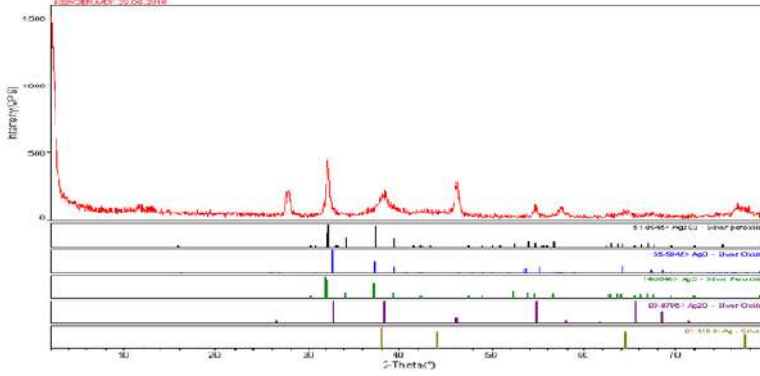
Şekil:1. Gümüş Nanopartiküllerin Zamana Bağlı Olarak UV Görünür Spektrofotometresindeki Maksimum Absorbansları

Sentezlenen AgNP'lerin kristal yapı analizi ve faz analizi X- Işınlı Kırınım (XRD) tekniği kullanılarak yapıldı. AgNP numunesi için elde edilen X- Işınlı kırınım deseni şekil: 2'de gösterilmektedir. Elde edilen kırınım deseninde sentezlenen AgNP yapısının 111, 200, 220 ve 311 deki karakteristik pikleri ($2\theta = 32.41^\circ, 46.33^\circ, 64.90^\circ$ ve 77.75° değerleri ile) elde edilmiştir. *Rubus*

ellipticus ve *Enteromorpha compressa* bitki özütleri ile yapılan çalışmalardaki XRD verileri benzer özellikleri göstermektedir (AlQahtani ve ark. 2017). Elde edilen AgNP'lerin kristal tanecik boyutu Debye-Scherrer's eşitsizliğinden yararlanılarak;

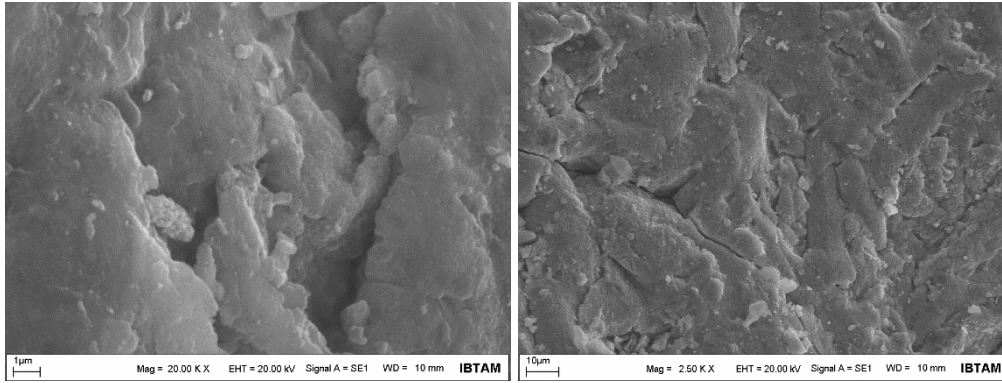
$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta}$$

sentezlenen nanopartiküllerin boyutunun 18.17 nm olduğu hesaplanmıştır.

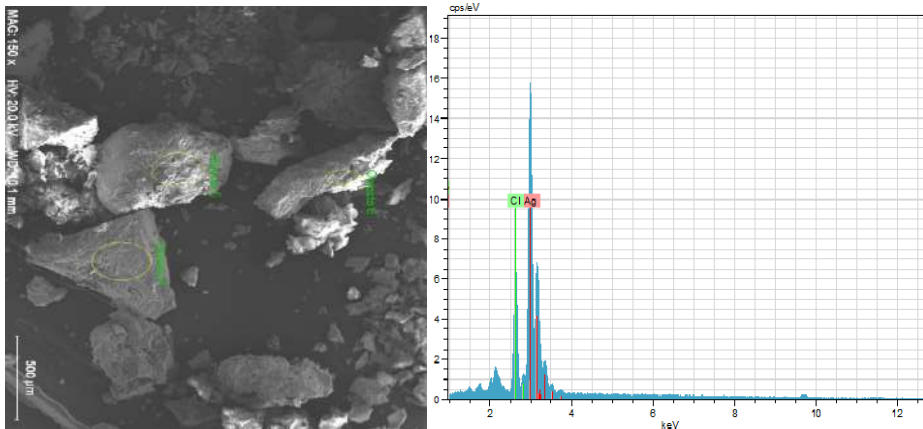


Şekil:2. Gümüş nanopartiküllerin X-Işını Kırınımı (XRD) cihazı ile kristal yapısı

Sentezlenen AgNP'lerin SEM analizinde görülmektedir ve bunun yanı sıra EDX analizi yapılarak sentezlenen parçacıkların elementel formda olduğu gözlenmiştir (Şekil 3 ve Şekil 4).



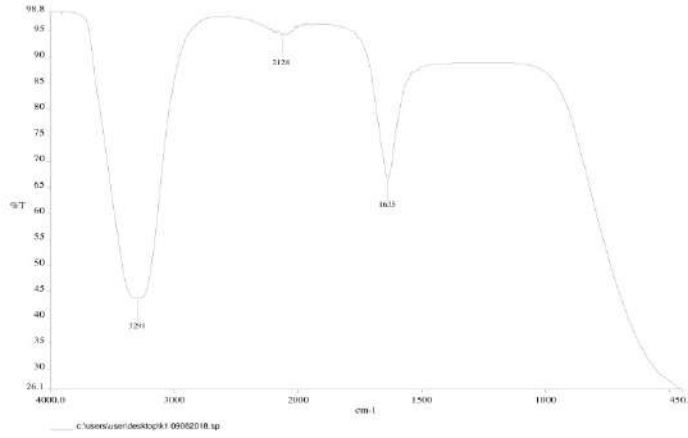
Şekil:3 Sentezlenen Gümüş Nanopartiküllerin Yapılan SEM Analizlerinin Görüntüleri.



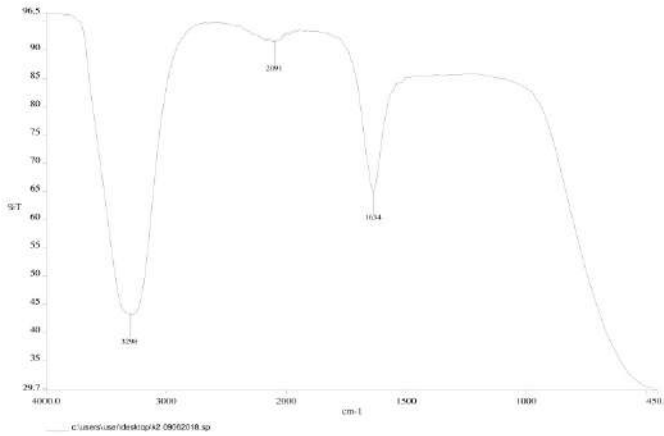
Şekil:4. EDAX Analizi ile Gümüş Nanopartiküllerin Element kompozisyonu

FTIR sonucunda görüldüğü gibi (Şekil:5' de) bitki özütü ve AgNP'lerin sonucu karşılaştırıldığında bağlanmanın $3291-3298 \text{ cm}^{-1}$ -OH, $1635-1634 \text{ cm}^{-1}$ I amid bandı, $2128 -2091$

cm^{-1} $\text{C}\equiv\text{C}$ alkin grubunda bağlanmanın indirgemedeki rol alan fonksiyonel gruplar olduğu düşünülmektedir. Yapılan çalışmalarda da benzer karakteristik özellikler görülmektedir (Begum ve ark. 2009; Arumai ve ark. 2018).



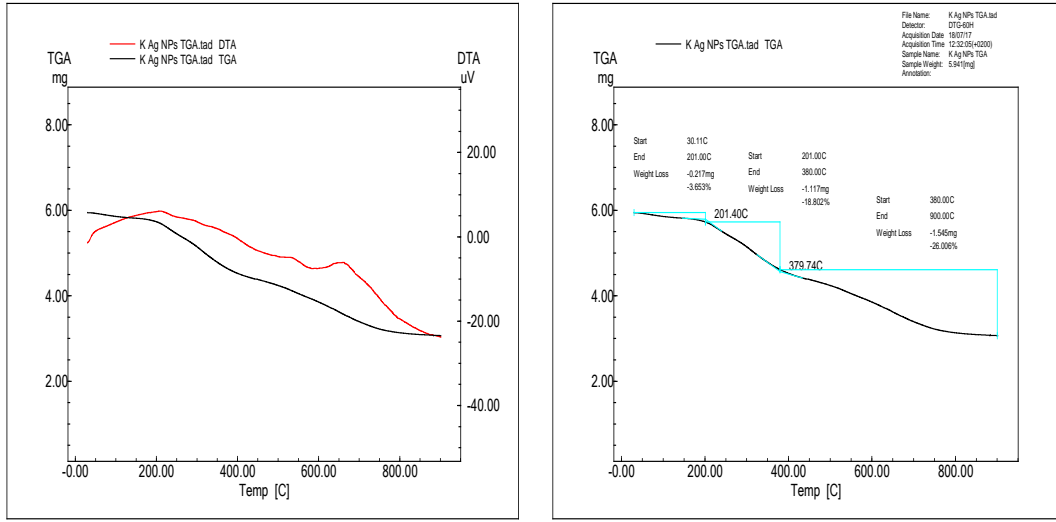
a)



b)

Şekil:5. FT-IR Analizi İle Gümüş Nanopartikül Oluşumunda Ekili Fonksiyonel Gruplar A). Kenger (*Gundelia Tournefortii*) Bitki Öztünün FT-IR Sonucu B) Reaksiyon Sonucunda Bitki Özütle İle Gümüş Nitrat Etkileşiminden Sonraki FT-IR Sonucu.

TGA –DTA bulguları sonucunda sentezlenen AgNP'ler 25-900 °C arasında TGA ve DTA verileri 10°C/dak ısıtma hızıyla $\text{N}_2(\text{g})$ atmosferinde 20 mL/dak akış hızıyla analiz edildi.



Şekil:6. Sentezlenen AgNP'lerin TGA–DTA Analiz Sonucu.

25-201 °C de kütle kaybının nemden kaynaklandığını 201-379 °C de ki kütle kaybının bitki özütünden gelen fitokimyasallardan meydana geldiğini ve 379-900 °C de ise maddenin bozulduğunu şekil:5 de ki verilerde görülmektedir. Yapılan çalışmada sentzedikleri AgNP'lerin kütle kaybının 50-800°C TGA verileri rapor edilmiştir (Ali ve ark. 2015).

AgNP'lerin antimikrobiyal aktiviteleri sonucunda ise; zamanla kullanılan antibiyotiklere karşı direnç geliştiren fungus ve bakteriler için farklı antimikrobiyal ajan kullanımları her geçen gün daha çok dikkat çekmektedir. Bundan dolayı, alternatif ve farklı kaynaklar ile elde edilen AgNP'lerin antimikrobiyal aktiviteleri birçok araştırmacının dikkatini çekmiş ve bu etkileri ortaya koyan araştırmaları yayınlamışlardır. Yeşil ve siyah çay özütleri kullanılarak sentezlenen AgNP'lerin gram negatif (*E.coli*) ve pozitif (*S. aureus*) bakterileri üstündeki antimikrobiyal aktiviteleri belirtilmiştir (Ali ve ark. 2016). Yapılan bir diğer çalışmada biyolojik kaynakla sentezlenen AgNP'lerin *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 üzerine antimikrobiyal etki gösterdiği söylenmiştir (Wang ve ark. 2017). Başka bir çalışmada da çevre dostu sentez yöntemiyle elde edilmiş AgNP'ler bakteriler üzerinde onları olumsuz yönde etkilemiştir (Shao ve ark. 2018).

Uyguladığımız çalışmada ise kenger (*Gundelia tournefortii*) bitkisinin özütü kullanıldı ve elde edilen AgNP'lerin gram negatif *E. coli* ATCC 25922 ve gram pozitif *S. aureus* ATCC 29213 suşları üzerine olası antibakteriyel etkisi ve *C. albicans* üzerine de antifungal aktivitelerine bakılmıştır. AgNP ve 1mM gümüş nitrat'ın MİK değerleri belirlendi. Çalışmamızda flukonazol, vankomisin ve Colistin antibiyotikleri kullanılmıştır. Elde ettiğimiz bulgularda AgNP'lerin gümüş nitrata oranla daha belirgin bir aktivite ortaya koyduğu çizelge 4.2'de de görülmektedir. Ayrıca sentezlediğimiz bitkisel kaynaklı nanopartiküllerin çok düşük konsantrasyonlarda bile antimikrobiyal etki yaptığı göstermiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1.AgNP'lerin MİK değerleri ($\mu\text{g/mL}$).

ORGANİZMA	AgNP	GÜMÜŞ NİTRAT	ANTİBİYOTİK
<i>S. aureus</i> ATCC 29213	0.183	0.500	0.50
<i>C. albicans</i>	0.367	0.500	0.50
<i>E. coli</i> ATCC25922	0.0115	1.000	0.125

SONUÇ ve ÖNERİLER

Gümüş nanopartikül sentezinde çevre dostu yöntemler sentez aşamasında toksik kimyasallar içermemesi ve daha ucuz olmaları sebebiyle her geçen gün önemini artırmaktadır. Bizim de biyolojik yöntemle atık durumundaki bitkisel kaynaktan elde ettiğimiz gümüş ve gümüş oksit nanopartiküller karakterize edilmiştir. Bunların antibiyotik ve gümüş nitrata göre kayda değer farkı antimikrobiyal ajan arayışına katkı sağlayabilir bu sebeple medikal uygulamalarda biyoyumlu olmasından kullanımı söz konusu olabilir.

Birçok atık durumundaki bitkisel kaynak benzer yöntemlerle geri dönüşümde değerli bir göstere olabilir. Bu sebeple atıkların değerlendirilmesi çalışmalarla daha verimli hale getirilebilir.

KAYNAKLAR

Ali, Khursheed, Ahmed, Bilal, Dwivedi, Sourabh, Saquib, Quaiser, Al-Khedhairi, Abdulaziz, A. Musarrat, Javed 2015. "Microwave Accelerated Green Synthesis of Stable Silver Nanoparticles with Eucalyptus Globulus Leaf Extract and Their Antibacterial and Antibiofilm Activity on Clinical Isolates." *PLoS ONE* 10(7): 1–20.

Ali, Zainal Abidin, Rosiyah Yahya, Shamala Devi Sekaran, and R. Puteh. 2016. "Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Apple Extract and Its Antibacterial Properties." *Advances in Materials Science and Engineering* 2016.

AlQahtani, Fatma Saeed, AlShebly, Mashaal Marzouq, Govindarajan, Marimuthu, Senthilmurugan, Sengamalai, Vijayan, Periasamy, Benelli, Giovanni 2017. "Green and Facile Biosynthesis of Silver Nanocomposites Using the Aqueous Extract of Rubus Ellipticus Leaves: Toxicity and Oviposition Deterrent Activity against Zika Virus, Malaria and Filariasis Mosquito Vectors." *Journal of Asia-Pacific Entomology* 20(1): 157–64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aspen.2016.12.004>.

Arumai Selvan, D., D. Mahendiran, R. Senthil Kumar, and A. Kalilur Rahiman. 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*.

Begum, Naznin Ara, Mondal, Samiran, Basu, Saswati, Laskar, Rajibul A. Mandal, Debabrata., 2009. “Biogenic Synthesis of Au and Ag Nanoparticles Using Aqueous Solutions of Black Tea Leaf Extracts.” *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 71(1): 113–18.

Din, Muhammad Imran., Nabi, Amna Ghulam., Rani, Aneela., Aihetasham, Ayesha

Mukhtar, Maria., 2018. “Single Step Green Synthesis of Stable Nickel and Nickel Oxide Nanoparticles from *Calotropis Gigantea*: Catalytic and Antimicrobial Potentials.” *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*.

González-Ballesteros, N., Prado-López, S. Rodríguez-González, J. B. Lastra, M. Rodríguez-Argüelles, M. C.. 2017. “Green Synthesis of Gold Nanoparticles Using Brown Algae *Cystoseira Baccata*: Its Activity in Colon Cancer Cells.” *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*.

Gopinath, Kasi, Devi, Natarajan Parimala, Govindarajan, Marimuthu, Bhagyaraj, Kasi, Kumaraguru, Shanmugasundaram Arumugam, Ayyakannu Alharbi, Naiyf S. Kadaikunnan, Shine Benelli, Giovanni 2017. “One-Pot Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using the Orchid Leaf Extracts of *Anoectochilus Elatus*: Growth Inhibition Activity on Seven Microbial Pathogens.” *Journal of Cluster Science* 28(3): 1541–50.

Goutam, Surya Pratap, Saxena, Gaurav, Singh, Varunika, Yadav, Anil Kumar Bharagava, Ram Naresh, Thapa, Khem B. 2018. “Green Synthesis of TiO₂nanoparticles Using Leaf Extract of *Jatropha Curcas L.* for Photocatalytic Degradation of Tannery Wastewater.” *Chemical Engineering Journal*.

51

Gunalan, Sangeetha, Rajeshwari Sivaraj, and Venckatesh Rajendran. 2012. “Green Synthesized ZnO Nanoparticles against Bacterial and Fungal Pathogens.” *Progress in Natural Science: Materials International*.

Jamdagni, Pragati, Poonam Khatri, and J S Rana. 2016. “Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using Flower Extract of *Nyctanthes Arbor-Tristis* and Their Antifungal Activity.”

Nagajyothi, P. C., Pandurangan, M., Veerappan, M., Kim, Doo Hwan, Sreekanth, T. V.M.

Shim, Jaesool 2018. “Green Synthesis, Characterization and Anticancer Activity of Yttrium Oxide Nanoparticles.” *Materials Letters*.

Santhoshkumar, J., S. Venkat Kumar, and S. Rajeshkumar. 2017. “Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using Plant Leaf Extract against Urinary Tract Infection Pathogen.” *Resource-Efficient Technologies*.

Sarkar, Monaj Kumar, Vellingiri Vadivel, Mamilla R. Charan Raja, and Santanu Kar Mahapatra. 2018. “Potential Anti-Proliferative Activity of AgNPs Synthesized Using *M. Longifolia* in 4T1 Cell Line through ROS Generation and Cell Membrane Damage.” *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*.

Seyedi, Neda, Kazem Saidi, and Hassan Sheibani. 2018. “Green Synthesis of Pd Nanoparticles Supported on Magnetic Graphene Oxide by *Origanum Vulgare* Leaf Plant Extract: Catalytic Activity in the Reduction of Organic Dyes and Suzuki–Miyaura Cross-Coupling Reaction.” *Catalysis Letters* 148(148): 277–88.

- Shao, Ying., Wu, Chunhua., Wu, Tiantian., Yuan, Chunhong., Chen, Shiguo., Ding, Tian
- Ye, Xingqian., Hu, Yaqin. 2018. "Green Synthesis of Sodium Alginate-Silver Nanoparticles and Their Antibacterial Activity." *International Journal of Biological Macromolecules*.
- Supraja, N, B Avinash, and T N V K V Prasad. 2017. "Green Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles from *Gymnema Sylvestre* Leaf Extract : Study of Antimicrobial Activities." 6(3): 530–40.
- Umamaheswari, C, A Lakshmanan, and N S Nagarajan. 2018. "Green Synthesis, Characterization and Catalytic Degradation Studies of Gold Nanoparticles against Congo Red and Methyl Orange." *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology* 178: 33–39. www.elsevier.com/locate/jphotobiol.
- Veisi, Hojat, Sirous Azizi, and Pourya Mohammadi. 2018. "Green Synthesis of the Silver Nanoparticles Mediated by *Thymbra Spicata* Extract and Its Application as a Heterogeneous and Recyclable Nanocatalyst for Catalytic Reduction of a Variety of Dyes in Water." *Journal of Cleaner Production*.
- Wang, Mengmeng, Wenjing Zhang, Xuesong Zheng, and Peizhi Zhu. 2017. "Antibacterial and Catalytic Activities of Biosynthesized Silver Nanoparticles Prepared by Using an Aqueous Extract of Green Coffee Bean as a Reducing Agent." *RSC Adv.* 7(20): 12144–49. <http://xlink.rsc.org/?DOI=C6RA27706C>.
- Wongprecha, Jitrada., Polpanich, Duangporn., Suteewong, Teeraporn., Kaewsaneha, Chariya., Tangboriboonrat, Pramuan 2018. "One-Pot, Large-Scale Green Synthesis of Silver Nanoparticles-Chitosan with Enhanced Antibacterial Activity and Low Cytotoxicity." *Carbohydrate Polymers*.