

Hayvan yemlerine yeşil sentez metalik nanopartikül ilavelerinin etkileri

Effects of green synthesized metallic nanoparticle additions to animal feeds

Hacer KAYA* 

Gümüşhane Üniversitesi, Kelkit Aydın Doğan Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, 29600, Kelkit / Gümüşhane

• Geliş tarihi / Received: 17.07.2024

• Kabul tarihi / Accepted: 17.12.2024

Öz

Hayvancılık işletmelerinde “mümkün olan en yüksek kalitede, en fazla ürünü, en kısa zamanda ve en ucuza üretme” amacına ulaşabilmeleri için yemde uygun mineral dengesini sağlayabilmek önemlidir. Mineraller, tüm çiftlik hayvanlarının optimum bir düzeyde büyüme ve gelişmeleri, hastalıklardan korunmaları, üremeleri ve üretmeyi sürdürebilmeleri için temel besinsel elemanlardır. Geçtiğimiz yıllarda fiziksel ve kimyasal yöntemlerle sentezlenen nano minerallerin çiftlik hayvanları üzerine etkilerini inceleyen çok sayıda çalışma yapılmıştır. Ancak bu yöntemlere alternatif olan “yeşil sentez” veya “biyosentez” adı verilen yöntemle üretilen nano minerallerin yem katkı maddesi olarak kullanımına yönelik çalışmalar da son zamanlarda dikkat çekmektedir. Yeşil sentez teknolojisi temiz, ucuz, tek adımlı ve basit, hızlı ve güvenilir olmasının yanısıra sağlık ve çevre dostu bir yöntemdir. Yeşil sentez yöntemi, bitki, bakteri, mantar, alg ve maya gibi biyolojik ajanlarda bulunan proteinler, enzimler, vitaminler, fenolik maddeler, organik asitler vb. metabolitlerin indirgeme fonksiyonu ile metal tuzları nanopartikül (NP) seviyesine dönüştürebilmesidir. En az bir boyutu 100 nm’den daha küçük olan parçacıklar NP’ler olarak adlandırılmaktadır. Nano mineraller/metal nanopartikül (MNP)’ler çok küçük boyut ve yüksek yüzey/hacim oranlarına sahip olmaları nedeniyle üstün mekanik, termal, optik ve manyetik özellikler kazanmış ve tarım, eczacılık, tıp, biyomedikal, biyoteknoloji, optik, enerji gibi farklı uygulama alanlarında yenilik için önemli bir araç haline gelmişlerdir. Bu derleme, gelişen küresel problemlere çözüm olarak, sürdürülebilir ve sıfır atık ilkelerini temel almış yeşil sentez metoduyla üretilen metal nanopartiküllerin hayvan yemlerinde kullanıma potansiyellerine ilişkin literatür verilerini özetlemektedir.

Anahtar kelimeler: Hayvan besleme, Metalik nanopartikül, Nanoteknoloji, Yeşil sentez

Abstract

It is important to ensure the appropriate mineral balance in feed for livestock enterprises to achieve their goal of "producing the highest possible quality, the most products in the shortest time and cheapest possible". Minerals are the basic nutritional elements for all farm animals to grow and develop at an optimum level, to be protected from diseases, to reproduce and to continue producing. In recent years, many studies have been conducted examining the effects of nano minerals synthesized by physical and chemical methods on farm animals. However, studies on the use of nano minerals produced by the method called "green synthesis" or "biosynthesis" as feed additives, which are alternatives to these methods, have also attracted attention recently. Green synthesis technology is clean, cheap, one-step and simple, fast and reliable, as well as a health and eco friendly method. The green synthesis method is the ability to convert metal salts to nanoparticle (NP) level with the reduction function of proteins, enzymes, vitamins, phenolic substances, organic acids, etc. metabolites found in biological agents such as plants, bacteria, fungi, algae and yeast. Particles with at least one dimension smaller than 100 nm are referred to as nanoparticles. Nano minerals/metal nanoparticles (MNPs) have gained superior mechanical, thermal, optical and magnetic properties due to their very small size and high surface/volume ratios, and they have become an important tool for innovation in different application fields such as agriculture, pharmacy, medicine, biomedicine, biotechnology, optics and energy. This review summarizes the literature data on the potential of using metal nanoparticles produced by the green synthesis method based on sustainable and zero waste principles in animal feed as a solution to developing global problems.

Keywords: Animal nutrition, Metallic nanoparticle, Nanotechnology, Green synthesis

* Hacer Kaya; hacerkaya@gumushane.edu.tr

1. Giriş

1. Introduction

Beslemede, hayvanların besin madde ihtiyaçlarının tam olarak karşılanabilmesi kadar bu besin maddelerinden yararlanmanın mümkün olan en üst seviyeye çıkarılabilmesi de üzerinde önemle durulan husustur. Bu bakımdan hayvan yemlerinde enerji, protein ve vitamin içerikleri kadar mineral içeriklerinin de dengelenmesi büyük önem arz etmektedir. Doku ve organların yapısal bileşenleri olan mineraller, çiftlik hayvanlarının sağlıklı olarak büyümeleri, gelişmeleri, üremeleri ve yaşam ile verime ait metabolik faaliyetlerini sürdürülebilmeleri için gerekli temel besin komponentleridir. Minerallerin eksik, dengesiz ya da aşırı düzeyde alınması harici semptomların dışında büyümede gerileme, yemden yararlanma ve verimlilikte azalma, genel sağlıkta bozulma gibi beslenme anomalilerine ve fizyolojik fonksiyonların olumsuz etkilenmesine yol açabilmektedir (Aksoy vd., 2011). Mineral biyoyararlanımı rasyondaki seviye, form ve minerallerin aralarındaki sinerjik ve antagonistik etkileşimlerine bağlı olarak değişim gösterebilmektedir (Freeland-Graves vd., 2015).

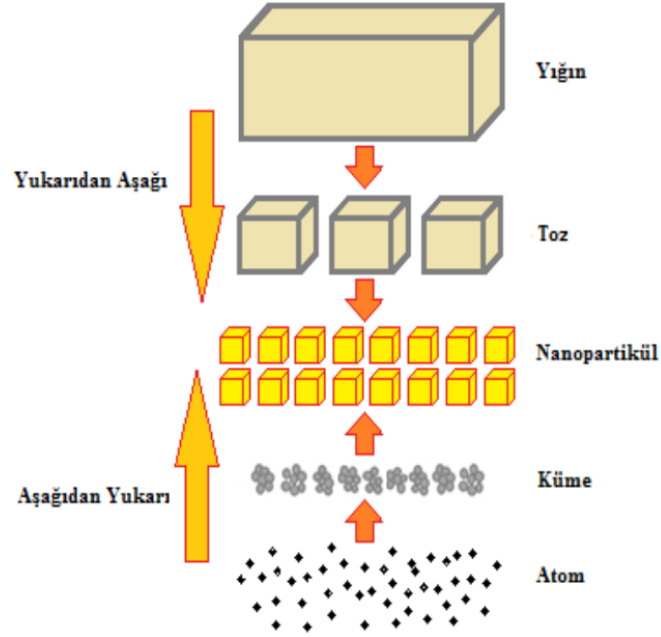
Hayvanın sağlıklı ve dengeli beslenmesi için gereken mineral düzeyi karma yemin bileşimi ile karşılanamadığı durumlarda rasyon, konsantre mineral kaynakları veya ticari mineral karmaları ile desteklenebilir. Yakın zamana kadar yem mineral kaynağı olarak organik veya inorganik mineraller ile fiziksel veya kimyasal yöntemle üretilen nanominerallerin kullanımını inceleyen çok sayıda çalışma yürütülmüştür (Mahmoud vd., 2016; Kaya & Macit, 2018; Wang vd., 2019; Akhtar vd., 2020). Kümes hayvanları, domuzlar ve koyunlar gibi çiftlik hayvanlarından elde edilen ümit verici sonuçlar nanopartikül (NP)'lerin modern hayvan beslemede kullanılacak yeni yem katkı maddeleri olduğunu göstermektedir (Adegbeye vd., 2019). Yüksek düzeylerde biyoyararlılığa sahip olan nanominerallerin yemlerin besin değerini artırdığı (Hassan vd., 2017) ve geleneksel mineral kaynaklarından daha düşük dozlarda bile önemli faydalı etkileri olduğu bildirilmiştir (Raje vd., 2018a). Öte yandan son birkaç yılda bu mineral kaynaklarına alternatif olarak “yeşil sentez” veya “biyosentez” yöntemiyle üretilen nano minerallerin yem katkı maddesi olarak kullanımına yönelik çalışmalar da dikkat çekmektedir (Asaikkutti vd., 2016; Ezealisiji vd., 2019; Ali vd., 2020; Bidian vd., 2021; Fatholahi vd., 2021; Fouda vd., 2021; Hassan vd., 2021; Naz vd., 2021; Hatab vd., 2022; Abdelaziz vd., 2023; Hassan vd., 2023; Khan vd., 2023; Satgurunathan vd., 2023; Yazdani vd., 2023). Bu derleme, güvenilir, sürdürülebilir ve çevre dostu ilkeleri temel almış yeşil sentez metodu ve bu metodla üretilen metalik nanopartikül (MNP)'lerin özellikle kanatlı hayvanlar, laboratuvar hayvanları ve su ürünleri yemlerinde kullanım potansiyellerine ilişkin literatür verilerini özetlemektedir.

2. Metalik nanopartiküller

2. Metallic nanoparticles

Nanoteknoloji, nanometre ölçeğindeki materyal (genellikle 1 ila 100 nanometre arasında boyutlara sahip) ve metodları kontrol etme, inşa etme, tasarlama ve yeniden yapılandırmayı amaçlayan bir bilim dalıdır (Sehgal vd., 2023). Nanoteknolojinin yapı taşları olarak kabul edilen NP'ler en az bir boyutu 100 nanometreden daha küçük olan parçacıklardır (Biswas & Wu, 2005). Nanopartiküller yukarıdan aşağıya “top down” veya aşağıdan yukarıya “bottom up” doğru (Ravichandran, 2010) iki farklı yöntemle (Şekil 1) sentezlenebilmektedir. Nanopartiküller genellikle karbon bazlı organik ve inorganik olarak; inorganik nanopartiküller de metalik NP'ler ve metal oksit NP'ler olarak sınıflandırılmaktadır (Ealia & Saravanakumar, 2017).

Metal nanopartiküller, çoğunlukla metal oksit, organik ya da inorganik kabukla çevrilmiş metal veya metal oksitten oluşan çekirdeğe sahiptirler (Khan, 2020; Koçer, 2023). Metal nanopartiküller, çok küçük boyutları nedeniyle büyük ölçekli materyallerden daha farklı fiziksel ve kimyasal özellikler gösterebilmektedirler (Nagajyothi vd., 2020). Küçük boyutları ve yüksek yüzey/hacim oranları MNP'lere üstün fiziksel, kimyasal, biyolojik, mekanik, termal, optik, elektriksel ve manyetik özellikler kazandırarak tarım, eczacılık, tıp, biyomedikal, biyoteknoloji, çevre, enerji gibi farklı uygulama alanları ve endüstrilerde yenilik için önemli bir araç haline gelmelerine yol açmıştır (Qiao vd., 2022; Sazak, 2023). Artan MNP üretimi, kullanımı ve çevreye salınma olasılığı, insan ve çevre güvenliğini teminat altına alacak yöntemlerin arayışlarını doğurmuştur (Koçer, 2023). Günümüze kadar MNP sentezi için kullanılan fiziksel ve kimyasal sentez olarak adlandırılan geleneksel yöntemlerin karmaşık, pahalı ve çevreye zararlı süreçler içermesi gerekçeleri, araştırmacıları son zamanlarda aşağıdan yukarıya doğru yaklaşıma dayalı olan “biyosentez” ya da “yeşil sentez” adı verilen biyolojik üretim yöntemine yöneltmiştir (Guleria vd., 2022).

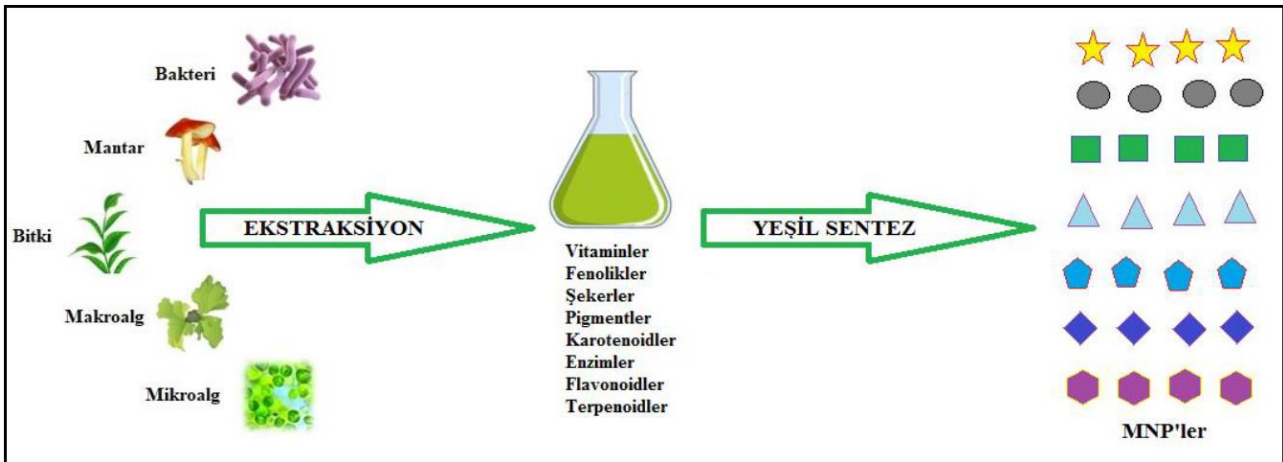


Şekil 1. MNP üretimi için yukarıdan aşağı ve aşağıdan yukarı yaklaşımları (Koçer, 2023)
Figure 1. Top-down and bottom-up approaches for MNP production (Koçer, 2023)

3. Yeşil sentezle metalik nanopartikül üretimi

3. Metallic nanoparticle production with green synthesis method

Yeşil sentez yöntemi toksik kimyasallar, karmaşık işlemler, yüksek basınç ve yüksek sıcaklık değerleri olmaksızın MNP'lerin güvenilir, sürdürülebilir ve ekolojik olarak üretilmesinde kullanılan pratik bir yöntemdir (Şahin, 2023). Yeşil sentezle MNP üretimi için bitki özütleri, bakteri, mantar, alg, maya vb. biyolojik ajanlar kullanılmakta olup (Şekil 2) bunların yapılarında bulunan protein, enzim, vitamin, fenolik madde, terpenoid, şeker ve organik asitler gibi fitokimyasallar indirgeyici madde olarak görev yapmaktadırlar (Marappan vd., 2017; Koçer, 2023).



Şekil 2. MNP üretimi için yukarıdan aşağı ve aşağıdan yukarı yaklaşımları (Koçer, 2023)
Figure 2. Top-down and bottom-up approaches for MNP production (Koçer, 2023)

Farklı konsantrasyonlarda, farklı indirgeyici ve stabilize edici ajan kombinasyonlarını içermesi nedeniyle yeşil sentezle MNP üretim yönteminde kullanılan kaynak ve koşullar, sentezlenen NP'lerin özelliklerini belirlemektedir (Martínez-Cabanas vd., 2016). Bu bağlamda yeşil sentez MNP üretiminde pH, sıcaklık, işlem süresi, uygulama türü, redükleyici ajan ve substrat miktarı gibi faktörler önemlidir (Gedikli, 2022).

Çevre ve insan sağlığına zararlı radyasyon, yüksek yoğunluklu kimyasal indirgeyiciler ve stabilize edici maddelerin kullanıldığı fiziksel ve kimyasal yöntemlerle MNP üretiminin aksine, yeşil sentez MNP üretim sürecinde oluşan ürünler biyolojik kökenlidir ve çevreye zararlı etkileri bulunmamaktadır (Güven & Sızmaz, 2020). Ayrıca geleneksel metotla üretilen MNP'lere göre yeşil sentez MNP üretim yönteminin basit, güvenilir, yüksek verimli, ucuz, hızlı, etkin enerji tüketimi, biyolojik uyumlu, çevre dostu ve kolay ölçeklendirilebilir bir metot olduğu (Tablo 1) bildirilmektedir (Akbar vd., 2020).

Tablo 1. Yeşil sentez nanopartikül üretim yönteminin avantajları

Table 1. Table 1. Advantages of the green synthesis nanoparticle production method

Fiziksel/Kimyasal Metod	Yeşil Sentez Metod
Pahalı ve düşük üretim hızı	Bitkisel materyaller ile indirgeyici ve stabilize edici biyo-bileşenlerin kolayca bulunabilir olması nedeniyle ucuzdur.
Güvenlik düzeyi yüksek laboratuvar ortam gerektirir	NP sentezi için iyi donanımlı laboratuvar ve kısıtlı koşullar gerektirmez
Yüksek veya düşük sıcaklık/basınç ve inert ortam gerektirir.	NP'ler normal sıcaklık ve basınç koşullarında sentezlenebilir
Sentez işlemi sırasında büyük miktarda enerji tüketimi Kimyasal yöntemler, NP'lerin sentezi veya stabilizasyonu için toksik kimyasallar kullanır, bu kimyasallar NP'lerin yüzeyine absorbe olabilir ve son ürünün kirlenmesine veya yüzeyin kusurlu oluşumuna yol açabilir Çevreye zararlı toksik yan ürün üretimi	Sentez için karmaşık enerji sistemi gerektirmez Nihai ürün, bitkilerin doğal sekonder metabolitlerinin kullanılması nedeniyle çoğunlukla güvenli ve stabildir. Çevre dostu ve güvenli sistem

Yeşil sentez MNP'lerin, eşsiz fiziksel ve kimyasal özelliklerine ek olarak antibakteriyel, antiviral, antifungal, antioksidan, antikanser ve antidiyabetik özelliklerinden dolayı biyotıp, çevre, tarım ve eczacılık gibi birçok bilimsel alanda büyük bir role sahip olduğu bildirilmektedir (Koçer, 2023). Biyolojik kökenli farklı materyallerden elde edilen yeşil sentez MNP'ler arasında özellikle çinko oksit (Faisal vd., 2021; Salem & Awwad, 2022; MuthuKathija vd., 2023; Nguyen vd., 2023), gümüş/gümüş oksit (Kanchana vd., 2022; Dhir vd., 2023; Essghaier vd., 2023; Khodeer vd., 2023), bakır/bakır oksit (Cengiz vd., 2023; Dhir vd., 2023; Kocabas vd., 2023; Manivannan vd., 2023), demir/demir oksit (Salmani vd., 2021; Roy vd., 2022; Linima vd., 2023), platinyum (Tahir vd., 2017; Jeyaraj vd., 2021; Eltaweil vd., 2022) ve altın NP'ler (Bharadwaj vd., 2021; Fouda vd., 2022) araştırmacıların üzerinde daha çok çalışma yaptıkları konulardır.

4. Hayvan beslemede yeşil sentez MNP'ler

4. Greens Synthesis MNPs in animal nutrition

Hayvansal ürün üretiminde büyümeyi teşvik edici amaçla kullanılan antioksidan, antibiyotik ve antifungusit gibi sentetik katkı maddelerine getirilen yasaklama/sınırlamaların ardından yerini alabilecek ürünler henüz tam olarak bulunamamıştır (Güven & Sızmaz, 2020). Ancak hayvancılık işletmelerinde mevcut olan performans ve yemden yararlanmanın artırılması, antibiyotik direnci, yemde mikotoksin kontaminasyonu, bağırsak sağlığı yönetimi, sindirim bozuklukları, çevre kirliliği, kemik sağlığı ve refah gibi bazı sorunların bertaraf edilmesinde nanopartiküllerin çözüm potansiyeline sahip olabileceği ve dolayısıyla yem katkı maddesi olarak kullanılabilirliği bildirilmektedir (Adegbeye vd., 2019). Geleneksel mineral kaynaklarından daha düşük dozlarda bile yüksek faydalı etkileri olduğu bildirilen MNP'lerin (Raje vd., 2018a) dışı mineral atılımını ve maliyeti azaltabileceği düşünülmektedir. Hayvan yemlerine katılan farklı mineral formları üzerine çok sayıda çalışma yapıla gelmekle birlikte özellikle son zamanlarda, minerallerden en etkin şekilde yararlanılabilmesi amacıyla MNP'lerin kullanılması gündeme gelmiştir. MNP'lerin sentezinde kullanılan fiziksel ve kimyasal yöntemlerin, karmaşık, pahalı ve çevreye zararlı süreçler içermesi araştırmacıları "yeşil sentez" üretim yöntemine yöneltmiştir (Koçer, 2023). Aşağıda kümes hayvanları, laboratuvar hayvanları ve su ürünleri beslemede yeşil sentezle üretilen MNP'lerin etkinliklerine yönelik literatür incelenmiştir.

4.1. Kanatlı yemlerinde yeşil sentez MNP kullanımı

4.1. Use of green synthesis MNP in poultry feeds

Altmış haftalık kahverengi ticari yumurta tavuğu diyetlerine 0.50, 1.0 veya 1.5 g/kg dozlarında *Sargassum latifolium* alglerinden yeşil sentezle elde edilen kalsiyum nanopartikül (Ca-NP)'leri ilavesinin yumurta

ağırlığı, yumurta kabuk kalınlığı ve kabuk ağırlığı ile serum Ca ve inorganik fosfor düzeylerini artırdığı, yumurta şekil indeksi ve serum toplam protein (TP), albumin ve globulin üzerine etkili olmadığı tespit edilerek yumurta tavuklarının diyetine 1.5 g/kg'a kadar yeşil sentez Ca-NP ilavesinin yumurta kabuk kalitesini iyileştirdiği rapor edilmiştir (El-Maaty vd., 2021). Etlik piliç diyetlerine sarımsak ekstraktından yeşil sentezle elde edilen 0.5 veya 1 g/kg dozlarında Ca-NP ilavelerinin etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada 1 g/kg Ca-NP ilavesinin 21. gün canlı ağırlık (CA), canlı ağırlık artışı (CAA) ve yem tüketimi (YT)'nde azalmaya neden olduğu ancak kesim öncesi performans üzerine etkileri olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca 0.5 veya 1 g/kg Ca-NP'leri ilavelerinin bursa fabrikus nispi ağırlığını ve 1 g/kg Ca-NP ilavesinin ise karaciğer nispi ağırlığını düşürdüğü gözlenmiştir. Serum glikoz, TP, albumin, lipit, trigiliserit, toplam kolesterol (T-KOL) ve yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) seviyeleri Ca-NP ilavelerinden etkilenmezken 0.5 g/kg Ca-NP ilavesi ile serum düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) düzeyi önemli miktarda azalma göstermiştir. Serum immunglobulin (Ig)-A, IgG ve IgM düzeyleri her iki düzeydeki Ca-NP ilaveleri ile artarken serum malondialdehit (MDA) düzeyi 0.5 g/kg Ca-NP ilavesi ile azalmış, serum toplam antioksidan kapasitesi (TAC)'ni artmıştır. Araştırmacılar etlik piliç diyetlerine 0.5 g/kg düzeyinde nano sarımsak ilavesinin, lipit profili, bağışıklık, antioksidan durum ve histolojik gözlemler üzerinde yararlı etkileri olduğunu bildirmektedirler (El-Gogary vd., 2019).

Yenilebilir hayvansal doku ve ürünlerde kalıntı-birikim hakkında değerlendirme yapmak amacıyla yumurtacı tavuklara oral yoldan gümüş nanopartikül (Ag-NP)'leri verilerek yürütülen *in vivo* çalışmada, 22 günlük deneme süresince her biri 1 mg/kg olan altı doz Ag-NP verilmiştir. Ag'nin kas, böbrek ve yumurta akında birikmediği ancak karaciğer (konsantrasyon 141-269 µg/kg arasında) ve yumurta sarısında (konsantrasyon 20-49 µg/kg arasında) birikim gösterdiği bildirilerek yumurtacı tavukların Ag-NP'lerle beslenmesinin tüketicileri Ag-NP'lere maruz bırakabileceği rapor edilmiştir (Galocchio vd., 2017). Öte yandan İtalyan çimi kullanılarak yeşil sentezle üretilen Ag-NP'lerin kanatlı patojen bakterilere karşı antibakteriyel etkilerinin incelendiği çalışmada *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*, *Escherichia coli* (*E. coli*) ve *Bacillus subtilis* dahil kümes hayvanı patojen mikroorganizmalarına karşı güçlü antibakteriyel aktiviteler sergilediği bildirilmiştir (Lee vd., 2018). İndirgeyici ve stabilize edici madde olarak nişastanın kullanıldığı yeşil sentez Ag-NP'lerinin 1 ve 2 ppm dozlarında etlik piliç içme sularına verimli ve güvenli bir şekilde uygulanabileceği ancak daha yüksek dozlarda (3, 4 ve 5 ppm) uygulanmasının hematolojik, biyokimyasal ve oksidatif parametreler (MDA, TAC ve glutatyon peroksidaz (GSH-px)) üzerinde doza bağlı hafif/orta şiddette olumsuz etkilere neden olduğu bildirilmiştir (Fouda vd., 2021). Ancak *Cyperus rotundus*'tan yeşil sentezle üretilen Ag-NP'lerinin kullanıldığı *in vitro* çalışma sonuçları, kümes hayvancılığı endüstrisine büyük ekonomik yük getiren ve kümes hayvanlarında yaygın olarak görülen solunum yolu hastalıklarına neden olan laringotrakeit ve enfeksiyöz bronşit virüslerinin dış zarf proteinleriyle etkileşime girebileceği ve hücre dışı virüsleri inhibe edebileceğini bildirmektedir (Abo-El-Yazid vd., 2022). Allur Subramaniyan vd. (2018), tavuk embriyolarında *Brassica oleracea L. var. capitata f. rubra* (kırmızı lahana)'dan yeşil sentezle üretilen Ag-NP ve kimyasal olarak sentezlenmiş Ag-NP'lerinin karakterizasyon ve konsantrasyon etkilerini *in ovo* enjeksiyon yoluyla inceledikleri çalışmada, biyosentez Ag-NP ve kimyasal Ag-NP'leri *in ovo* enjeksiyonlar yoluyla sırasıyla 100, 1000, 2500 ve 5000 µg/100 µl/yumurta dozlarında kullanmışlardır. Deneysel süre sonunda civcivlerin vücut ve karaciğer ağırlıkları hem gruplar arasında hem de konsantrasyonlar arasında değişim göstermiş ve yeşil sentez Ag-NP'lerin 2500 ve 5000 µg doz enjeksiyonları ile serum alanin aminotransferaz (ALT) ve aspartat aminotransferaz (AST) seviyeleri önemli ölçüde artarken yaşam gücü ve çıkım oranları azalmıştır. Araştırmacılar, kimyasal Ag-NP enjeksiyonları ile yaşam gücü ve çıkım oranlarındaki azalmanın, karaciğer HSP-60 ve HSP-70'in mRNA ve protein ifadelerinin arttığını, ayrıca mikronükleus ve nükleer anormalliklerin varlığının tespit edildiğini bildirerek *in ovo* nano-beslenme taşıyıcıları olarak yeşil sentez Ag-NP'lerin kimyasal Ag-NP'lerden daha üstün olduğunu rapor etmişlerdir.

Dosoky vd. (2021), indirgeyici ve stabilize edici madde olarak nişastanın kullanıldığı yeşil sentez gümüş katkılı silika NP'lerinin (SiO₂@Ag-NP) etlik piliç diyetlerine 2, 4 veya 8 mg/kg dozlarında ilave edilmesinin büyüme performansı, hematolojik, biyokimyasal ve oksidatif parametreler üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığını, kanatlı diyetine 4 mg/kg doz seviyesinde SiO₂@Ag-NP'leri ilavesinin umut verici ve güvenli bir nano büyüme destekleyicisi olduğunu ancak 8 mg/kg doz seviyesinde SiO₂@Ag-NP'leri ilavesinin ise minimum enflamatuar reaksiyonlar ve lenfoid tükenmeyi ortaya çıkardığını bildirmişlerdir.

İndirgeyici ve stabilizatör madde olarak ticari glikozun kullanıldığı yeşil sentez selenyum nanopartikül (Se-NP)'leri veya inorganik selenyum ilavelerinin, 10 günlük iken *E. coli* (O157:H7 1.6 × 10⁸) yüklemesine maruz bırakılan Arbor Acres ve Ross 308 piliçlerinin davranış, performans ve bağışıklığı üzerindeki etkisini

araştırmak için yürütülen çalışmada, yeşil sentez Se-NP ilave edilen Ross 308'lerde CAA, yemden yararlanma oranı (YYO), serum TP, albümin, ALT, AST, IgG ve IgM, TAC, MDA ve süperoksit dismutaz (SOD) düzeylerinde artış kaydedildiği, hem Arbor Acres ve hem de Ross 308 piliçlerde Se-NP ilavesinin bağırsak ve göğüs kaslarının toplam bakteriyel ve *Enterobacteriaceae* sayısında azalma ve Ross 308 piliçlerde Se-NP ilavesi ile yüksek derecede hücresele ve doku koruması ortaya çıkardığı bildirilmiştir (Ali vd., 2020). Üç farklı selenyum kaynağının (sodyum selenit (Na_2SeO_3), organik selenyum ve *Bacillus subtilis* bakterilerinden yeşil sentezle üretilen Se-NP'leri) etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada, Ross 308 suşu tavsiyelerini karşılamak üzere farklı kaynaktan 0.3 mg/kg selenyum içeren 4 deneysel rasyon oluşturuldu. Rasyona özellikle yeşil sentez Se-NP'leri ilavesinin CA artırıp YYO'nı iyileştirdiği, 42. gün ileum morfolojisini değiştirip patojen mikrobiyota popülasyonunu azalttığı, karkas, göğüs ve but nispi ağırlığını artırıp karaciğer ve bursa fabricius nispi ağırlığını düşürdüğü, duodenum, jejunum ve ileumun uzunluğunu azalttığı ve occludin, zonula occluden-1 ve zonula occluden-2'nin ekspresyonunun artırıp claudin-5 ekspresyonunu düşürdüğü tespit edilerek nano-biyo Se'nin, yaygın organik ve inorganik selenyum kaynaklarına kıyasla performans ve bağırsak bütünlüğünü etkili bir şekilde artırabildiği rapor edilmiştir (Ali vd., 2022). Abdel-Moneim vd. (2022) sıcaklık stresi altında barındırılan etlik piliç diyetlerine *Spirulina platensis* mikroalglerinden yeşil sentezle üretilen Se-NP (0.1 veya 0.2 mg/kg yem) ilavesinin, CAA ve Avrupa ürün verimlilik faktörünü artırdığını, serum IgM, IgA ve IgG düzeyleri ile serum GSH-px ve SOD düzeylerini artırıp tiyobarbitürik asit reaktif madde (TBARS) düzeyini düşürdüğünü, ileal toplam bakteri, küf ve maya ile *Koliform*, *E. coli*, *Salmonella spp.* ve *Enterococcus spp.* sayılarına karşı doza bağlı antimikrobiyal aktiviteler sergilediğini ve ayrıca laktik asit bakterileri (LAB)'nin ileal popülasyonlarında doza bağlı artış olduğunu ancak serum enfeksiyöz bursal hastalık (IBD), avian influenza virüsü (AIV) ve Newcastle hastalık virüsü (NDV)'ne yönelik antikor titrelerin değişmediğini belirleyerek Se-NP'lerin sıcaklık stresi altındaki piliçlerde büyüme destekleyicisi, antioksidan, immün sistemi uyarıcısı ve antimikrobiyal ajanlar olarak kullanım potansiyeline sahip olabileceğini bildirmişlerdir. Etlik piliç diyetlerine 0.075, 0.15 ve 0.3 mg/kg dozlarında *Saccharomyces boulardii* mayalarından yeşil sentezle üretilen Se-NP'leri ilavelerinin performansı etkilemediği ancak et Se içeriği ile serum IgG düzeyini artırdığı, 21. gün ileum ve jejunum vilus yüksekliği/kript derinlik oranı yanı sıra ileum villus yüksekliği ve villus yüzey alanını artırıp jejunum kript derinliği ve epitel hücre tabaka kalınlığını azalttığı, 42. gün ileum ve jejunum villus yüksekliği, villus yüzey alanı ile goblet hücre yoğunluğunu, ileum LAB sayısı ve LAB/*Koliform* oranlarını artırıp ve ayrıca 0.3 mg/kg Se-NP takviyesi ile sekum *Koliform* sayısını azalttığı bildirilmiştir (Bami vd., 2022). Yeşil sentezlenmiş nano Se'nin (Se-NP), kimyasal nano Se ve inorganik Se'ye göre, sıcak ve nemli ortamda yetiştirilen etlik piliçlerde büyüme performansı, minerallerin sindirilebilirliği, bağırsıklık, stresin azaltılması, antioksidan durumu ve vücut Se içeriği üzerindeki rolünün araştırılması amacıyla gerçekleştirilen çalışmada, Se'nin üç seviyesi (0.15, 0.20 ve 0.25 ppm) ve üç farklı kaynağı (inorganik, yeşil nano ve kimyasal nano) kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçları 0.25 ppm yeşil sentez ve kimyasal Se-NP ilavelerinin büyüme performansı, serum, karaciğer ve göğüs kasında Se konsantrasyonlarını ve serum antioksidan aktivitesi ile Se ve nitrojen sindirilebilirlik katsayılarını artırdığı, bağırsıklık tepkisini ve lenfoid organ gelişimini iyileştirdiği, heterofil/lenfosit oranı ile HSP-70 geni ekspresyonunu düşürdüğü tespit edilmiştir. Yeşil sentez nano Se'nin, kimyasal olarak sentezlenmiş nano Se kadar kadar etkili olduğu ve piliçlerde bağırsıklık, büyüme, antioksidan durum ve stresin azaltılmasında 0.25 ppm Se'nin nano formlarının Se'nin düşük seviyelerine ve inorganik formuna göre üstün olduğu sonucuna varılmıştır (Dukare vd., 2020).

Etlik piliç diyetlerine 120 mg/kg seviyesinde Zn sağlayacak şekilde ZnSO_4 , organik Zn veya *Bacillus subtilis* bakterilerinden yeşil sentezle üretilen çinko nanopartikül (Zn-NP)'leri ilavelerinin etkilerinin incelendiği çalışmada, diyete Zn-NP ilavesinin, organik ve ZnSO_4 ile karşılaştırıldığında CAA, karkas, but ve göğüs randımanını artırıp YYO'nı geliştirdiği, duodenum, jejunum ve ileumun nispi uzunluğu ile bursa fabricius ve karaciğer nispi ağırlığını düşürdüğü, ileum morfolojisini değiştirdiği ve ileum *Koliform*, *E. coli* ve *Salmonella* popülasyonunu azalttığı, 42. günde claudin-1, claudin-5, occludin ve zonula occluden-1 ekspresyonunu artırdığı tespit edilerek kümes hayvanları için *Bacillus subtilis* kullanılarak Zn-NP'leri biyosentezinin mümkün olduğu ve Zn-NP'lerinin performansı, bağırsak sağlığı ve bütünlüğünü etkili bir şekilde artırabildiği bildirilmiştir (Fatholahi vd., 2021). Guava (*Psidium guajava*) yapraklarından yeşil sentez yöntemiyle üretilen Zn-NP'lerinin %0.15 toplam fenol, %12,68 Zn ve 22,12 mg/ml antioksidan aktivite (IC_{50}) içerdiği ve ayrıca Zn-NP'lerinin patojen bakteriler *E. coli* ve *Salmonella enteridis* üzerinde antibakteriyel olarak güçlü bir yeteneğe sahip olduğu bildirilmiştir (Hidayat vd., 2021a). Öte yandan guava (*Psidium guajava*) yapraklarından yeşil sentezle üretilen Zn-NP'lerinin 45, 90, 135 veya 180 mg/kg dozlarında etlik piliç diyetlerine ilavesinin etkilerini inceleyen çalışmada (Hidayat vd., 2021b), 90 mg/kg'a kadar Zn-NP'leri ilavelerinin CAA'nı iyileştirdiği YYO'nı etkilemediği, et SOD aktivitesini artırdığı ve

ayrıca tüm Zn-NP dozlarının bağırsak içeriği *E. coli* ve *Salmonella spp.* popülasyonunu düşürdüğü belirlenmiştir. Etlik piliç diyetlerine 90 mg/kg dozuna kadar Zn-NP'leri ilavelerinin performansın iyileştirilmesinde, antioksidan aktivitenin artırılmasında ve bağırsak patojen bakterilerinin azaltılmasında olumlu faydalar sağladığı rapor edilmiştir. *Bacillus subtilis* bakterilerinden yeşil sentezle üretilen Zn-NP'lerinin 0.1, 0.2, 0.3 veya 0.4 g/kg dozlarında bir haftalık yaştaki Japon bildircini diyetlerine ilavelerinin serum HDL düzeyini artırdığı, 0.2 g/kg Zn-NP ilavesinin CA, CAA, YT ve YYO'nı iyileştirdiği, 0.3 g/kg Zn-NP ilavesinin serum T-COL düzeyini düşürdüğü, 0.1-0.3 g/kg Zn-NP ilavelerinin serum ALT, AST ve laktat dehidrojenaz (LDH) aktiviteleri üzerinde olumlu etkili olduğu, 0.2 ve 0.3 g/kg Zn-NP ilavelerinin serum LDL düzeyini düşürüp 0.4 g/kg Zn-NP ilavesinin ise LDL'yi artırdığı, 0.1-0.3 g/kg Zn-NP ilavelerinin serum SOD, GSH-px, MDA, IgG ve IgM düzeylerini olumlu etkilediği ve diyetle 0.2 g/kg Zn-NP ilavesinin büyüyen Japon bildircinlerinin performans ve fizyolojik durumu üzerinde olumlu etkili olduğu belirtilmiştir (Reda vd., 2021).

Etlik piliç diyetlerine *Lactobacillus plantarum* bakterilerinden yeşil sentezle üretilen 40, 70 veya 100 mg/kg dozlarında çinko oksit nanopartikül (ZnO-NP)'leri ilavelerinin dışkı Zn atılımını düşürüp tibia kemiği ağırlık, uzunluk ve kalınlık gibi morfolojik özelliklerini iyileştirdiğini bildiren Yusuf vd. (2023), 100 mg/kg ZnO-NP ilavesinin serum, göğüs kası ve karaciğer Zn tutulumu ile tibia külü ve tibia Zn, Ca ve P tutulumunu artırarak tibia kemik mineralizasyonunu iyileştirdiğini, 70 ve 100 mg/kg ZnO-NP ilavelerinin ise serum ve karaciğer dokusundaki antioksidan durumu iyileştirdiğini tespit ederek optimum etkilerin 70 ve 100 mg/kg'lık ZnO-NP diyet takviyesi ile sağlandığını rapor etmişlerdir. *Eimeria tenella* ile enfekte etlik piliç diyetlerine *Nigella sativa* kullanılarak biyosentezlenmiş 60 mg/kg ZnO-NP'leri ilavesinin serum ALT ve AST enzim seviyelerinde azalma ile doku hasarını azalttığı, SOD ve katalaz (CAT) aktivitesini artırıp proenflamatuar sitokinler olan interlökin (IL)-2 ve tümör nekroz faktör (TNF)- α miktarını azaltarak antioksidan ve antiinflammatuar aktivite gösterdiği, ookist atılımını azaltarak ve büyüme performansını artırarak antikoksidial aktivite gösterdiği belirtilmiştir. Ancak, antikoksidial etkisinin mekanizmasının tam olarak açıklığa kavuşması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğuna ve farklı bitki kaynaklı Zn-ONP'lerin sentezini karşılaştırmanın önemine vurgu yapılmıştır (Lail vd., 2023).

Koksidia sporlarında geleneksel tedavilere karşı ortaya çıkan direnci azaltmak ve piliçlerde bağışıklık düzeyini artırmak için *Ficus racemosa* yaprak ekstraktından yeşil sentezle üretilen demir oksit nanopartikül (IO-NP)'lerinin 10, 15 veya 20 mg/kg dozlarında *Eimeria tenella* ile enfekte olan etlik piliç diyetlerine ilave edildiği 3 haftalık bir çalışmada, 15 mg/kg'lık orta dozdaki IO-NP'leri ilaveleri ile dışkı başına ookist atılımını %91'e kadar ortadan kaldırarak ve lezyon, kanlı ishal ve ölüm oranı gibi klinik semptomları düşürerek koksidial etkileri negatif kontrole göre azalttığı bildirilmiştir. Ayrıca özellikle 15 ve 20 mg/kg IO-NP'leri ilaveleri, *Eimeria tenella*'nın büyüme parametreleri, biyokimya, hematoloji ve histoloji üzerindeki toksik etkilerini enfekte ve tedavi edilmemiş negatif kontrole kıyasla önemli ölçüde iyileştirmiştir. Akut bir gastrointestinal paraziter hastalık olan ve dünyada büyük ekonomik kayıplara yol açan koksidioz tedavisinde, *Ficus racemosa* yaprak ekstraktından yeşil sentezle üretilen IO-NP'leri kullanımının potansiyel ve güvenli bir antikoksidial ajan olabileceği bildirişleri (Khan vd., 2023)'nin kümes hayvanı endüstrisi için önemli olduğu düşünülmektedir.

Tablo 2. Yeşil sentez metalik nanopartiküllerinin kanatlı hayvanlar üzerine etkisi
Table 2. Effect of green synthesis metallic nanoparticles on poultry

Tür	Yeşil sentez MNP tipi	Konsantrasyon	Etki	Referans
Etlik piliç	<i>Allium sativum</i> ekstraktı / Ca-NP'leri	0.5 veya 1g/kg diyet	0.5 g/kg Ca-NP ilavesi ile -Serum LDL ve MDA düzeylerinde azalma -Serum IgA, IgG ve IgM düzeyleri ile serum TAC aktivitesinde artış	El-Gogary vd. (2019)

Tablo 2. Devamı

Etlik piliç	İndirgeyici ve stabilizatör olarak ticari glikoz kullanımı / Se-NP'leri	100 mg/L içme suyu	-CAA, YYO, serum TP, albumin, ALT, AST, SOD, MDA, TAC, IgG ve IgM düzeylerinde artış -Performans indeksinde azalma -Bağırsak içeriği ve göğüs eti toplam bakteri ve <i>Enterobacteriaceae</i> sayısında azalma -Yüksek derecede hücre ve doku koruması	Ali vd. (2020)	
Etlik piliç	<i>Leucas lavandulifolia</i> yaprakları / Se-NP'leri	0.15, 0.20 veya 0.25 ppm diyet	0.25 ppm Se-NP ilavesi ile -Büyüme performansı, bağışıklık tepkisi ve lenfoid organ gelişiminde iyileşme -Se ve nitrojen sindirilebilirlik katsayıları ile serum antioksidan aktivitesinde artış -Heterofil/Lenfosit oranı ve HSP-70 gen ekspresyonunda düşüş -Serum, karaciğer ve göğüs kası Se konsantrasyonunda artış	Dukare (2020)	vd.
Stres altında olan etlik piliç	<i>Saccharomyces boulardii</i> mayası / Se-NP'leri	0.075, 0.15 veya 0.3 mg/kg diyet	0.3 mg/kg Se-NP ilavesi ile -Karaciğer ağırlığında azalma -Ette su tutma kapasitesi, a*, b* ve kroma değerlerinde artış, TBARS ve damlama kaybında azalma -Serum TP düzeyinde artış *Et kalitesini iyileştirdiği ancak büyüme performansı, karkas özellikleri ve piliç kan indeksleri üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı	Bami vd. (2021)	
Etlik piliç	İndirgeyici ve stabilizatör olarak nişasta kullanımı / SiO ₂ -AgNP'leri	2, 4 veya 8 mg/kg diyet	-2 ve 4 mg/kg dozlarında büyüme performansı, hematolojik, biyokimyasal ve oksidatif parametreler üzerinde olumsuz bir etki bulunmama -4 mg/kg doz seviyesinde umut verici ve güvenli bir nano büyüme destekleyicisi olduğu -8 mg/kg doz seviyesinde minimum enflamatuar reaksiyonlar ve lenfoid tükenme	Dosoky (2021)	vd.
Yumurtacı tavuk	<i>Sargassum latifolium</i> algleri / Ca-NP'leri	0.5, 1.0 veya 1.5 g/kg diyet	-Yumurta ağırlığı, yumurta kabuk kalınlığı ve kabuk ağırlığı ile yumurta birim yüzey alanı başına kabuk ağırlığında iyileşme	El-Maaty (2021)	vd.
Etlik piliç	<i>Bacillus subtilis</i> bakterileri / Zn-NP'leri	120 mg/kg diyet	-Serum Ca ve P düzeylerinde artış -CAA ve YYO'nda gelişme -Karkas, but ve göğüs randımanında artış -Duodenum, jejunum ve ileumun nispi uzunluğu ile karaciğer ve bursa fabricius nispi ağırlığında azalma -İleum morfolojisinde değişim -İleum <i>Koliform</i> , <i>E. coli</i> ve <i>Salmonella</i> popülasyonunda azalma -Claudin-1, claudin-5, occludin ve zonula occluden-1 ekspresyonunda artış	Fatholahi (2021)	vd.

Tablo 2. Devamı

Etlik piliç	İndirgeyici ve stabilizatör olarak ticari nişasta kullanımı / Ag-NP'leri	1, 2, 3, 4 veya 5 ppm Ag-NP/L içme suyu	-Performans ve lenfoid organlar üzerine etkisizlik -1 ve 2 ppm dozlarında hematolojik ve immunolojik parametrelerde iyileşmelerle verimli ve güvenli bir şekilde uygulanabilirlik -3, 4 ve 5 ppm dozlarında hematolojik, biyokimyasal ve oksidatif parametreler (MDA, TAC ve GSH-px) üzerinde doza bağlı hafif ila orta şiddette olumsuz etkiler	Fouda (2021)	vd.
Etlik piliç	<i>Psidium guajava</i> yaprağı / Zn-NP'leri	45, 90, 135 veya 180 mg/kg diyet	90 mg/kg seviyesine kadar -YYO'nı etkilemeden CAA'da iyileşme -Et SOD aktivitesinde artış Tüm Zn-NP ilave seviyelerinde -Bağırsak içeriği <i>E. coli</i> ve <i>Salmonella spp.</i> popülasyonunda düşüş	Hidayat (2021b)	vd.
Japon bildiricim	<i>Bacillus subtilis</i> AM12 bakterileri / ZnO-NP'leri	0.1, 0.2, 0.3 veya 0.4 g/kg diyet	-0.2 g/kg Zn-NP ilavesi ile performansta iyileşme -0.1 ve 0.3 g/kg Zn-NP ilaveleri ile serum ALT, AST ve LDH, SOD ve GSH-px aktiviteleri ile serum MDA, IgG ve IgM üzerinde olumlu etki -0.2 ve 0.3 g/kg Zn-NP ilaveleri ile serum LDL düzeyinde azalma, 0.4 g/kg Zn-NP ilavesi ile LDL düzeyinde artış -0.3 g/kg Zn-NP' ilavesi ile T-COL düzeyinde azalma -Tüm Zn-NP ilaveleri ile serum HDL'de artış	Reda vd. (2021)	
Stres altındaki etlik piliç	<i>Spirulina platensis algi</i> / Se-NP'leri	0.1 veya 0.2 mg/kg diyet	-CAA ve Avrupa ürün verimlilik faktöründe artış -Serum IgM, IgA ve IgG, GSH-px ve SOD düzeylerinde artış, TBARS düzeyinde azalma -İleal toplam bakteri, toplam küf ve maya, <i>Koliform</i> , <i>E. coli</i> , <i>Salmonella spp.</i> ve <i>Enterococcus spp.</i> popülasyonlarına karşı doza bağlı antimikrobiyal aktivite, -LAB'nin ileal popülasyonlarında doza bağlı artış	Abdel-Moneim vd. (2022)	
Etlik piliç	<i>Bacillus subtilis</i> bakterileri / Se-NP'leri	0.3 mg/kg diyet	-Performansta iyileşme -Karkas, göğüs ve but nispi ağırlıklarında artış, karaciğer ve bursa fabricius nispi ağırlıklarında azalma -İleum morfolojisinde değişim ve ileum patojen mikrobiyotasında azalma -Duodenum, jejunum ve ileumun uzunluğunda azalma -Occludin, zonula occluden-1 ve zonula occluden-2'nin ekspresyonunda artış, claudin-5 ekspresyonunda azalma *Nano-biyo selenyumun, yaygın organik ve inorganik selenyum kaynaklarına kıyasla performans ve bağırsak bütünlüğünü daha etkili bir şekilde artırdığı raporu	Ali vd. (2022)	

Tablo 2. Devamı

Stres altında olan etlik piliç	<i>Saccharomyces boulardii</i> mayası / Se-NP'leri	0.075, 0.15 veya 0.3 mg/kg diyet	Tüm Se-NP ilaveleri ile -Et Se içeriğinde artış - Serum IgG düzeyinde artış -42. gün ileum LAB ve LAB/ <i>Koliform</i> oranlarında artış 0.3 mg/kg Se-NP ilavesi ile -Sekum <i>Koliform</i> sayısında azalma -21. gün ileum ve jejunum vilus yüksekliği/kript derinliği oranında artış, ileum villus yüksekliği ve villus yüzey alanında artış, jejunum kript derinliği ve epitel hücre tabakası kalınlığında azalma -42. gün ileum ve jejunumda villus yüksekliği, villus yüzey alanı ve goblet hücre yoğunluğunda artış	Bami vd. (2022)
Etlik piliç	<i>Corallina elongata</i> ekstraktı / Ag-NP'leri ve biyojenik AgNP'lerin asetik asit ile kaplanması	1 mM / içme suyu	-Ag-NP'lerin asetik asitle kaplanmasının <i>Pseudomonas orizihabitain</i> ve <i>Sphingomonas paucimobilis</i> olarak tanımlanan mikroflora popülasyonunun yüzdesinde azalma -Piliç etinde Ag birikimi olmadığı *Asetik asitle kapatılan biyojenik Ag-NP'ler, piliç içme suyunda güvenli bir katkı maddesi, alternatif antibiyotik ve aynı zamanda çevre dostu olduğu raporu	El-Abd vd. (2022)
Etlik piliç	<i>Alternaria tenuissima</i> mantarı / ZnO-NP'leri	40 veya 60 mg/kg diyet	- CA, YT, YYO ve performans indeksinde gelişme -Serum T-KOL, trigliserit, LDL ve ürik asit konsantrasyonlarında azalma, HDL ve karaciğer enzim konsantrasyonlarında artış -Serum, karaciğer, göğüs ve butta artan Zn birikimi	Hatab vd. (2022)
<i>Eimeria tenella</i> ile enfekte etlik piliç	<i>Ficus racemose</i> ekstraktı / IO-NP'leri	10, 15 veya 20 mg/kg	Koksidiyal etkilere karşı - IO-NP'leri kullanım dozuna ve süresine bağlı olarak farklı düzeylerde büyüme, biyokimya ve hematolojik parametrelerde iyileşme, -Parazitlenmiş ve yüksek oranda hasar görmüş hepatositler, karaciğer ve sekum dokularında 15 ve 20 mg/kg dozundaki IO-NP ilaveleri ile iyileşme -15 mg/kg IO-NP ilavesi ile koksidiozlu piliçlerde hızlı iyileşme ve büyüme artışı * <i>Ficus racemosa</i> 'nın yaprak ekstraktı kullanılarak sentezlenen yeşil IO-NP'lerin 15 mg/kg dozunun potansiyel ve güvenli bir antikoksidiyal ajan olabileceği	Khan vd. (2023)
<i>Eimeria tenella</i> ile enfekte etlik piliç	<i>Nigella sativa</i> / Zn-ONP'leri	60 mg/kg diyet	-Enfekte piliçlerde kötülen büyüme performansında artış -Ookist dökülümü ve antioksidial indeksde azalma -AST ve ALT düzeylerinde azalma, CAT ve SOD gibi antioksidan enzim düzeylerinde artış -IL-2 ve TNF- α gibi proenflamatuar sitokinlerde azalma * <i>Nigella sativa</i> içeren biyojenik ZnO-NP'ler, gelişmiş büyüme performansı ile birlikte antikoksidiyal, antioksidan ve antiinflamatuvar etkileri artırmış olabileceği	Lail vd. (2023)

Tablo 2. Devamı

Etlik piliç	<i>Lactobacillus plantarum</i> bakterisi / ZnO-NP'leri	40, 70 veya 100 mg/kg diyet	-100 mg/kg ZnO-NP'ler ilave seviyesinde serum, göğüs kası, tibia kemiği ve karaciğerde Zn tutulum ve birikiminde artış -Artan tibia külü, Zn, Ca ve P tutulumuyla birlikte tibia kemik mineralizasyonunda iyileşme -40, 70 ve 100 mg/kg ZnO-NP'leri ilave seviyelerinde tibia kemiğinin ağırlık, uzunluk ve kalınlık gibi morfolojik özelliklerinde iyileşme -70 ve 100 mg/kg diyet ZnO NP'leriyle beslenen piliçlerde serum ve karaciğer dokusundaki antioksidan durumda iyileşme	Yusuf vd. (2023)
-------------	--	-----------------------------	---	------------------

4.2. Laboratuvar hayvanı yemlerinde yeşil sentez MNP kullanımı

4.2. Use of green synthesis MNP in laboratory animal feeds

Camellia sinensis'in yaprak ekstraktı kullanılarak üretilen yeşil sentez ZnO-NP'lerinin, *Aspergillus ochraceus* kullanılarak buğday taneleri üzerinde katı hal fermantasyonu yoluyla üretilen okratoksin A (OTA)'nın albino sıçanlarda yol açtığı semtomlar üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen çalışma sonuçları, 25 ppm diyet ZnO-NP ilavesi ile OTA'nın yol açtığı performansta gerileme, karaciğer ve böbrekte dejenerasyon, sinüzoidal boşluklarda artış, lenfosit infiltrasyon, damar tıkanıklığı ve nekroz, serum ALT, AST ve kreatinin düzeylerinde artış ile albümin ve TP düzeyinde azalma gibi olumsuzlukların tümünün iyileştiği ve *Camellia sinensis* aracılı ZnO-NP'lerin, albino sıçanlarda OTA'nın öldürücü etkilerini azaltmak için hepatoprotektif ve nefroprotektif bir rol oynadığını göstermektedir (Hassan vd., 2021). Sütten kesilmiş wistar rat rasyonlarına 10 ppm ZnSO₄ ya da ticari veya yeşil yöntemle sentezlenmiş 10, 20 ve 40 ppm seviyelerinde Zn-NP'leri ilavelerinin hematolojik parametreleri, serum glukoz, üre, toplam protein, albümin, globulin ve kreatinin ile serum Ca, P, Cu, Fe ve Mn seviyelerini etkilemediği, ancak serum Zn seviyelerinin tüm Zn-NP takviyeleri ile önemli ölçüde yükseldiği tespit edilerek Zn-NP'lerinin sıçanların diyetine 40 ppm seviyesine kadar güvenli bir şekilde eklenebileceği bildirilmiştir (Raje vd., 2018b). Öte yandan Ezealisiji vd. (2019), 28 gün süreyle Wistar albino sıçanlara %0.5 veya %1 dozlarında itüzümü olarak bilinen *Solanum torvum*'un sulu ekstraktından biyosentezle üretilen ZnO-NP'leri içeren hidrojel dermatolojik uygulaması ile plazma Zn içeriklerinin doza ve zamana bağlı olarak arttığını, serum ürik asit ve üre düzeylerinin azaldığını ancak serum alkalen fosfataz (ALP) ve TP üzerine etkili olmadığını ve %1 ZnO-NP uygulamasının ise serum AST, ALT, T-KOL ve kreatinin düzeylerini artırdığını bildirerek dermatolojik olarak ZnO-NP'leri içeren hidrojel uygulamasının hem böbrek hem de karaciğer biyobelirteçleri üzerine etkili olduğunu ve uzun süreli uygulama sonrasında organlarda hasara neden olabileceğini duyurmuşlardır.

Anne rat ve fetüsün dokuları üzerinde saponin ilavesi ya da limon suyu veya saponinden yeşil sentezle üretilen Ag-NP'leri ilavelerinin fizyolojik, histolojik ve genotoksik etkilerini ortaya çıkarmayı amaçlayan çalışma sonuçlarına göre anneye ait vücut, karaciğer ve böbrek ağırlıklarının katkı maddelerinden etkilenmediği ancak başta yeşil sentez saponin Ag-NP'leri olmak üzere, sırasıyla limon suyu Ag-NP'leri ve saponin ilaveli gruplarda karaciğer, böbrek ve plasentada Ag-NP birikimi ile serum glikoz, ALT, AST, ALP, T-KOL, trigliserit, kreatinin, üre ve ürik asit miktarlarının artıp serum albumin ve TP miktarlarının azaldığı, hem fetüs hem de annenin karaciğer ve böbrek dokularında CAT, SOD, glutatyon (GSH) ve glutation transferaz (GST) aktivitelerinin azalıp, MDA ve nitrik oksit düzeylerinin arttığı ve ayrıca Ag-NP'lere maruz kalan gebe ratların karaciğer ve böbreklerinde DNA hasarı göstergelerinde anlamlı artışlar kaydedilmiştir (Abdelaziz vd., 2023). Wistar dişi ratlara gebeliğin 3-14. günlerinde iki farklı dozda giraburu (*Viburnum opulus* L.) meyve ekstraktından yeşil sentezle elde edilen Ag-NP (0.8 ve 1.5 mg/kg vücut ağırlığı) uygulanarak, doğumdan sonraki 6. haftada, erkek yavruların testislerinde Ag miktarı ile ilişkili olarak ultrastrüktürel değişiklikler ve oksidatif stres, enflamasyon ve hücre ölümü mekanizmaları parametrelerinin değerlendirildiği çalışmada hamilelik sırasında uygulanan Ag-NP'lerin plasenta ve testis bariyerlerini geçerek hücre toksisitesinin mekanizması olarak oksidatif stresi, DNA hasarını ve otofajiyi indüklediği bildirilmektedir. Ayrıca Ag-NP'lere maruziyetten sonra enflamasyon ve apoptoz belirteçlerinde azalma nükleer faktör kapp B (NFkB) aktivasyonunda artış, sertoli hücrelerinde önemli yapısal değişiklikler olduğu

tespit edilerek erkek gonadının embriyolojik gelişimi sırasında uygulanan *Viburnum opulus* L. meyve ekstraktından yeşil sentezle elde edilen Ag-NP'lerin, doğumdan 6 hafta sonra bile testislerde toksik etkiye neden olduğu rapor edilmiştir (Bidian vd., 2021).

Biyolojik ve kimyasal olarak sentezlenen CuO-NP'lerin fareler üzerindeki karşılaştırmalı toksikolojik etkilerini değerlendirmek üzere tasarlanmış olan çalışmada, kırk beş fare rastgele üç gruba ayrılmış ve kontrol grubuna damıtılmış su, ikinci gruba tek doz *Ulva fasciata* makro algı kullanılarak biyolojik olarak sentezlenen CuO-NP'leri (500 mg/kg vücut ağırlık), üçüncü gruba ise tek doz kimyasal olarak sentezlenmiş CuO-NP'ler (500 mg/kg bw) oral yoldan uygulanmıştır. Hem biyolojik hem de kimyasal olarak sentezlenen CuO-NP'leri ilavelerinin lökositoya, serum ALT ve AST aktiviteleri ile serum üre ve kreatinin seviyelerinde artışa, hepatik dokularda P53 mRNA ve kaspaz-3 protein ekspresyonlarında artışa neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, CuO-NP'ler hepatik, renal ve dalak dokularında dejeneratif ve nekrotize değişikliklere de neden olduğu ve biyokimyasal, apoptotik ve patolojik değişikliklerin biyolojik olarak sentezlenmiş CuO-NP'ler ile uygulanan farelerde daha ciddi olduğu rapor edilen bu çalışmada, biyolojik ve kimyasal olarak sentezlenen CuO-NP'lerin yüksek dozunun hepatik, renal ve dalak dokularında olumsuz etkilere neden olduğu bildirilmektedir. Aynı doz seviyesinde, biyolojik olarak sentezlenen CuO-NP'ler kimyasal olarak sentezlenen CuO-NP'lere göre daha güçlü toksik etkilere neden olmuştur (El Bialy vd., 2020). Çiftleşme öncesinden başlayarak tüm gebelik boyunca haftada iki kez oral yolla 50 veya 100 mg/kg yeşil ya da kimyasal olarak sentezlenmiş bakır oksit nanopartikül (CuO-NP)'lerin, ratlar ve yavruları üzerindeki karşılaştırmalı hepatotoksik etkisini araştırmak için tasarlanan çalışmada, Naz vd. (2021) yeşil sentezle üretilen CuO-NP'lerin etrafının bitki özütünde bulunan fitokimyasallarla kaplanarak hem çıplak NP'lerin toksik etkisinin hafifletildiğini hem de toksik Cu²⁺ iyonlarının salınımının sınırladığını ileri sürerek yeşil NP'lerin kimyasal NP'lere kıyasla daha az toksik olduğu ve annenin CuO-NP'lere maruz kalmasının emzirme yoluyla yavrularda belirgin bir değişikliğe neden olmadığı sonucuna varmışlardır.

Sıcaklık stresi altında yetiştirilen tavşan yemlerine 25 veya 50 mg/kg dozlarında biyolojik ve kimyasal yöntemle sentezlenen Se-NP'lerinin potansiyel etkilerini karşılaştırmak amacıyla Sheiha vd. (2020) tarafından tasarlan çalışmada, biyolojik olarak sentezlenen Se-NP büyüme, karkas, oksidatif ve enflamatuar parametrelerin iyileştirilmesi açısından, kimyasal olarak sentezlenen Se-NP'lere göre stres etkilerini hafifletme ve büyüyen tavşanların performansını artırma konusunda daha üstün etkiler göstermiştir.

Oral yolla 4 gün boyunca giraburu (*Viburnum opulus*) meyve ekstraktından kg vücut ağırlığı için 0.3 mg/kg yeşil sentezle üretilen altın nanopartikül (Au-NP)'leri, kg vücut ağırlığı için 15 mg/kg giraburu ekstraktı veya kg vücut ağırlığı için 15 mg/kg indometasin uygulamasının karragenan ile indüklenen deneysel plantar enflamasyonu oluşturulmuş Wistar ratlar üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmada Au-NP'lerin plantar oksidatif stres üzerindeki etkisi enflamasyonun indüklenmesinden 48 saat sonra ortaya çıkmıştır. Au-NP'lerin, özellikle geç dönem enflamasyonda cilt MDA oluşumunu azalttığı ve CAT ve GSH-px aktivitelerinin yanı sıra GSH / oksitlenmiş GSH oranını da arttırdığı ve ayrıca Au-NP'lerinin enflamasyonun indüksiyonundan sonraki 2. saatte kontrol grubuna kıyasla IL-1 α , IL-1 β , IL-6 ve TNF- α 'nın lokal salgılanmasını ve indüklenebilir nitrik oksit sentaz (iNOS) ile siklooksijenaz (COX)-2 ekspresyonunda azalma sağladığı tespit edilerek, hem Au-NP hem de ekstraktın enflamasyonla ilişkili hastalıkların tedavisi için değerli ajanlar olarak kullanılabilir olduğu söylenmiştir (Bidian vd., 2022).

Tablo 3. Yeşil sentez metalik nanopartiküllerinin laboratuvar hayvanları üzerine etkisi
Table 3. Effect of green synthesis metallic nanoparticles on laboratory animals

Tür	Yeşil sentez MNP tipi	Konsantrasyon	Etki	Referan
Wistar rat	Yeşil sentez Zn-NP ya da ticari Zn-NP	10, 20 veya 40 ppm diyetle	-Serum Zn düzeyindeki artış dışında diğer serum mineral (Ca, P, Cu, Mn ve Fe) düzeyleri ile serum biyokimyasal ve hematolojik parametreleri üzerine etkili olamama	Raje vd. (2018b)
Wistar albino rat	<i>Solanum torvum</i> yaprak ekstraktı / ZnO-NP'leri	%0.5 veya %1 dermatolojik	-Serum ürik asit seviyesinde doza bağlı olarak azalma, ALP seviyesinde artış -Serum ALT seviyesinde 28 günlük maruziyet sonrasında artış *Yeşil sentez ZnO-NP'ler içeren hidrojelin ratlarda karaciğer ve böbrek performansını etkileyebileceği ve maruz kalma süresine bağlı olarak gözlemlenebilen birikimin toksikolojik etkili olduğu	Ezealisiji vd. (2019)

Tablo 3. Devamı

Fare	<i>Ulva fasciata makro algi /CuO-NP'leri ve kimyasal CuO-NP</i>	Kg vücut ağırlığı için 500 mg, oral olarak	-Beyaz kan hücrelerinde artış -Serum ALT ve AST aktiviteleri ile üre ve kreatinin düzeylerinde artış -Karaciğer dokusunda P53 mRNA ve kaspaz-3 protein ekspresyonlarında artış -Karaciğer, böbrek ve dalak dokularında dejeneratif ve nekrotik değişiklikler -Yeşil sentez CuO-NP'leri uygulanan farelerde daha ciddi olmak üzere biyokimyasal, apoptotik ve patolojik değişiklikler *Yüksek dozda biyolojik ve kimyasal olarak sentezlenmiş CuO-NP'lerin karaciğer, böbrek ve dalak dokuları üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu *Aynı doz seviyesinde, biyolojik olarak sentezlenen CuO-NP'lerin, kimyasal olarak sentezlenenlere göre daha güçlü toksik etkilere neden olduğu	El Bialy vd. (2020)
Sıcaklık stresi uygulanan tavşan	İnsan sütünden izole edilen LAB / Se-NP'leri	25 veya 50 mg/kg diyet	-CA, YT ve YYO doza bağlı gelişme -Karkas randmanında artış -Serum metabolitleri, antioksidan indeksleri ve enflamatuvar sitokin tepkilerinde iyileşme *Yeşil sentez 25 veya 50 mg Se-NP/kg diyet seviyeleri stres altında barındırılan tavşanların büyüme performansını, böbrek ve karaciğer fonksiyonlarını, karkas özelliklerini, antioksidan indekslerini ve enflamatuvar sitokinlerini iyileştirdiği raporu	Sheiha vd. (2020)
Rat	<i>Viburnum opulus</i> L. ekstraktı / Ag-NP'leri	Gebeliğin 3-14. günlerinde kg vücut ağırlığı 0.8 veya 1.5 mg/Ag-NP eneksiyonu	-Oksidatif stresi, DNA hasarını ve otofajiyi indüklediği -İnflamasyon ve apoptoz belirteçlerinde azalma, NFkB aktivasyonunda artış -Sertoli hücrelerinde önemli yapısal, vakuol ve sitoplazmik değişiklikler *Doğumdan 6 hafta sonra bile testislerde toksik etki	Bidian vd. (2021)
Okratoksin A ile indüklenen albino rat	<i>Camellia sinensis</i> ekstraktı /ZnO-NP'leri	25 ppm diyet	Okratoksin A beslemesi ile tespit edilen -Performansta gerileme, -Karaciğer ve böbrekte dejenerasyon, sinüzoidal boşluklarda artış, lenfosit infiltrasyonu, damar tıkanıklığı ve nekroz -Serum ALT, AST ve kreatinin düzeylerinde yükselme, albümin ve TP düzeyinde azalma gibi olumsuzlukların tümünün yeşil sentez ZnO-NP beslemesi ile iyileştiği ve <i>Camellia sinensis</i> aracılı ZnO-NP'lerin, albino sıçanlarda OTA'nın öldürücü etkilerini azaltmak için hepatoprotektif ve nefroprotektif bir rol oynadığı sonucu	Hassan vd. (2021)
Sprague-Dawley ratlar ve doğan yavruları	<i>Rhus punjabensis</i> yaprak ekstraktı CuO-NP'ler ve kimyasal üretilen CuO-NP'leri	Çiftleşme öncesinden itibaren tüm gebelik boyunca haftada iki kez 50 veya 100 mg CuO-NP/kg oral yolla	-Kimyasal CuO-NP'leri uygulanan ebeveynlerde CAT, peroksidaz ve GSH enzim aktivitelerinde azalma, lipid peroksidasyon seviyesinde artış -Kimyasal ve yeşil sentez CuO-NP'leri uygulamaları ile ebeveynlerde başta ALP ve ALT aktiviteleri ile toplam bilirubinde olmak üzere karaciğer fonksiyon testlerinde cinsiyete ve doza bağlı artışlar -Biyosentez CuO-NP uygulamalarında genotoksik parametrelerde anlamlı bir değişiklik görülmezken, 100 mg/kg kimyasal CuO-NP'leri uygulanan bilhassa dişi ebeveynlerde %2.3 oranıyla maksimum DNA hasarı -Yeşil sentez Cu-NP uygulaması ebeveynlerde önemli bir patoloji olmaksızın sağlam karaciğer yapısı sergilerken kimyasal CuO-NP uygulaması ile sinüzoidlerde doza bağlı dilatasyon ve tıkanıklık -CuO-NP'leri uygulanan yavrularda control gruplarında olduğu gibi hiçbir belirgin patoloji olmaksızın normal ve sağlam bir karaciğer yapısı (yavrulara uygulana hiçbir testte anlamlı bir farklılık gözlenmediği) -Yeşil sentez CuO-NP'lerle beslenen ebeveyn ve yavrularda olumlu histolojik değişiklikler *Kimyasal CuO-NP uygulaması ile, yeşil sentez CuO-NP'lere kıyasla karaciğer üzerinde doza bağlı toksik etkiler *Biyoyumlu olmaları nedeniyle yeşil sentez CuO-NP'lerin farmakolojik uygulamasının mümkün olduğu	Naz vd. (2021)

Tablo 3. Devamı

Deneysel enflamasyon oluşturulan Wistar rat	<i>Viburnum opulus</i> ekstraktı / Au-NP'leri	Kg vücut ağırlığı için 0.3 mg Au-NP oral yoldan	-Au-NP plantar enflamasyon üzerinde antioksidan ve antienflamatuar etki *Au-NP'lerinin enflamasyonla ilişkili hastalıkların tedavisine yönelik değerli ajanlar olarak kullanılabilirdiği	Bidian vd. (2022)
Gebe Wistar albino rat	Limon suyu veya saponin /Ag-NP'leri	Kg vücut ağırlığı için 100 mg saponin ilavesi ya da limon suyu veya saponinden yeşil sentezle üretilen kg vücut ağırlığı için 300 mg Ag-NP'lerinin gebeliğin 19. gününe kadar günde bir kez oral yolla	-Başta saponin Ag-NP'leri olmak üzere Ag-NP uygulanan anne ratların karaciğer kesitlerinde hepatosellüler nekrozun odak alanları sıklığında artış, karaciğer parankiminde yoğun mononükleer iltihabi hücre infiltrasyonu ve bazı kesitlerde portal fibrozis varlığı, diğer bazı kesitlerde de mononükleer hücrelerin odak birikimlerinin varlığı -Ag-NP'ler uygulanan fetus karaciğerlerinde hasar görmüş endotel tabakası, genişlemiş sinusoidler ve vakuolize hepatositler ile temsil edilen karaciğer parankimasında belirgin değişiklikler -Ag-NP'leri uygulanan anne sıçanların böbrekleri hem renal korteks hem de medullada renal tübüllerde yaygın nekroz ve odak birikimler halinde mononükleer iltihabi hücrelerin varlığı, Ag-NP'leri uygulamaları ile fetuslarda renal dokuda artmış kapsüller alan ve tübüler parankima genişlemesi *Yeşil sentez Ag-NP'lerin anne ve fetus dokuları üzerinde toksik etkilere yol açabildiği raporu	Abdelaziz vd. (2023)

4.3. Su ürünleri yemlerinde yeşil sentez MNP kullanımı

4.3. Use of green synthesis MNP in aquaculture feeds

Suda yaşayan canlılar normal yaşam süreçleri için Cu, Zn, Fe, Ca, Mg, Na, K, P, Se gibi minerallere ihtiyaç duyarlar ve bazı inorganik elementleri yalnızca diyetlerinden (canlı veya yapay) değil, aynı zamanda çevrelerinden de absorbe etme yeteneğine sahiptirler. Cu, ZnO, FeO, MnO, MgO ve Se gibi elementler çok düşük düzeylerde gerekli olmaları nedeniyle zaman zaman su ürünleri yetiştiriciliğinde mineral eksikliğini gidermek için diyet formüle etmek veya mineral bakımından düşük bir su ortamını sürdürmek zor olabilmektedir (Satgurunathan vd., 2019). Düşük miktardaki mineraller bitki, alg, maya ve bakteri gibi biyolojik ajanlar kullanılarak üretilen MNP'lerle sağlanabilir. Nanoteknolojinin su ürünleri yetiştiriciliğinde uygulanması çok erken bir aşamada olmasına rağmen, farklı düzeylerde daha iyi teknik yeniliklerle su ürünleri yetiştiriciliği ve balıkçılık sorunlarının önemli bir kısmını çözme potansiyeline sahip olabilir (Thangapandiyan & Monika, 2020).

Asaikkutti ve ark. (2016), *Ananas comosus* kabuk ekstraktından yeşil sentezle üretilen MnO-NP'lerin tatlı su karidesi *Macrobrachium rosenbergii* için güvenli ve etkili bir diyet takviyesi olduğunu ve yaşam gücü, büyüme performansı ve antioksidan aktivitelerini artırabileceğini bildirmişlerdir. Thangapandiyan & Monika (2020), *Spinacia oleracea* yaprak ekstraktından yeşil sentezle üretilen ZnO-NP'lerinin diyetle ilaveleri ile su ürünleri yetiştiriciliğinde çinko eksikliğine bir çözüm sağlayabileceğine dikkat çekmişlerdir. Kurian & Elumalai (2021), Nil tilapia balık diyetlerine *Leucas aspera* ekstraktından yeşil sentezle üretilen 400 mg/kg ZnO-NP'leri ilavesinin antioksidan enzim aktivitelerini ve dolayısıyla bağışıklık tepkisini artırdığını, organlarda histolojik hasara neden olmadığını ve bu nedenle balık sağlığının iyileştirilmesi için yeşil sentez ZnO-NP kullanımının önerilebileceğini bildirmişlerdir.

Son yıllarda biyoteknoloji, sağlık, elektronik, giyim ve kozmetik vb üretiminde sıklıkla kullanılan Ag-NP'lerin su ekosistemlerinin kirlenmesine ve sudaki türlerin olumsuz etkilenmesine neden olduğu bildirilmektedir (Hamed & Abdel-Tawwab, 2021). Karabiber (*Piper nigrum*)'den yeşil sentezle üretilen Ag-NP'lerin öldürücü olmayan konsantrasyonlardaki (2.5 veya 5 µg/L su) ilavesinin dahi *Labeo rohita* balığının solungaç, karaciğer ve böbreklerinde birikime, oksidatif strese ve histopatolojik değişikliklere yol açtığı anlaşılmıştır (Shobana vd., 2018). Nil tilapia balıklarının test sularına öldürücü olmayan iki farklı doz (1.95 veya 3.9 ppm) *Moringa oleifera* yaprak ekstraktı aracılı yeşil sentez Ag-NP'leri maruziyeti ile uyarı ve mikronükleus hücreleri gibi eritrositlerde sitotoksikite ve genotoksik etkilerle birlikte hematolojik ve biyokimyasal dejenerasyonu oluşturmuştur (Ibrahim, 2021). Öte yandan Mansour vd. (2021), Nil tilapia'sının

3.31 mg/L üzerinde dozlarda çevre dostu nano-malzeme olarak kullanılan nişasta aracılı Ag-NP'lere kronik maruziyetinin, toksisite ve iltihabi gen ekspresyonunu tetiklemenin yanı sıra şiddetli oksidatif stresi de içeren lineer toksisite tepkisine neden olduğunu ve ayrıca Ag-NP'lere maruziyetle hematotoksisite, karaciğer ve böbrek fonksiyonlarında bozulma, büyüme ve mortalite sorunlarına yol açtığını kaydetmişlerdir.

Tablo 4. Yeşil sentez metalik nanopartiküllerinin su ürünleri yemlerine ilavesi
Table 4. Addition of green synthesis metallic nanoparticles to aquaculture feeds

Tür	Yeşil sentez MNP tipi	Konsantrasyon	Sonuçlar	Referans
Karides (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	<i>Ananas comosus</i> kabuk ekstraktı / MnO-NP'leri	3.0, 6.0, 9.0, 12.0, 15.0 veya 18.0 mg/kg diyet	-MnO-NP ilaveleri ile büyüme performansı, sindirim enzim aktiviteleri ve kas biyokimyasal bileşimlerinde gelişme -15 mg/kg MnO-NP ilavesi ile kas mineral konsantrasyonları, toplam azot ve ham protein yüzdesi ile TP, amino asit, karbonhidrat ve lipid miktarlarında artış -18 mg/kg MnO-NP ilavesi ile kas ve hepatopankreastaki antioksidan enzim (SOD, CAT, glutamik oksaloasetat transaminaz (GOT), glutamik piruvat transaminaz (GPT)) aktivitelerinde artış	Asaikkutti vd. (2016)
Hint büyük sazani-Rohu balığı (<i>Labeo rohita</i>)	<i>Piper nigrum</i> 'un sulu yaprak ekstraktı / Ag-NP'leri	2.5 veya 5 µg/L su (Ag-NP'leri sabit bir seviyede tutmak için her 24 saatte bir test suyu yenilenerek taze hazırlanan çözelti eklenmiştir).	-Solungaç, karaciğer ve böbreklerde önemli ölçüde Ag birikimi -Solungaç, karaciğer ve böbrekte antioksidan enzimler SOD ve CAT' aktivitesinde azalma, lipid peroksidaz (LPO) aktivitesinde ve oksidatif stress belirteçlerinde artış -Solungaç, karaciğer ve böbreklerde lamel dejenerasyonu, lamel epitelinin kaldırılması, hepatik nekroz, piknotik çekirdekler, hücre içi alanın artması ve glomerulusun büzülmesi gibi histopatolojik değişiklikler * <i>Piper nigrum</i> 'dan yeşil sentezle üretilen Ag-NP'lerinin öldürücü olmayan konsantrasyonlarda ilavesinin <i>Labeo rohita</i> balığının hedef organlarında Ag birikimine, oksidatif strese ve histopatolojik değişikliklere yol açtığını sonucu	Shobana vd. (2018)
Karides (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) post larvaları	<i>Allium sativum</i> ekstraktı / Cr-NP'leri	4.94 mg/L konsantrasyonundaki Cr-NP'leri ile farklı sürelerde (½, 1, 2 ve 4 saat) zenginleştirilen <i>Artemia nauplii</i> isimli canlı yem vasıtasıyla	-½ ve 1 saatlik zenginleştirilmiş <i>Artemia nauplii</i> 'nin büyüme ve hayatta kalma dahil beslenme indekslerinde ve karides post larvalarının TP, amino asit, karbonhidrat ve lipid gibi doku biyokimyasal bileşen konsantrasyonlarında önemli iyileşmeler -4.94 mg/L Cr-NP'lerinin <i>Macrobrachium rosenbergii</i> post larvalar için toksik olmadığı	Satgurunathan vd. (2019)
Öldürücü olmayan konsantrasyonda (1.95 ve 3.9 ppm) <i>Moringa oleifera</i> yaprak ekstraktından üretilen Ag-NP'lere maruz bırakılan Nil tilapia balığı (<i>Oreochromis niloticus</i>)	<i>Moringa oleifera</i> yaprak ekstraktı / Se-NP'leri	Test suyuna 4 hafta boyunca her gün 0.1 ppm Se-NP'leri veya 0.1 ppm Na ₂ SeO ₃ (Sodium selenite)	Ag-NP'lerin ilaveleri ile -Eritrosit, hemoglobin, hematokrit, ortalama eritrosit hacmi, lökositler, lenfositler ve serum proteinleri konsantrasyonunda azalma -Ortalama corpuscular hemoglobin konsantrasyonu, mikronükleus, uyarılan hücreler, nötrofiller, AST, ALT ve ALP enzim aktiviteleri, üre, kreatinin, glukoz, T-KOL ve trigliserit düzeylerinde artış *Na ₂ SeO ₃ ve Se-NP'leri ilavelerinin Ag-NP'lerin toksisitesinin detoksifikasyonunda iyimser bir rolü olduğu ancak biyosentezlen Se-NP'lerinin hematolojik ve biyokimyasal parametrelerde Na ₂ SeO ₃ 'ten daha etkili olduğu tespiti.	Ibrahim (2020)
Hint büyük sazani-Rohu balığı (<i>Labeo rohita</i>) Nil tilapia balığı (<i>Oreochromis niloticus</i>)	<i>Spinacia oleracea</i> yaprak ekstraktı / ZnO-NP'leri <i>Leucas aspera</i> ekstraktı / ZnO-NP'leri	5, 7.5 veya 10 mg/kg diyet 100, 200 veya 400 mg/kg yeşil sentez ZnO-NP ya da kimyasal sentez ZnO-NP'leri	-Büyüme performansı, biyokimyasal, hematolojik ve sindirim enzimi aktivitelerinde artış -400 mg/kg yeşil sentez ZnO-NP'leri ilavesi ile antioksidan enzim (CAT, SOD, GSH-px, GSH) aktiviteleri ve ümmünolojik parametrelerde artış -NP'lerle zenginleştirilmiş yemle beslenen balık karaciğer ve solungaç dokularında histolojik değişiklikler -Çinko biyobirikiminin daha çok karaciğerde, ardından kaslarda ve en az solungaçlarda olduğu ve DNA hasarının, kimyasal olarak sentezlenmiş ZnO-NP ile zenginleştirilmiş yemle beslenen balıklarda daha belirgin olduğu	Thangapandiyar & Monika (2020) Kurian & Elumalai (2021)

Tablo 4. Devamı

Nil tilapia balığı (<i>Oreochromis niloticus</i>)	İndirgeyici ve stabilizatör olarak ticari nişasta kullanımı / Ag-NP'leri	3.31, 6.63, 13.25 veya 26.5 mg/L Ag-NP'ler	-mRNA toksisite seviyeleri (CYP1A ve HSP-70) ve inflamatuvar (TNF- α ve TGF- β) genlerinde değişiklikler -Antioksidan genlerin (SOD ve CAT) ekspresyonunda baskılanma, enzim aktivitelerinde yavaşlama, MDA seviyesinde artış -3.31 mg/L'nin üzerindeki dozlarda Ag-NP'leri ilaveleri ile eritrosit, hemoglobin, hematokrit ve lökosit değerleri ile TP ve globulin düzeyinde azalma -Karaciğer fonksiyon enzimleri ve böbrek fonksiyon göstergelerinde toksisite *3.31 mg/L'nin üzerindeki dozlarda nişasta aracılı Ag-NP'lerin etkisi, Nil tilapia yavrularında moleküler ve proteomik seviyelerde toksisiteye neden olduğu	Mansour vd. (2021)
Zebra balığı (<i>Danio rerio</i>)	<i>Anisomeles malabarica</i> yaprak ekstraktı / IO-NP'leri	10, 20, 30, 40 veya 50 mg/100 g yem	40 mg yeşil sentezlenmiş IO-NP'leri ilavesi ile -YT, YYO, CAA, sindirim, metabolizma ve büyüme hızında artış -Sindirim enzimleri ve biyokimyasal bileşenlerde iyileşme	Rajan vd. (2021)
<i>Candida albicans</i> ile enfekte edilmiş yemlerle beslenen Nil tilapia balığı (<i>Oreochromis niloticus</i>) balığı	<i>Ulva fasciata yosunu</i> / ZnO-NP'leri	40 veya 60 mg/kg ZnO-NP'leri	-ZnO-NP'lerin antifungal aktiviteleri ve ZnO-NP'lere bağlı olarak <i>Candida albicans</i> hücresinde morfolojik değişiklikler -Yeşil sentez ZnO-NP'leri ilavelerinin, büyüme performansı, serum lizozim aktivitesi, fagositik aktiviteyi, fagositik indeksi, solunum patlaması ve sindirim enzimi aktivitesi ile bağışıklıkla ilgili genlerin (IL-1 β , TGF, TNF- α) ekspresyonunda iyileşme -Diyetlerin 40 mg/kg biyosentez ZnO-NP'lerle desteklenmesinin Nil tilapia'sında kandidiyazın kontrol edilmesinde iyi bir seçim olarak değerlendirilebileceği raporu.	Diab vd. (2022)
Karides (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) post larvaları	<i>Allium sativum</i> ekstraktı / Se-NP'leri	0.5, 1.0, 1.5 veya 2.0 mg/kg diyet	-Karkaslarda doza bağlı Se birikimi -CAA ve YYO'nda iyileşme, ölüm oranında azalma -1.5 mg/kg'a kadar Se-NP'leri, diğer eser elementlerin (Ca, Cu ve Fe) ve mineral tuzlarının (K, Mg, Na ve Zn) emilimi üzerine etkiler -Bağırsak içeriğindeki sindirim enzim (proteaz, amilaz ve lipaz) aktiviteleri ve karides post larvaları kasındaki TP, kül, esansiyel amino asitler, toplam karbonhidrat, toplam lipid, tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri içeriklerinde artış -1.5 mg/kg Se-NP ilave dozuna kadar karidesler için kabul edilebilir MDA, GOT, GPT, SOD ve CAT'in önemsiz derecede değişen aktiviteleri -2.0 mg/kg Se-NP takviyesinin karides üzerinde olumsuz etkiler yaratmaya başladığı *Karides post larvalarının sürdürülebilir büyümesini sağlamak için besin takviyesi olarak maksimum 1.5 mg/kg Se-NP'leri kullanımı önerisi	Satgurunathan vd. (2023)
<i>Eromonas hydrophila</i> ile enfekte edilen Nil tilapia balığı (<i>Oreochromis niloticus</i>)	<i>Curcuma longa</i> ekstraktı / ZnO-NP'leri	5, 7.5 veya 10 mg/kg diyet	10 mg/kg ZnO-NP ilavesi ile -Hematolojik indekslerde, vücut ham protein içeriğinde, antioksidan kapasitesinde (SOD ve GSH) ve humoral bağışıklıkta (IgM, lizozim ve kompleman yolu aktivitesi) artış, -MDA, dokusal ham lipid içeriği, T-KOL ve AST düzeyleri ve ölüm oranında azalma	Yazdani vd. (2023)

Sonuç*Conclusion*

Yeşil sentezle üretilen MNP'lerin kanatlı hayvanlar, laboratuvar hayvanları ve su ürünleri yemlerinde ya da sularında kullanımına ilişkin literatür verileri incelendiğinde, hayvansal üretimde kullanılan yeşil sentez MNP ilavelerinin genel olarak büyüme performansı ve ürün kalitesini, bazı serum biyokimyasal bileşenleri, enflamatuvar sitokinler ve immünoglobulinlerin düzeylerini iyileştirmenin yanı sıra kemik mineralizasyonu ve morfolojik özelliklerini artırarak kemik sağlığını, bağırsaktaki patojen bakteri gelişimini kontrol altına alıp yararlı bakteri popülasyonunu artırarak da bağırsak sağlığı ve bütünlüğünü iyileştirdiği görülmektedir. Ayrıca, yeşil sentez MNP'lerin, antioksidan durumu iyileştirerek oksidatif stresin neden olduğu olumsuzlukları etkili bir şekilde azaltabildiği, antitoksik ve antimikrobiyel etkileri artırabildiği, hepatoprotektif ve nefroprotektif rol oynadığı görülmektedir. Öte yandan geleneksel yöntemlerle üretilen MNP'lere kıyasla düşük dozlarda kullanılan yeşil sentez MNP'lerin maliyeti azaltacağı gibi dışkı ile atılan mineral düzeyindeki azalma ile çevre kirliliğinde de azalmaya yol açarak çevre dostu ve antibiyotiklere alternatif güvenli bir katkı maddesi olarak kullanılabilmesi düşünülmektedir. Ancak yemlerde yeşil sentez MNP kullanımında doza ve maruz kalma süresine bağlı olarak hayvanlarda görülebilecek olası toksik etkilere ilişkin literatür verileri, bu konuda dikkatli olunması gerektiğini ve ayrıca daha fazla, derin ve net çalışmalara gereksinim olduğunu düşündürmektedir.

Teşekkür*Acknowledgement*

Bu çalışma, 26-28 Ekim 2023 tarihleri arasında, Zootekni Fedarasyonu tarafından düzenlenen 13. Ulusal Zootekni Kongresi'nde sözlü olarak sunulmuştur.

Çıkar çatışması beyanı*Conflicts of interest*

Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar*References*

- Abdelaziz, M. H., El-Dakdoky, M. H., Ahmed, T. A., & Mohamed, A. S. (2023). Biological impacts of the green synthesized silver nanoparticles on the pregnant albino rats and their fetuses. *Birth Defects Research*, 115(4), 441-457. <https://doi.org/10.1002/bdr2.2131>
- Abdel-Moneim, A. M. E., Shehata, A. M., Selim, D. A., El-Saadony, M. T., Mesalam, N. M., & Saleh, A. A. (2022). Spirulina platensis and biosynthesized selenium nanoparticles improve performance, antioxidant status, humoral immunity and dietary and ileal microbial populations of heat-stressed broilers. *Journal of Thermal Biology*, 104, 103195. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103195>
- Abo-El-Yazid, Z. H., Ahmed, O. K., El-Tholoth, M., & Ali, M. A. S. (2022). Green synthesized silver nanoparticles using *Cyperus rotundus* L. extract as a potential antiviral agent against infectious laryngotracheitis and infectious bronchitis viruses in chickens. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 9(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40538-022-00325-z>
- Adegbeye, M. J., Elghandour, M. M., Barbabosa-Pliego, A., Monroy, J. C., Mellado, M., Reddy, P. R. K., & Salem, A. Z. (2019). Nanoparticles in equine nutrition: Mechanism of action and application as feed additives. *Journal of Equine Veterinary Science*, 78(7), 29-37. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.04.001>
- Akbar, S., Tauseef, I., Subhan, F., Sultana, N., Khan, I., Ahmed, U., & Haleem, K. S. (2020). An overview of the plant-mediated synthesis of zinc oxide nanoparticles and their antimicrobial potential. *Inorganic and Nano-Metal Chemistry*, 50(4), 257-271. <https://doi.org/10.1080/24701556.2019.1711121>
- Akhtar, K., Chand, N., Khan, S., Dai, S., & Khan, R. U. (2020). Supplementation of organic minerals and its effect on production performance and egg quality of laying hens. *Journal of Animal Physiology and Nutrition Science*, 1(1), 12-16. <https://doi.org/10.46417/JAPN/2020.003>

- Aksoy, A., Macit, M., & Karaoğlu, M. (2011). *Hayvan Besleme*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ofset Tesisi, Ders yayınları, No:220, s:166., Erzurum.
- Ali, A. A., Soliman, E. S., Hamad, R. T., El-Borad, O. M., Hassan, R. A., & Helal, M. S. (2020). Preventive, behavioral, productive, and tissue modification using green synthesized selenium nanoparticles in the drinking water of two broiler breeds under microbial stress. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 22(01). <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2019-1129>
- Ali, F., Saeed, K., & Fatemeh, H. (2022). Nano-Bio selenium synthesized by bacillus subtilis modulates broiler performance, intestinal morphology and microbiota, and expression of tight junction's proteins. *Biological Trace Element Research*, 200(4), 1811-1825. <https://doi.org/10.1007/s12011-021-02767-2>
- Allur Subramaniyan, S., Kang, D. R., Belal, S. A., Choe, H. S., & Shim, K. S. (2018). A comparative study of biologically and chemically fabricated synthesized AgNPs' supplementation with respect to heat-shock proteins, survival, and hatching rates of chicken embryos: an in ovo study. *Journal of Cluster Science*, 29, 129-139. <https://doi.org/10.007/s10876-017-1319-5>
- Asaikkutti, A., Bhavan, P. S., Vimala, K., Karthik, M., & Cheruparambath, P. (2016). Dietary supplementation of green synthesized manganese-oxide nanoparticles and its effect on growth performance, muscle composition and digestive enzyme activities of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 35, 7-17. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2016.01.005>
- Bami, M. K., Afsharmanesh, M., Espahbodi, M., & Angkanaporn, K. (2021). Dietary supplementation with biosynthesized nano-selenium affects growth, carcass characteristics, meat quality and blood parameters of broiler chickens. *Animal Production Science*, 62(3), 254-262. <https://doi.org/10.1071/AN21192>
- Bami, M. K., Afsharmanesh, M., Espahbodi, M., & Esmaeilzadeh, E. (2022). Effects of dietary nano-selenium supplementation on broiler chicken performance, meat selenium content, intestinal microflora, intestinal morphology, and immune response. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 69, 126897. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2021.126897>
- Bharadwaj, K. K., Rabha, B., Pati, S., Sarkar, T., Choudhury, B. K., Barman, A., Bhattacharjya, D., Srivastava, A., Baishya, D., Edinur, H. A., Kari, Z. A., & Mohd Noor, N. H. (2021). Green synthesis of gold nanoparticles using plant extracts as beneficial prospect for cancer theranostics. *Molecules*, 26(21), 6389. <https://doi.org/10.3390/molecules26216389>
- Bidian, C., Filip, G. A., David, L., Florea, A., Moldovan, B., Robu, D. P., Olteanu, D., Radu, T., Clichici, S., Mitrea, D. R., & Baldea, I. (2021). The impact of silver nanoparticles phytosynthesized with *Viburnum opulus* L. extract on the ultrastructure and cell death in the testis of offspring rats. *Food and Chemical Toxicology*, 150, 112053. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112053>
- Bidian, C., Filip, G. A., David, L., Moldovan, B., Baldea, I., Olteanu, D., Filip, M., Bolfa, P., Potara, M., Toader, A. M., & Clichici, S. (2022). *Viburnum opulus* fruit extract-capped gold nanoparticles attenuated oxidative stress and acute inflammation in carrageenan-induced paw edema model. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 15(2), 320-336. <https://doi.org/10.1080/17518253.2022.2061872>
- Biswas, P., & Wu, C. Y. (2005). Nanoparticles and the environment. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 55(6), 708-746. <https://doi.org/10.1080/10473289.2005.10464656>
- Cengiz, M., Baytar, O., Şahin, Ö., Kutlu, H. M., Ayhanci, A., Veyselova Sezer, C., & Gür, B. (2023). Biogenic Synthesized Bare and Boron-Doped Copper Oxide Nanoparticles from *Thymbra spicata* ssp. *spicata*: In Silico and In Vitro Studies. *Journal of Cluster Science*, 1-20. <https://doi.org/10.1007/s10876-023-02481-0>
- Dhir, S., Dutt, R., Singh, R. P., Chauhan, M., Virmani, T., Kumar, G., Alhalmi, A., Aleissa, M. S., Rudayni, H. S., & Al-Zahrani, M. (2023). Amomum subulatum Fruit Extract Mediated Green Synthesis of Silver and Copper Oxide Nanoparticles: Synthesis, Characterization, Antibacterial and Anticancer Activities. *Processes*, 11(9), 2698. <https://doi.org/10.3390/pr11092698>
- Diab, A. M., Shokr, B. T., Shukry, M., Farrag, F. A., & Mohamed, R. A. (2022). Effects of dietary supplementation with green-synthesized zinc oxide nanoparticles for candidiasis control in *Oreochromis niloticus*. *Biological Trace Element Research*, 200(9), 4126-4141. <https://doi.org/10.007/s12011-021-02985-8>

- Dosoky, W. M., Fouda, M. M., Alwan, A. B., Abdelsalam, N. R., Taha, A. E., Ghareeb, R. Y., El-Aassar, M. R., & Khafaga, A. F., (2021). Dietary supplementation of silver-silica nanoparticles promotes histological, immunological, ultrastructural, and performance parameters of broiler chickens. *Scientific Reports*, 11(1), 4166. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83753-5>
- Dukare, S., Mir, N. A., Mandal, A. B., Dev, K., Begum, J., Tyagi, P. K., Rokade, J. J., Biswas, A., Tyagi, P. K., & Bhanja, S. K. (2020). Comparative study on the responses of broiler chicken to hot and humid environment supplemented with different dietary levels and sources of selenium. *Journal of Thermal Biology*, 88, 102515. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102515>
- Ealia, S. A. M., & Saravanakumar, M. P. (2017). *A review on the classification, characterisation, synthesis of nanoparticles and their application. In IOP conference series: materials science and engineering* (Vol. 263, No. 3, 2017, November, pp. 032019). IOP Publishing.
- El Bialy, B. E., Hamouda, R. A., Abd Eldaim, M. A., El Ballal, S. S., Heikal, H. S., Khalifa, H. K., & Hozzein, W. N. (2020). Comparative toxicological effects of biologically and chemically synthesized copper oxide nanoparticles on mice. *International Journal of Nanomedicine*, 15: 3827-3842. <https://doi.org/10.2147/IJN.S241922>
- El-Abd, N. M., Hamouda, R. A., Al-Shaikh, T. M., & Abdel-Hamid, M. S. (2022). Influence of biosynthesized silver nanoparticles using red alga *Corallina elongata* on broiler chicks' performance. *Green Processing and Synthesis*, 11(1), 238-253. <https://doi.org/10.1515/gps-2022-0025>
- El-Gogary, M. R., El-Khateeb, A. Y., & Megahed, A. M. (2019). Effect of physiological and chemical nano garlic supplementation on broiler chickens. *Plant Archives*, 19(1), 695-705.
- El-Maaty, H. A. A., El-Khateeb, A. Y., Al-Khalaifah, H., Hamed, E. S. A. E., Hamed, S., El-Said, E. A., Mahrose, K. M., Metwally K., & Mansour, A. M. (2021). Effects of ecofriendly synthesized calcium nanoparticles with biocompatible *Sargassum latifolium* algae extract supplementation on egg quality and scanning electron microscopy images of the eggshell of aged laying hens. *Poultry Science*, 100(2), 675-684. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.043>
- Eltaweil, A. S., Fawzy, M., Hosny, M., Abd El-Monaem, E. M., Tamer, T. M., & Omer, A. M. (2022). Green synthesis of platinum nanoparticles using *Atriplex halimus* leaves for potential antimicrobial, antioxidant, and catalytic applications. *Arabian Journal of Chemistry*, 15(1), 103517. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103517>
- Essghaier, B., Hannachi, H., Nour, R., Mottola, F., & Rocco, L. (2023). Green Synthesis and Characterization of Novel Silver Nanoparticles Using *Achillea maritima* subsp. *maritima* Aqueous Extract: Antioxidant and Antidiabetic Potential and Effect on Virulence Mechanisms of Bacterial and Fungal Pathogens. *Nanomaterials*, 13(13), 1964. <https://doi.org/10.3390/nano13131964>
- Ezealisiji, K. M., Siwe-Noundou, X., Maduelosi, B., Nwachukwu, N., & Krause, R. W. M. (2019). Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using *Solanum torvum* (L) leaf extract and evaluation of the toxicological profile of the ZnO nanoparticles-hydrogel composite in Wistar albino rats. *International Nano Letters*, 9, 99-107. <https://doi.org/10.1007/s40089-018-0263-1>
- Faisal, S., Jan, H., Shah, S. A., Shah, S., Khan, A., Akbar, M. T., Rizwan, M., Jan, F., Akhtar, N., Khattak, A., & Syed, S. (2021). Green synthesis of zinc oxide (ZnO) nanoparticles using aqueous fruit extracts of *Myristica fragrans*: their characterizations and biological and environmental applications. *ACS Omega*, 6(14), 9709-9722. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c00310>
- Fatholahi, A., Khalaji, S., Hosseini, F., & Abbasi, M. (2021). Nano-Bio zinc synthesized by *Bacillus subtilis* modulates broiler performance, intestinal morphology and expression of tight junction's proteins. *Livestock Science*, 251, 104660. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104660>
- Fouda, A., Eid, A. M., Guibal, E., Hamza, M. F., Hassan, S. E. D., Alkhalifah, D. H. M., & El-Hossary, D. (2022). Green Synthesis of Gold Nanoparticles by Aqueous Extract of *Zingiber officinale*: Characterization and Insight into Antimicrobial, Antioxidant, and In Vitro Cytotoxic Activities. *Applied Sciences*, 12(24), 12879. <https://doi.org/10.3390/app122412879>
- Fouda, M. M., Dosoky, W. M., Radwan, N. S., Abdelsalam, N. R., Taha, A. E., & Khafaga, A. F. (2021). Oral administration of silver nanoparticles-adorned starch as a growth promotor in poultry: Immunological and histopathological study. *International Journal of Biological Macromolecules*, 187, 830-839. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.07.157>

- Freeland-Graves, J. H., Sanjeevi, N., & Lee, J. J. (2015). Global perspectives on trace element requirements. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 31, 135-141. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2014.04.006>
- Gallocchio, F., Biancotto, G., Cibin, V., Losasso, C., Belluco, S., Peters, R., Bommel, G., Cascio, C., Weigel, S., Tromp, P., Gobbo, F., Catania, S., & Ricci, A. (2017). Transfer study of silver nanoparticles in poultry production. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(18), 3767-3774. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00670>
- Gedikli, H. (2022). *Türk siyah ve yeşil çayı ekstraktlarının ve bu ekstraktlardan yeşil sentez yoluyla üretilen demir nano parçacıklarının bazı gıdalarda aflatoksinlerin azaltılması üzerine bir araştırma*. [Yüksek Lisans Tezi. Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Guleria, A., Sachdeva, H., Saini, K., Gupta, K., & Mathur, J. (2022). Recent trends and advancements in synthesis and applications of plant-based green metal nanoparticles: a critical review. *Applied Organometallic Chemistry*, 36(9), e6778. <https://doi.org/10.1002/aoc.6778>
- Güven, G., & Sızmaç, Ö. (2020). Çevre için yeşil sentez, yeşil sentez için broyler beslemede kullanılan alg. *Türkiye Klinikleri Veteriner Bilimleri Dergisi*, 11(1), 30-37. <https://doi.org/10.5336/vetsci.2019-71493>
- Hamed, H. S., & Abdel-Tawwab, M. (2021). Dietary pomegranate (*Punica granatum*) peel mitigated the adverse effects of silver nanoparticles on the performance, haemato-biochemical, antioxidant, and immune responses of Nile tilapia fingerlings. *Aquaculture*, 540, 736742. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736742>
- Hassan, E. A., Ramadan, H. K., Ismael, A. A., Mohamed, K. F., El-Attar, M. M., & Alhelali, I. (2017). Noninvasive biomarkers as surrogate predictors of clinical and endoscopic remission after infliximab induction in patients with refractory ulcerative colitis. *Saudi journal of gastroenterology: official journal of the Saudi Gastroenterology Association*, 23(4), 238. https://doi.org/10.4103/sjg.SJG_599_16
- Hassan, S. A., Mujahid, H., Ali, M. M., Irshad, S., Naseer, R., Saeed, S., Firyal, S., & Arooj, F. (2021). Synthesis, characterization and protective effect of green tea-mediated zinc oxide nanoparticles against ochratoxin A induced hepatotoxicity and nephrotoxicity in albino rats. *Applied Nanoscience*, 11(8), 2281-2289. <https://doi.org/10.1007/s13204-021-02006-z>
- Hassan, S., Sharif, M., Mirza, M. A., & Rehman, M. S. U. (2023). Effect of Dietary Supplementation of Zinc Nanoparticles Prepared by Different Green Methods on Egg Production, Egg Quality, Bone Mineralization, and Antioxidant Capacity in Caged Layers. *Biological Trace Element Research*, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03640-0>
- Hatab, M. H., Rashad, E., Saleh, H. M., El-Sayed, E. S. R., & Taleb, A. A. (2022). Effects of dietary supplementation of myco-fabricated zinc oxide nanoparticles on performance, histological changes, and tissues Zn concentration in broiler chicks. *Scientific Reports*, 12(1), 18791. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22836-3>
- Hidayat, C., Sumiati, S., Jayanegara, A., & Wina, E. (2021b). Supplementation of dietary nano Zn-phytogenic on performance, antioxidant activity, and population of intestinal pathogenic bacteria in broiler chickens. *Tropical Animal Science Journal*, 44(1), 90-99. <https://doi.org/10.5398/tasj.2021.44.1.90>
- Hidayat, C., Wina, E., & Jayanegara, A. (2021a). *Characteristics of Nano Zn-Fitogenik (NZF) made by green synthesis process using guava leaves (Psidium guajava) for feed additives*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (2021, November) (Vol. 888, No. 1, p. 012056). IOP Publishing.
- Ibrahim, A. T. A. (2020). Toxicological impact of green synthesized silver nanoparticles and protective role of different selenium type on *Oreochromis niloticus*: hematological and biochemical response. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 61, 126507. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126507>
- Jeyaraj, M., Gurunathan, S., Qasim, M., Kang, M. H., & Kim, J. H. (2019). A comprehensive review on the synthesis, characterization, and biomedical application of platinum nanoparticles. *Nanomaterials*, 9(12), 1719. <https://doi.org/10.3390/NANO912171>
- Kanchana, P., Hemapriya, V., Arunadevi, N., Sundari, S. S., Chung, I. M., & Prabakaran, M. (2022). Phytofabrication of silver nanoparticles from *Limonia acidissima* leaf extract and their antimicrobial, antioxidant and its anticancer prophecy. *Journal of the Indian Chemical Society*, 99(10), 100679. <https://doi.org/10.1016/j.jics.2022.100679>

- Kaya, H. A., & Macit, M., (2018). The effects of boron (orthoboric acid) supplementation into diets of laying hens on egg shell quality and tibia biomechanic parameters and serum, shell and tibia mineral concentrations during late laying period. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 13(1), 42-53. <https://doi.org/10.17094/ataunivbd.315617>
- Khan, A., Afzal, M., Rasool, K., Ameen, M., & Qureshi, N. A. (2023). In-vivo anticoccidial efficacy of green synthesized iron-oxide nanoparticles using *Ficus racemosa* Linn leaf extract.(Moraceae) against *Emeria tenella* infection in broiler chicks. *Veterinary Parasitology*, 321, 110003. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2023.110003>
- Khan, S. A. (2020). Metal nanoparticles toxicity: role of physicochemical aspects. In *Metal nanoparticles for drug delivery and diagnostic applications* (pp. 1-11). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816960-5.00001-X>
- Khodeer, D. M., Nasr, A. M., Swidan, S. A., Shabayek, S., Khinkar, R. M., Aldurdunji, M. M., Ramadan, M. A., & Badr, J. M. (2023). Characterization, antibacterial, antioxidant, antidiabetic, and anti-inflammatory activities of green synthesized silver nanoparticles using *Phragmanthera austroarabica* AG Mill and JA Nyberg extract. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1078061. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1078061>
- Kocabas, B. B., Attar, A., Yuka, S. A., & Yapaoz, M. A. (2023). Biogenic synthesis, molecular docking, biomedical and environmental applications of multifunctional CuO nanoparticles mediated *Phragmites australis*. *Bioorganic Chemistry*, 133, 106414. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2023.106414>
- Koçer, A. T. (2023). *Alglerden yeşil sentez ile metalik nanopartiküllerin üretim optimizasyonu ve bu nanopartiküllerin antibakteriyal etkinliklerinin incelenmesi*. [Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Kurian, A., & Elumalai, P. (2021). Study on the impacts of chemical and green synthesized (*Leucas aspera* and oxy-cyclodextrin complex) dietary zinc oxide nanoparticles in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 20344-20361. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11992-6>
- Lail, N. U., Sattar, A., Omer, M. O., Hafeez, M. A., Khalid, A. R., Mahmood, S., Shabbir, M. A., Ahmed, W., Aleem, M. T., Alouffi, A., & Almutairi, M. M. (2023). Biosynthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles using *Nigella sativa* against coccidiosis in commercial poultry. *Scientific Reports*, 13(1), 6568. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-33416-4>
- Lee, K. D., Kuppasamy, P., Kim, D. H., Govindan, N., Maniam, G. P., & Choi, K. C. (2018). Forage crop *Lolium multiflorum* assisted synthesis of AgNPs and their bioactivities against poultry pathogenic bacteria in vitro. *Indian Journal of Microbiology*, 58, 507-514. <https://doi.org/10.1007/s12088-018-0755-8>
- Linima, V. K., Ragunathan, R., & Johny, J. (2023). Biogenic synthesis of RICINUS COMMUNIS mediated iron and silver nanoparticles and its antibacterial and antifungal activity. *Heliyon*, 9(2023), e15743. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15743>
- Mahmoud H, E. D., Ijiri, D., Ebeid, T. A., & Ohtsuka, A. (2016). Effects of dietary nano-selenium supplementation on growth performance, antioxidative status, and immunity in broiler chickens under thermoneutral and high ambient temperature conditions. *The Journal of Poultry Science*, 53(4), 274-283. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0150133>
- Manivannan, R., Kumar, G. S., Kamalakannan, D., Deventhiran, V. H., Rajsekar, P. R., Senthilkumar, V., & Shivaganesh, M. (2023). Green synthesis of *Tecoma stans* leaves-mediated copper oxide nanoparticles: Preparation, antioxidant, antimicrobial activities and in vitro MTT assay against MG-63 cell line. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 12(3), 195-201.
- Mansour, W. A., Abdelsalam, N. R., Tanekhy, M., Khaled, A. A., & Mansour, A. T. (2021). Toxicity, inflammatory and antioxidant genes expression, and physiological changes of green synthesis silver nanoparticles on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 247, 109068. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2021.109068>
- Marappan, G., Beulah, P., Kumar, R. D., Muthuvel, S., & Govindasamy, P. (2017). Role of nanoparticles in animal and poultry nutrition: modes of action and applications in formulating feed additives and food processing. *International Journal of Pharmacology*, 13(7), 724-731. <https://doi.org/10.3923/ijp.2017.724.731>

- Martínez-Cabanas, M., López-García, M., Barriada, J. L., Herrero, R., & de Vicente, M. E. S. (2016). Green synthesis of iron oxide nanoparticles. Development of magnetic hybrid materials for efficient As (V) removal. *Chemical Engineering Journal*, 301, 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.04.149>
- MuthuKathija, M., Badhusha, M. S. M., & Rama, V. (2023). Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using *Pisonia Alba* leaf extract and its antibacterial activity. *Applied Surface Science Advances*, 15, 100400. <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2023.100400>
- Nagajyothi, P. C., Prabhakar Vattikuti, S. V., Devarayapalli, K. C., Yoo, K., Shim, J., & Sreekanth, T. V. M. (2020). Green synthesis: Photocatalytic degradation of textile dyes using metal and metal oxide nanoparticles-latest trends and advancements. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 50(24), 2617-2723. <https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1705103>
- Naz, S., Nasir, B., Ali, H., & Zia, M. (2021). Comparative toxicity of green and chemically synthesized CuO NPs during pregnancy and lactation in rats and offspring: Part I-hepatotoxicity. *Chemosphere*, 266, 128945. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128945>
- Nguyen, T. T. T., Nguyen, Y. N. N., Tran, X. T., Nguyen, T. T. T., & Van Tran, T. (2023). Green synthesis of CuO, ZnO and CuO/ZnO nanoparticles using *Annona glabra* leaf extract for antioxidant, antibacterial and photocatalytic activities. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 111003. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.111003>
- Qiao, L., Dou, X., Song, X., & Xu, C. (2022). Green synthesis of nanoparticles by probiotics and their application. *Advances in Applied Microbiology*, 119, 83-128. <https://doi.org/10.1016/bs.aams.2022.05.003>
- Rajan, M. R., Mangalaraj, M. D., & Dhandapani, S. (2021). Impact of different quantity of green synthesized iron oxide nanoparticles on growth, enzymatic, biochemical changes and hematology of zebrafish *Danio rerio*. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Nanotechnology (IJPSN)*, 14(5), 5603-5611. <https://doi.org/10.37285/ijpsn.2021.14.5.4>
- Raje, K., Garg, A. K., Jadhav, S. E., Dutta, N., Ojha, B. K., & Mishra, A. (2018b). Effect of Different Levels and Sources of Supplemental Nano Zinc on Blood-Biochemical Profile and Serum Mineral Status in Wistar Rats (*Rattus norvegicus*). *Journal of Animal Research*, 8(4), 643-649. <https://doi.org/10.30954/2277-940X.08.2018.15>
- Raje, K., Ojha, S., Mishra, A., Munde, V. K., Rawat, C., & Chaudhary, S. K. (2018a). Impact of supplementation of mineral nano particles on growth performance and health status of animals: a review. *Journal of Entomology and zoology studies*, 6(3), 1690-1694.
- Ravichandran, R. (2010). Nanotechnology applications in food and food processing: innovative green approaches, opportunities and uncertainties for global market. *International Journal of Green Nanotechnology: Physics and Chemistry*, 1(2), P72-P96. <https://doi.org/10.1080/19430871003684440>
- Reda, F. M., El-Saadony, M. T., El-Rayes, T. K., Attia, A. I., El-Sayed, S. A., Ahmed, S. Y., Madkour, M., & Alagawany, M., 2021. Use of biological nano zinc as a feed additive in quail nutrition: biosynthesis, antimicrobial activity and its effect on growth, feed utilisation, blood metabolites and intestinal microbiota. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 324-335. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1886001>
- Roy, A., Singh, V., Sharma, S., Ali, D., Azad, A. K., Kumar, G., & Emran, T. B. (2022). Antibacterial and dye degradation activity of green synthesized iron nanoparticles. *Journal of Nanomaterials*, 1-6. <https://doi.org/10.1155/2022/3636481>
- Salem, N. M., & Awwad, A. M. (2022). Green synthesis and characterization of ZnO nanoparticles using *Solanum rantonnetii* leaves aqueous extract and antifungal activity evaluation. *Chemistry International*, 8(1), 12-17.
- Salmani, M. H., Abedi, M., Mozaffari, S. A., Mahvi, A. H., Sheibani, A., & Jalili, M. (2021). Simultaneous reduction and adsorption of arsenite anions by green synthesis of iron nanoparticles using pomegranate peel extract. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 19(1), 603-612. <https://doi.org/10.1007/S40201-021-00631-Y>
- Satgurunathan, T., Bhavan, P. S., & Joy, R. D. S. (2019). Green synthesis of chromium nanoparticles and their effects on the growth of the prawn *Macrobrachium rosenbergii* post-larvae. *Biological Trace Element Research*, 187, 543-552. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1407-x>

- Satgurunathan, T., Bhavan, P. S., Kalpana, R., Jayakumar, T., Sheu, J. R., & Manjunath, M. (2023). Influence of garlic (*Allium sativum*) clove-based selenium nanoparticles on status of nutritional, biochemical, enzymological, and gene expressions in the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). *Biological Trace Element Research*, 201(4), 2036-2057. <https://doi.org/10.1007/s12011-022-03300-9>
- Sazak, C. (2023). *Yeşil sentez ile bakır oksit nanopartiküllerinin sentezi*. [Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Sehgal, N., Naresh, G., & Kumari, A. (2023). Latest developments and applications of nanotechnology in agriculture sector: A review. *Agricultural Reviews*. 44(3): 275- 288. <https://doi.org/10.18805/ag.R-2175>
- Sheiha, A. M., Abdelnour, S. A., Abd El-Hack, M. E., Khafaga, A. F., Metwally, K. A., Ajarem, J. S., Maooda, S. N., Allam, A. A., & El-Saadony, M. T., (2020). Effects of dietary biological or chemical-synthesized nano-selenium supplementation on growing rabbits exposed to thermal stress. *Animals*, 10(3), 430. <https://doi.org/10.3390/ani10030430>
- Shobana, C., Rangasamy, B., Poopal, R. K., Renuka, S., & Ramesh, M. (2018). Green synthesis of silver nanoparticles using *Piper nigrum*: tissue-specific bioaccumulation, histopathology, and oxidative stress responses in Indian major carp *Labeo rohita*. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 11812-11832. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1454-z>
- Şahin, A. (2023). Kiraz sapı ekstresi ile yeşil sentez yöntemi kullanılarak demiroksit nanopartiküllerin eldesi. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Tahir, K., Nazir, S., Ahmad, A., Li, B., Khan, A. U., Khan, Z. U. H., Khan, F. U., Khan, Q. U., Khan, A., & Rahman, A. U., 2017. Facile and green synthesis of phytochemicals capped platinum nanoparticles and in vitro their superior antibacterial activity. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 166(1), 246-251. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.12.016>
- Thangapandiyar, S., & Monika, S. (2020). Green synthesized zinc oxide nanoparticles as feed additives to improve growth, biochemical, and hematological parameters in freshwater fish *Labeo rohita*. *Biological Trace Element Research*, 195, 636-647. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01873-6>
- Wang, G., Liu, L., Wang, Z., Pei, X., Tao, W., Xiao, Z., Liu, B., Wang, M., Lin, G., & Ao, T. (2019). Comparison of inorganic and organically bound trace minerals on tissue mineral deposition and fecal excretion in broiler breeders. *Biological Trace Element Research*, 189, 224-232. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1460-5>
- Yazdani, Z., Mehrgan, M. S., Khayatzaheh, J., Shekarabi, S. P. H., & Tabrizi, M. H. (2023). Dietary green-synthesized curcumin-mediated zinc oxide nanoparticles promote growth performance, haemato-biochemical profile, antioxidant status, immunity, and carcass quality in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Reports*, 32, 101717. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101717>
- Yusof, H. M., Abdul Rahman, N. A., Mohamad, R., Zaidan, U. H., & Samsudin, A. A. (2023). Influence of Dietary Biosynthesized Zinc Oxide Nanoparticles on Broiler Zinc Uptake, Bone Quality, and Antioxidative Status. *Animals*, 13(115), 2-18. <https://doi.org/10.3390/ani13010115>