

## Hayvan beslemede nanoteknoloji

### Özet

Nanometre boyutundaki yem maddeleri, spesifik yüzey alanının genişlemesiyle daha güçlü absorpsiyon kabiliyetine sahip olduklarından yemlerin biyoyararlanımını artırma özelliğindedirler. Böylece hayvanın gelişim performansını, tükettiği yemin besleme değerini ve sindirilebilirliğini, dolayısıyla yemin verime dönüşüm oranını arttırmak ve bağışıklık durumunu iyileştirmek mümkündür. Aynı zamanda atılan dışkı miktarını azaltarak, çevre kirliliğinin azaltılmasına da katkıda bulunmaktadırlar. Maddenin nano boyutta manipülasyonu, yem moleküllerinin işlevselliğini ürün kalitesine yansıtması ile de yarar sağlamaktadır. Konu ile ilgili olarak yapılmış araştırmalar genel olarak değerlendirildiğinde, nanopartiküllerin yem katkı maddesi olarak kullanılması sonucunda büyüme performansı, yemin verime dönüşüm oranı, serum total protein ve albümin ile toplam antioksidan kapasitenin önemli ölçüde artırılacağı, sindirim, metabolizma ve besin alımı gibi çok sayıda biyolojik sürecin, üretim sürecinin ve çevresel kontaminasyonun azaltılabileceği vurgulanmaktadır. Ancak nano yapıdaki yem maddelerinin uygunluğu, etkinliği, toksik özellik ve sınırlarını belirlemeye yönelik araştırmalar yapılmasına ihtiyaç vardır. Bu derlemede, nanoteknolojinin hayvansal üretimdeki yeri, hayvan beslemede nanoteknoloji ile hayvanlar üzerinde yapılmış bazı araştırmalara yer verilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Nanoteknoloji, nanopartikül, hayvan besleme, ruminant, kanatlı

## Nanotechnology in animal nutrition

### Abstract

Nanometer size feeds have the ability to increase the bioavailability of feeds as they have stronger absorption capability due to the enlarging of the specific surface area. Thus, it is possible to improve the immune performance of the animal, the feed value and the digestibility of the feed it consumes, thus increasing the rate of conversion to feed and efficiency. At the same time, they reduce the amount of fecal matter and contribute to the reduction of environmental pollution. The nano size manipulation of the substance also benefits the functionality of the feed molecules to the product quality by reflecting. In general evaluation of the performed researches it was concluded that the use of nanoparticles as feed additives can be increased significantly of growth performance, feed conversion rate, total protein and albumin and total antioxidant capacity ; It is emphasized that many biological processes can be reduced such as digestion, metabolism and nutrient intake, production process and environmental contamination. However, there is a need for research to determine the suitability, efficacy, toxic properties and boundaries of feed materials in nano structure. In this review have been included the place of nanotechnology in animal production, nanotechnology in animal nutrition and some researches on animals.

**Key words:** Nanotechnology, nanoparticles, animal nutrition, ruminant, poultry

### Giriş

Hayvancılıkta özellikle gıda güvenliği tehlikelerinin (deli dana hastalığı, kuş gribi gibi) ortaya çıkması ve tarımsal biyoteknolojinin uygulanmasıyla (genetiği değiştirilmiş organizma) ilgili tartışmalar, tarımın çevre, insan ve hayvan sağlığı ve refahı üzerindeki etkileri bakımından yenilenme anlayışını gündeme getirmiştir. Sağlık, güvenlik, sürdürülebilirlik ve çevre üzerindeki etki bakımından kaynağı ve üretim yöntemi hakkında bilgi sahibi olmak isteyen birçok tüketici, giderek artan hayvan refahı uygulamalarının yanı sıra organik hayvansal gıda ürünlerinin kanıtlarını talep etmektedir.

## Derleme

Duygu BUDAK 

Aksaray Üniversitesi, Veteriner  
Fakültesi, Hayvan Besleme ve  
Beslenme Hastalıkları ABD, Aksaray

**İlgili yazar**  
(Corresponding Author)

**Duygu BUDAK**  
Aksaray Üniversitesi  
Veteriner Fakültesi  
Aksaray-Adana karayolu E90 7. km.  
Aksaray, Türkiye  
[budakduygu@gmail.com](mailto:budakduygu@gmail.com)

**Makale Bilgisi**  
Geliş: 09-12-2018  
Kabul: 30-12-2018  
[DOI: 10.31797/vetbio.494059](https://doi.org/10.31797/vetbio.494059)



This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution 4.0  
International License

Hayvansal üretimde kaliteli, güvenli, çeşitli, işlevsel ve besleyici gıda ürünlerine yönelik talepler ve bu talepleri karşılamak için sürdürülebilir yeni tarım uygulamaları, yem işleme ve hayvan besleme teknikleri geliştirilmiştir. Yeni teknolojilerin, hayvan besleme alanındaki mevcut ekonomik, çevresel ve sosyo-kültürel problemi kısa vadede yeterince ele alması hedeflenmektedir. Bu yeni teknolojilerden biri olarak da materyallerden atomik ve moleküler düzeyde yararlanmada son zamanlarda üzerinde oldukça durulan nanoteknoloji gündeme gelmiştir. Nanoteknoloji yeni bir konu olmakla birlikte özellikle hayvancılıkta yeni ekipmanların üretiminde, hastalıkların tedavisinde, patojenlerin saptanmasında yeni materyallerin oluşturulması ve hastalıklardan korunma sistemlerinde önemli bir kullanım potansiyeli olabileceği üzerinde durulmaktadır. Nanoteknoloji tarım-gıda sistemlerinin gelişim dalgasının teknolojik platformunu oluşturmaktadır. Hayvan besleme alanında da yeni bir yaklaşım olmakla birlikte besin maddelerinin biyoyararlanımını, üretim performansını ve bağışıklık durumunu iyileştirmek için nanoteknolojiden faydalanmak mümkündür.

Bu derlemede, nanoteknolojinin hayvansal üretimdeki yeri, hayvan beslemede nanoteknoloji ile hayvan türleri üzerinde yapılmış bazı araştırmalara yer verilmiştir.

### **Nanoteknolojinin hayvansal üretimdeki yeri**

Nanoteknoloji, atomik-moleküler boyuttaki (bir metrenin milyarda biri) yapıların yeni özelliklerinin manipüle edilerek işlenmesiyle fonksiyonel materyal, cihaz ve sistemlerin nano hassasiyette geliştirilmesi olarak tanımlanabilir. Nanometre boyutundaki malzemenin normal boyutlu parçacıklarından farklı özellikler gösterdiği vurgulanmaktadır (Moraru ve ark. 2003, Hunt ve Mehta 2006, Buzea ve ark. 2007, Uniyal 2017). Araştırmalar, minerallerin nanopartiküllerinin daha yüksek spesifik yüzey alanı ve etkinliği ile daha güçlü absorbe etme yeteneği gibi özelliklerinden dolayı ilaçların biyoyararlanımını arttırmak ve terapötik ajanları belirli organlara hedeflemek için farmasötik uygulamalarda kullanılmakta oldukları ve dokulara daha derine ulaştığı bildirilmektedir (Helmut 2004, Joseph ve Morrison 2006).

Günümüzde veteriner hekimlik ve hayvansal üretim alanındaki araştırmaların oldukça sınırlı olmasına karşın, nanoteknoloji hayvansal üretim sistemlerinde geniş bir kullanım potansiyeline sahiptir. Bunlar arasında insan tüketimine sunulamayan gıdaların hayvan yemi olarak kullanılması, yemlerin kalitesi, sindirilebilirliği ve emiliminin iyileştirilmesi, yem katkı maddelerinin üretilmesi, hayvan yetiştirmede özel biyosensörlerin üretimi, hastalıkların yayılmasının önlenmesi, patojen belirlenmesinde yeni materyaller ve koruma sistemlerinin belirlenmesi sayılabilir (Scott 2007, Anonymous 2004a.). Örneğin mikro ve nano akışkan sistemleriyle embriyo kütle üretimi, vücudun kimi kısımlarına ilaçların etkin şekilde ulaştırılması, biyolojik olarak çok aktif ilaç bileşenleri ve çiftlik hayvanlarının bulunduğu bölgelerin izlenmesi için sensörler ve nanokapsül aşılarda kullanılabilmektedir (Anonymous 2004a, 2007). Diğer taraftan hayvanlarda nöral detayların yakın planda incelenmesini sağlayan ve bütün kapıllar damarları tarayabilen minyatür/mikro robotlar (nanobotlar) geliştirilmiştir (Opara 2004).

Scott (2005); yem katkı maddeleri kullanımı, ilaç uygulamaları, ameliyat gerekmeden hastalığın nedeninin saptanmasını ve yok edilmesini sağlayan nanopartiküllerle hastalıkların tanı ve tedavisi ile bir hayvanın ve ürününün (et, süt, yumurta vs) tarihini takip etmeyi sağlayan kimlik kaydı gibi konularda nanoteknoloji uygulamalarının varlığını işaret etmektedir. Araştırmacı ayrıca, inek sütünün progesteron konsantrasyonunu saptayabilen ve bu hayvanlarda ovulasyonun saptanmasını kolaylaştırabilen nanoyapılara dayanan immünosensörlerin geliştirilmesi (Carralero ve ark. 2007) gibi hormonal immünosensörlerle üreme yönetiminde de nanoteknolojinin önemini vurgulamaktadır.

### **Hayvan beslemede nanoteknoloji**

Hayvanlarda sağlık problemlerini ortadan kaldırmak, verimi arttırmak amacıyla kullanılan iyonofor grubu antibiyotiklerin kullanımının yasaklanmasının ardından son yıllarda özellikle çiftlik hayvanlarının beslenmesinde sağlık, performans ve üretim kalitesi konularında biyoteknolojik yöntemlere eğilim artmış ve doğal yem katkı maddeleri (probiyotikler, prebiyotikler, enzimler, organik asitler gibi) kullanılmaya

başlanmıştır (Calsamiglia ve ark. 2007). Nanoteknoloji ise biyoteknoloji uygulamalarından çok farklı olmamakla birlikte besin maddelerinin ve bunların verimliliğini atomik ve moleküler düzeyde arttırma potansiyeline sahip yeni bir yaklaşımdır. Nanoteknoloji, hayvan besleme alanında 'nanobiyoteknoloji' olarak da adlandırılabilir. Nanobiyoteknoloji biyolojik ve biyolojik olmayan materyallerin kaynaştırılması ile canlı organizmaların nanoteknoloji ile idare edilmesidir (Scrinis ve Lyons, 2007).

Hayvan besleme alanında nanoteknolojinin kullanımı ile ilgili çalışmalar, esas olarak minerallerin nano partiküllerinin takviye edilmesinin etkisini değerlendirmek üzerine yoğunlaşmıştır. Nanometre boyutundaki nanopartiküller, normal boyutlu parçacıklardan farklı olarak daha büyük spesifik yüzey alanı, daha yüksek yüzey etkinliği, yüksek katalitik verim ve daha güçlü absorbe etme kabiliyeti gibi, boyut etkisinin ve yüksek yüzey reaktivitesinin avantajına bağlı olarak yemlerin biyoyararlanımını arttırmak amacıyla kullanılmaktadır. Böylece hayvanın gelişim performansını, tükettiği yemin besleme değerini ve sindirilebilirliğini, dolayısıyla yemin verime dönüşüm oranını arttırmak mümkündür. Besinlerin hayvan vücudunda etkin kullanılabilmesi için, miseller, lipozomlar, nano emülsiyonlar, biyopolimerik nanopartiküller, protein-karbonhidrat nano ölçekli kompleksler, katı nano lipid parçacıkları gibi çok sayıda nano ölçekli uygulama sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemler çevresel streslere ve işlem etkilerine karşı daha iyi adapte olma kabiliyetine, yüksek emilim ve biyoyararlanıma, sulu bazlı sistemlerde daha iyi çözünürlük ve dağılıma kabiliyetine, kontrollü salım kinetiğine sahiptirler (Chen ve ark. 2006). Mikrobeseinler ve biyoaktif maddeler, hayvanların genel sağlığının iyileştirilmesine yardımcı olarak optimal fizyolojik durumu elde etmeyi ve korumayı sağlayabilirler. Bu sistemler, besin maddelerinin daha verimli kullanımının yanı sıra ürün miktar ve kalitesinin arttırılmasına ve üreticilerin mali yükünün azaltılmasına yardımcı olabilirler (Ditta 2012).

Diğer taraftan, inorganik kaynaklardan elde edilen minerallerin biyoyararlanımı oldukça düşük olduğundan, bu mineraller, hayvanların tükettikleri yem karmalarına normal gereksiniminden 20-30 kat

daha fazla eklenmekte, bu da inorganik minerallerin dışkı ile fazla atılmalarına neden olan ve dolayısıyla çevre kirliliğini arttıran bir faktör olmaktadır. Dolayısıyla, inorganik mineral kaynaklarından çok daha yüksek biyoyararlanımı olan organik mineral kaynakları gibi alternatifler çalışılmaktadır. Ancak, şimdiki kadar, hayvan yemlerindeki minerallerin nanopartiküllerinin uygunluğu ve etkinliği konusunda çok az bilgi mevcuttur (Sridhar ve ark. 2015, Zhao ve ark. 2014).

### ***Kanatlı hayvanların beslenmesi ile ilgili olarak yapılmış bazı çalışmalar***

Nano-çinko oksidin piliçlerin üretim performansı üzerine etkisini incelemek için gerçekleştirilen bir çalışmada, 6 hafta boyunca 0 (kontrol), 40, 80, 120 mg / kg seviyelerinde nano-çinko oksit takviyesi ile 40 mg/kg nano-çinko oksit grubunda yem/ kazanç oranının anlamlı olarak azaldığı saptanmıştır. Araştırmacılar tarafından, ortalama canlı ağırlık artışının gruplar arasında karşılaştırıldığında piliçlerin kesim ağırlıklarının, 40 mg/kg nano-çinko oksit grubunda kontrol grubuna göre daha yüksek bulunduğu belirtilmiştir (Ahmadi 2013). Aynı araştırmacılara ait bir başka çalışmada farklı seviyelerde (5, 15 ve 25 ppm) nanosilver (Ag-NPs) 'in broiler civcivlerde büyüme performansı, lenfoid organlar ve oksidatif stres göstergeleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiş, Ag-NP'lerin broylerlerin performansları üzerinde olumlu bir etkisinin olmadığı, oksidatif strese neden olan faktörlerden biri olduğu ve bağışıklığın azaltılabileceği sonucuna varılmıştır. (Ahmadi ve Kurdestany 2010). Ticari çinko nanopartiküllerinin (20 ppm) büyüme performansını arttırdığı yönünde bulguları içeren bir başka çalışmada çinko nanopartikülleri takviyesinin piliçlerde kan LDL ve kolesterol seviyesini önemli ölçüde düşürdüğü ve HDL'nin artmış olduğu gözlemlenmiştir (Uniyal 2015). Etlik (broyler) piliçlerde 0.2 ve 0.5 ppm Nano Se takviyesinin 0.2 ppm sodyum selenit katkısına kıyasla (Wang 2009) ve 20 ppm nano çinko takviyesinin, 60 ppm'lik çinko oksit beslemesine kıyasla (Lien 2009), günlük canlı ağırlık artışı, yemden yararlanma oranı, toplam antioksidan özelliği ve katalaz aktivitesini önemli ölçüde arttırdığı da bildirilmiştir. Broyler piliçler üzerinde yapılmış bir başka çalışmada 50, 100 ve 150 ppm bakır yüklü kitosan nanopartiküller (CNP-Cu) ilavesi ile serum total protein ve albüminin, arttığı ve üre azotunun azaldığı tespit

edilmiş, özellikle 100 mg / kg CNP-Cu içeren yem takviyesi ile sekumda *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* popülasyonunun artması ve koliform popülasyonunun azalması dolayısı ile bağırsak mikrobiyotası üzerinde olumlu sonuçlar elde edildiği vurgulanmıştır (Wang ve ark. 2011). Araştırmacılar ayrıca, CNP-Cu ilavesinin büyüme performansını arttırabileceğini, bağışıklık sistemini etkileyebileceğini, protein sentezini arttırabileceğini belirtmişlerdir.

Yumurtacı tavuklarda farklı dozlarda (0.075, 0.15, 0.3, 0.6 ppm) Se nanopartikül takviyesinin, sodyum selenit katkısı ile karşılaştırıldığında, vücut ağırlığı, karaciğerde Se içeriği, göğüs kası, pankreas ve tüy oluşumunun önemli ölçüde daha yüksek bulunduğu tespit edilmiştir (Mohapatra ve ark. 2014). Nanoselenyumun 0.10, 0.30 ve 0.50 ppm takviyesi ile yumurta tavuklarında yapılmış bir araştırmada da benzer sonuçlar elde edilmiş, bununla birlikte glutation peroksidaz aktivitesinin nanoselenyum katkısı ile doğru orantılı olarak arttığı bildirilmiştir (Zhou ve Wang 2011)

Sirirat et al. (2013), 60 günlük süre boyunca tavuk yemlerine 500 ve 3000 ppb nanoparçacıklı krom pikolinat (NanoCrPic) ilavesinin karaciğer krom, kalsiyum ve fosfor konsantrasyonu üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Lin et al. (2015), etlik piliçlerde 1200 ppb NanoCrPic takviyesinin serum Cr düzeyini arttırırken serum LDL kolesterol ve trigliserit düzeyini azalttığını ileri sürmüşlerdir.

#### **Laboratuvar hayvanlarının beslenmesi ile ilgili olarak yapılmış bazı çalışmalar**

Nano boyutlu çinkonun kobayların eritrositlerinde SOD (süperoksit dismutaz) enzim aktivitesini arttırması, nanopartiküllerin normal boyutlu parçacıklar üzerinde olumlu bir etkisi olduğu şeklinde yorumlanmaktadır (Uniyal 2015).

Ratlarda demir (Fe) nanopartiküllerinin göreceli biyoyararlanımı ve in vitro çözünürlüğünün normal boyuttaki partikülüne göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır (Rohner ve ark. 2007). Sharma et al. (2007) manyetik Fe nanopartiküllerinin tripsin ve peroksidaz enzimlerine yapışmak suretiyle bu enzimlerin ömrünü, birkaç saatten haftalara kadar arttırması yönündeki tespitleri sonucunda nanopartiküllerin bu

tutunma kabiliyetlerinin sindirim, metabolizma ve besin alımı gibi çeşitli biyolojik süreçleri etkileyebileceğini öne sürmüşlerdir.

Nano selenyumun, sıçanların beyin ve böbreklerinde parasetamol tarafından indüklenen toksik etkiyi, malondialdehid ve nitrik oksit konsantrasyonlarının inhibe edilmesi veya glutation (GSH) konsantrasyonunun arttırılması ve bu organlarda proinflamatuvar sitokin TNF-a'nın konsantrasyonunun önemli ölçüde azaltılması gibi farklı mekanizmalarla iyileştirdiği gözlenmiştir. Aynı organlarda % DNA fragmentasyonunun önemli ölçüde azaldığı vurgulanmaktadır (Mohammed ve Safwat 2013). Ayrıca, 48 gün boyunca 300 ppb nano krom pikolinat (NanoCrPic) verilen sıçanlarda daha yüksek serum Cr ve HDL kolesterol seviyesi ve daha düşük VLDL kolesterol düzeyi saptandığı bildirilmiştir (Lien ve ark. 2009).

Zha et al. (2009), farelerin yemlerine 8 hafta boyunca 150-450 ppb nano-Cr ilavesinin farelerin büyüme hızını etkilemediğini, bununla birlikte 150, 300 ve 450 ppb nano-Cr takviyesi ile, insülin ve kortizolün serum konsantrasyonlarının önemli ölçüde düştüğünü, serum immünoglobulin G ve insülin benzeri büyüme faktörü I ile peritoneal makrofajların fagositik aktivitesinin arttığını ileri sürmüşlerdir.

Zhang ve ark. 2004, 5-100 nm boyutlarındaki nano-Se'un, selenite kıyasla farelerde daha az akut toksisiteye sahip olduğunu gözlemlemişlerdir.

#### **Tek midelilerin (monogastrikler) beslenmesi ile ilgili olarak yapılmış bazı çalışmalar**

Domuzlarda yapılmış bir araştırmaya göre, 50 mg/kg nanobakır (Cu) takviyesinin büyüme hızını önemli ölçüde iyileştirdiği, ham yağ ve enerji, IgG,  $\gamma$ -globulin ve toplam globulin proteini seviyeleri ile SOD aktivitesinde de belirgin düzelme gözlemlendiği bildirilmiştir (Gonzales ve ark. 2009). Benzer sonuçlar, domuzlarda nanoselenyum ilavesi ile de elde edilmiş olup, ham besin madde sindirilebilirliklerinin arttığı yönünde bulgulara da rastlanmıştır (Bunglavan 2013). Ayrıca domuzların yemlerine 100 mg/kg nano-Cu takviyesinin, günlük ortalama yem tüketimi, canlı ağırlık, yemden yararlanma oranı ve duodenumda *Escherichia coli* miktarı, jejunum ve sekumdaki *Lactobacillus* sayısı, duodenum ve sekumdaki *Bifidobacterium* miktarı

ile duodenum, jejunum ve ileum mukozasının villus yüksekliğini anlamlı derecede artırdığı saptanmıştır (Wang ve ark.2012).

Ergin domuzlarda 0-400 ppb krom yüklü Chitosan nanopartikülleri (Cr-CNP) takviyesinin büyüme performansını etkilemediği, kan glikozunda immünoglobulinlerin azaldığı, sırt kası, kalp, karaciğer, böbrek ve pankreastaki krom içeriğinde de doğrusal bir artış olduğu bildirilmektedir (Wang ve ark. 2012). Ergin domuzlarda 200 µg nano Cr takviyesinin ise, daha yüksek yağsız karkas yüzdesi, daha büyük sırt kası alanı, daha düşük karkas yağ yüzdesi ve daha düşük sırt yağ kalınlığı ile sonuçlandığı saptanmıştır (Wang ve Xu 2004). Araştırmacılar, nano-Cr ile beslenen domuzların sırt ve bacak kasları ağırlıklarının sırasıyla % 16 ve 15 oranında arttığını, sırt kası, karaciğer, böbrek ve kalpteki Cr konsantrasyonunun dikkate değer ölçüde yükseldiğini vurgulamakta, bu sonuçlar takviye edici nano Cr'un karkas özellikleri ve kalitesi üzerinde yararlı etkileri olduğu şeklinde yorumlanmaktadır. Araştırmacıların gözlemleri ayrıca, 200 µg nanokromun, serum glukozu, total protein, HDL ve lipaz aktivitesi, üre nitrojeni, trigliserid, kolesterol ve esterlenmemiş yağ asidi seviyelerini anlamlı olarak yükselttiği yönündedir.

#### ***Ruminantların beslenmesi ile ilgili olarak yapılmış bazı çalışmalar***

Keçilerde serum glutation peroksidaz (GSHPx), süperoksit dismutaz (SOD), katalaz enzimi aktiviteleri ve tam kan, serum ve bazı organlarda Se tutulumunun 0.3 ppm nanoselenyum (nano-Se) ilavesi ile en yüksek seviyede bulunduğu bildirilmiştir. Elementel nano-Se'un yem katkı maddesi olarak kullanımının, inorganik veya organik Se ile karşılaştırıldığında erkek keçi yetiştiriciliğinde daha etkili bir şekilde kullanılabilmesi belirtilmiştir (Shi 2011a). Koyunlarda 3 ppm'lik nano-Se takviyesi ile de ruminal pH ve amonyak N konsantrasyonu ile toplam uçucu yağ asitleri konsantrasyonunun azaldığı, propiyonat konsantrasyonunun arttığı (P<0.01) saptanmıştır (Shi ve ark. 2011b). Aynı araştırmacılara ait bir başka çalışma sonuçları, erkek keçilerde 0-3 ppm'lik nano-Se takviyesi ile, ortalama günlük ağırlık kazancının ve kesim ağırlığının arttığı (P<0.05) yönündedir (Shi ve ark. 2011c). Ayrıca, tam kan, serum ve doku Se

konsantrasyonu ile serum antioksidan enzim aktivitesinin de yeme katılan Se takviyesinden etkilendiğini ileri sürmüşlerdir. Araştırmacılar ruminantlarda nano yem katkıları kullanımı sonucunda rumen mikrobiyal aktivitesinin, sindirim mikroorganizmalarını ve enzim aktivitesinin uyarılmasına bağlı olarak besin madde sindirilebilirlikleri ile rumen fermantasyonunun iyileştirilebileceğini, büyüme performansının artırılabilirliğini, nanominerallerin, vücut dokularında oksidatif hasarın önlenmesinde metabolik fonksiyon gösterebileceğini vurgulamaktadırlar.

Rajendran ve ark. (2013), sığırlarda nano çinko oksit takviyesinin subklinik mastitte daha iyi süt üretimine sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar, süt üretiminde gözlenen artışı süt hayvanlarına nano çinko ilavesini, subklinik mastitisin baskılanması (somatik hücre sayısında azalma) ile ilişkilendirerek, bunun yararlı besleme stratejisi olabileceğini vurgulamışlardır.

#### **Karşılaşılması Muhtemel Riskler**

Nanopartiküllerin toksik etkilerinde, boyutları ve yoğunluğu önemli rol oynamakta, gözle görülemeyecek kadar küçük boyutlara sahip nanopartikül taneciklerinin her biri kendi başına çok farklı fiziksel ve kimyasal özellikler barındırmaktadır. Nano ölçekteki malzemelerin iletim özellikleri (momentum, enerji ve kütle) sürekli değil, kesikli olarak tarif edilmektedir. Benzer olarak, optik, elektronik, manyetik ve kimyasal davranışlar klasik değil kuantum olarak tanımlanmaktadır. (Qian ve Hinestroza 2004, Xin 2006, Bera ve ark. 2010). Yeni geliştirilmiş maddelerle temas halinde mevcut riskler ve zararlar konusunda bilimsel olarak çok az sayıda bilgiye rastlanmakta olmasına karşın, nanopartiküllerin neden olduğu toksisite mekanizması, reaktif oksijen türlerini meydana getirmesi ve böylece organizmada oksidatif stresi artırması ile açıklanmaktadır. Genel olarak nano parçacıkların vücuda etkilerinin parçacığın boyutuna, külesine, kimyasal bileşimine, yüzey özelliklerine ve bir araya getirilme şekillerine bağlı olduğu belirtilmektedir (Kouhi ve ark. 2012). Chau ve ark. (2007)'na göre, nano parçacıkların hayvan vücuduna girme miktarı, toksik etki sınırı, nüfuz alanı ve muhtemel birikimi nano ölçüde bulunan

maddelerin potansiyel risklerini belirler. 50-70 nm boyunda nano parçacıklar hücre ve akciğerlerden, 30 nm boyundakiler kan ve beyin bariyerlerinden geçebilmektedirler. Solunum sistemiyle beraber dolaşım sistemine geçerek karaciğer, böbrek, kemik iliği, kalp, beyin ve diğer organlara işlemektedirler. Nano partiküllerin lenf sistemiyle karaciğere ve dalağa translokasyon yapabileceği ve bu organlarda birikebileceği bildirilmiştir (Liao 2010). Hücrelere kolaylıkla geçen titanyum dioksit nano parçacıklar, bağımsız radikaller oluşturarak hücre içi hasara sebep olabilmektedirler. Bazı çalışma sonuçları, karbon nano parçacıkların bulunduğu bir ortama uzun bir süre maruz kalmanın akciğer iltihabına sebep olduğu, bunların kan damarlarına yayılması ile daha ileri damar hastalıkları gözlemlendiği yönündedir (Anonymous 2004b, Scott 2005, Buzea ve ark. 2007, Chau ve ark. 2007, Anonymous 2009).

## Sonuç

Hayvan besleme alanında nanoteknoloji, besin maddelerinin ve bunların verimliliğini artırmaya yönelik potansiyele sahip yeni bir yaklaşım olmakla birlikte, hayvan beslenmesindeki gelecekteki araştırma alanlarında önemli bir rol oynayacaktır. Bununla birlikte nanoteknoloji ile ilgili araştırmalar ve ticarileşme süreci çok yeni olduğundan nanoteknoloji konusundaki çalışmaların bir hedefe ulaştırılması ve nanopartiküllerin muhtemel olumsuz etkileri ile toksik sınırlarının ortaya konması bakımından yeni araştırmalar yapılmasına ihtiyaç vardır.

## Kaynaklar

- Ahmadi, F., Kurdestany, A.H. (2010).** The impact of silver nano particles on growth performance, lymphoid organs and oxidative stress indicators in broiler chicks. *Global Veterinaria*, 5 (6): 366-370.
- Ahmadi, F., Ebrahimnezhad, Y., Sis, M.N., Ghalehkandi, J.G. (2013).** The effects of zinc oxide nanoparticles on performance, digestive organs and serum lipid concentrations in broiler chickens during starter period. *Int. J. Bio. Sci.*, 3(7): 23-29.
- Anonymous, (2004a).** Down on the farm. The impacts of nano-scale technologies on food and agriculture. Canada. <http://www.etcgroup.org/files/publication/81/01/nr>.
- Anonymous, (2004b).** Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties. RSRAE (Royal Society and Royal Academy of Engineering), London. [https://royalsociety.org/media/Royal\\_Society\\_Content/policy/publications/2004](https://royalsociety.org/media/Royal_Society_Content/policy/publications/2004).
- Anonymous, (2007).** Extreme genetic engineering: an introduction to synthetic biology. Canada. [http://www.etcgroup.org/files/publication/81/01/nr\\_downonfarm\\_final.pdf](http://www.etcgroup.org/files/publication/81/01/nr_downonfarm_final.pdf).
- Anonymous, (2009).** What is nanotechnology? National nanotechnology initiative (NNI). [www.nano.gov/html/facts/whatIsNano.htm](http://www.nano.gov/html/facts/whatIsNano.htm).
- Bera D, Qian L, Tseng T-K, Holloway PH., 2010.** Quantum Dots and Their Multimodal Applications: A Review. *Materials*, 3(4): 2260-2345.
- Bunglavan, S.J. (2013).** Effect of supplementation of selenium nano particles on growth and health status of guinea pigs. Thesis, PhD. Deemed University, Indian Veterinary Research Institute, Izatnagar, India. 140 p.
- Buzea, C., Blandino, I.I.P., Robbie, K. (2007).** Nanomaterials and nanoparticles: sources and toxicity. *Biointerphases.*, 2(4): 17-172.
- Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P.W., Castillejos, L., Ferret, A. (2007).** Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation *J. Dairy Sci.*, 90:2580–2595.
- Carralero, V., González-Cortés, A., Yañez-Sedeño, P., Pingarrón, J.M. (2007).** Development of a progesterone immunosensor base don a colloidal gold-graphite-teflon composite electrode. *Electroanalysis*, 19:853-858.
- Chau, C., Wu, S.H., Yen, G.C. (2007).** The development of regulations for food nanotechnology. *Trends Food Sci. Tech.*, 18:269-280.
- Chen, H, Weiss, J and Shahidi, F (2006).** Nanotechnology in nutraceuticals and functional foods. *Food Technol.* 3: 30.
- Ditta, A. (2012).** How helpful is nanotechnology in agriculture? *Adv. Nat. Sci.: Nanosci. Nanotechnol.*, 3 033002 (10pp).
- Helmut, K. (2004).** Study: Nanotechnology in Food and Food Processing Industry Wide 20032006-2010-2015. Tübingen, Germany: Helmut Keiser Consulting.



- Hunt, G., Mehta, M. (2006).** Nanotechnology challenges: implications for philosophy, ethics and society. London: Earthscan. <http://www.joachimschummer.net>.
- Gonzales, E.A., Fu, C.M., Lu, F.Y., Lien, T.F. (2009).** Effects of nano copper on copper availability and nutrients digestibility, growth performance and serum traits of piglets *Livest. Sci.*, 126:122-129.
- Joseph, T., Morrison, M. (2006).** "Nanotechnology in Agriculture and Food." Institute of Nanotechnology: May. Available at: [www.nanoforum.org](http://www.nanoforum.org).
- Kouhi M., Akbarzadeh A., Davaran S. (2012).** Quantum dots: synthesis, bioapplications and toxicity. *Nanoscale Research Letters*, 7:480
- Lal, R. (2007).** Soil science and the carbon civilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71:1425-1437.
- Liao, C.D., Hung, W.L., Jan, K.C., Yeh, A.I., Ho, C.T., Hwang, L.S. (2010).** Nano/submicrosized lignan glycosides from sesame meal exhibit higher transport and absorption efficiency in Caco-2 cell monolayer. *Food Chem.*, 119(3):896:902.
- Lien, T.F., Yeh, H.S., Lu, F.Y., Fu, C.M. (2009).** Nanoparticles of chromium picolinate enhance chromium digestibility and absorption. *J. Sci. Food Agri.* 89(7): 1164-1167.
- Lin, Y.C., Huang, J.T., Li, M.Z., Cheng, C.Y., Lien, T.F. (2015).** Effect of supplemental nanoparticle trivalent chromium on the nutrient utilization, growth performance and serum traits of broilers. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 99(1): 59-65.
- Mohammed, E.T., Safwat, G.M. (2013).** Assessment of the ameliorative role of selenium nanoparticles on the oxidative stress of acetaminophen in some tissues of male albino rats. BeniSuef University. *J. Basic Appl. Sci.*, 2(2): 80-85.
- Mohapatra, P., Swain, R.K., Mishra, S.K., Behera, T., Swain, P., Behura, N.C., Sahoo, G., Sethy, K., Bhol, B.P., Dhama, K. (2014).** Effects of dietary nanoselenium supplementation on the performance of layer grower birds. *Asian J. Anim. Vet. Adv.*, 9(10): 641-652.
- Moraru, C., Panchapakesan, C., Huang, Q., Takhistov, P., Liu, S., Kokini, J. (2003).** Nanotechnology: A new frontier in food science. *Food Technology (57)* 12: 24-29.
- Opara, L. (2004).** Emerging technological innovation triad for smart agriculture in the 21st century. *J. Sci. Res. Dev.*, 4:1-27.
- Qian, L., Hinestroza, J.P. (2004).** Application of nanotechnology for high performance textiles. *J. Text. App., Techn. Management*, 4:1-7.
- Rajendran, D., Thulasi, A., Jash, S., Selvaraju, S., Rao, S.B.N. (2013).** Synthesis and application of nano minerals in livestock industry. *Anim. Nutr. Repr. Phys.*, 25, 517-530.
- Rohner, F., Ernst, F.O., Arnold, M., Hilbe, M., Biebinger, R., Ehrensperger, F., Pratsinis, S. E., Langhans, W., Hurrell, R.F., Zimmermann, M.B. (2007).** Synthesis, characterization and bioavailability in rats of ferric phosphate nanoparticles. *J. Nutr.* 137: 614-619.
- Scrinis, G., Lyons, K. (2007).** The emerging nanotechnology paradigm: nanotechnology and the transformation of nature, food and agri-food systems. *I. J. Sociol. Food Agric.* 15(2):22-44.
- Scott, N.R. (2005).** Nanotechnology and animal health; revue scientifique et technique. *In. Office Epizootics.* 24:425-432.
- Scott, N.R. (2007).** "Nanoscience in veterinary medicine". *Vet. Res. Commun.* 31(1):139-144.
- Sharma, A., Qiang, Y., Antony, J., Meyer, D., Kornacki, P., Paszczynski, A. (2007).** Dramatic increase in stability and longevity of enzymes attached to mono dispersive iron nanoparticles. *Magnetics, IEEE Transactions*, 43: 2418-2420.
- Shi, L., Xun, W., Yue, W., Zhang, C., Ren, Y., Shi, L., Wang, Q., Yanga, R., Lei, F. (2011a).** Effect of sodium selenite, Se-yeast and nano-elemental selenium on growth performance, Se concentration and antioxidant status in growing male goats. *Small Rumin. Res.*, 96:49-52.
- Shi, L., Xun, W., Yue, W., Zhang, C., Ren, Y., Liu, Q., Wang, Q., Shi, L. (2011b).** Effect of elemental nanoselenium on feed digestibility, rumen fermentation and purine derivatives in sheep. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 163: 136-142.
- Shi, L., Xuna, W., Yue, W., Zhang, C., Rena, Y., Shi, L., Wang, Q., Yanga, R., Lei, F. (2011c).** Effect of sodium selenite, Se-yeast and nano-elemental selenium on growth performance, Se concentration and antioxidant status in growing male goats, *Small Rum. Res.*, 96: 49-52.
- Sirirat, N., Lu, J.J., Hung, A.T.Y., Lien, T.F. (2013).** Effect of different levels of nanoparticles chromium picolinate supplementation on performance, egg quality, mineral retention and tissues minerals accumulation in layer chickens. *J. Agri. Sci.*, 5(2): 150.
- Sridhar, K., Nagalakshmi, D., Rao, D.S., Rao, S.V.R. (2015).** Effect of supplementation of graded levels of organic zinc on nutrient utilization and retention of minerals in broiler chicken. *Indian J. Anim. Nutr.*, 32(1): 80-85.
- Uniyal, S. (2015).** Effect of zinc nanoparticles supplementation on growth and health status of guinea pigs (*Cavia porcellus*). Thesis, M.V.Sc. Deemed University, Indian Veterinary Research Institute, Izatnagar, India. 70 p.
- Uniyal, S., Dutta, N., Raza, M., Jaiswal, S.K., Sahoo, J.K., Ashwin, K.M. (2017).** Application of nano minerals in the field of animal nutrition: A Review. *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci.*, 6(4): 04-08.
- Xin, J.H (2006).** Nanotechnology for textiles and apparel. The Hong Kong Polytechnic University, Institute of Textiles-Clothing, [www.itc.gov.hk/innotech/IFT](http://www.itc.gov.hk/innotech/IFT).
- Wang, M.Q., Xu, Z.R. (2004).** Effect of chromium nanoparticle on growth performance, carcass characteristics, pork quality and tissue chromium in finishing pigs. *Asian Aust. J. Anim. Sci.*, 17: 1118-1122.

- Wang, Y. (2009).** Differential effects of sodium selenite and nano-Se on growth performance, tissue Se distribution, and glutathione peroxidase activity of Avian broiler. *Biol. Trace Elem. Res.*, 128: 184–190.
- Wang, C., Wang, M.Q., Ye, S.S., Tao, W.J., Du, Y.J. (2011).** Effects of copper-loaded chitosan nanoparticles on growth and immunity in broilers. *Poult. Sci.*, 90: 2223–2228.
- Wang, M.Q., Du, Y. J., Wang, C., Tao, W. J., He, Y.D., Li, H. (2012).** Effects of copper-loaded chitosan nanoparticles on intestinal microflora and morphology in Weaned piglets. *Biol. Trace Elem. Res.*, 149(2):184-189.
- Zha, L., Zeng, J., Sun, S., Deng, H., Luo, H., Li, W. (2009).** Chromium (III) nanoparticles affect hormone and immune responses in heat-stressed rats. *Biol. Trace Elem. Res.*, 129: 157–169.
- Zhang, J.S., Wang, H., Yan, X., Zhang, L.D. (2004).** Comparison of short-term toxicity between nano-Se and selenite in mice. *Life Sci.*, 75: 447-459.
- Zhao, Y.C., Shu, T.X., Xiao, Y. X., Qiu, S.X., Pan, Q. J., Tang, X.Z. (2014).** Effects of dietary zinc oxide nanoparticles on growth performance and antioxidative status in broiler. *Biol. Trace Elem. Res.*, 160(3): 361-367.
- Zhou, X., Wang, Y. (2011).** Influence of dietary nano elemental selenium on growth performance, tissue selenium distribution, meat quality, and glutathione peroxidase activity in Guangxi Yellow chicken. *Poult. Sci.*, 90: 680–686.