

Nanoteknolojinin Gıdalara Uygulanması ve Sağlık Üzerine Etkisi

Application of Nanotechnology to Food Products and Its Impact on Health

Ayhan Dağ¹

¹ Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Haspolat, Lefkoşa, KKTC

ÖZET

Nanoteknoloji son yıllarda hızla gelişen, çağımızın en önemli bilim ve teknoloji alanlarından biridir. Nanoteknolojinin gıda sektöründeki kullanımı, gıdaların duyarlı ve karmaşık yapılar olmaları nedeniyle diğer bilim dallarına göre daha yavaş gelişme göstermektedir. Bu yavaş gelişmeye rağmen bu teknolojinin kullanımı ile gıda sektörü, yeni ambalaj ürünlerinin geliştirilerek raf ömrünün uzatılması, yeni işlevsel ürünlerin geliştirilmesi, biyoaktif maddelerin taşınması ve kontrollü salınımı, nano boyutta sensörler ve indikatörler aracılığıyla patojenlerin tespiti ve suların arıtılmasında nanopartiküllerden yararlanılması gibi birçok alanda büyük bir çalışma ve ilerleme içindedir. Gıda ürünlerine farklı renk, aroma ve besin ögesi taşıyan bir takım nanoyapılar ilave edilerek gıdalara içerik, tekstür, aroma anlamında istenilen özelliklerin kazandırılması nanoteknolojinin potansiyel gıda uygulamaları ve araştırmaları arasında yer almaktadır.

Anahtar kelimeler: Nanoteknoloji, nanogıda, gıda güvenliği

ABSTRACT

Nanotechnology is one of the rapidly emerging, most important scientific and technological fields of our age. The use of nanotechnology in food sector, is advancing relatively slower compared to other scientific branches due to the fact that foods are sensitive and complex units. Despite this slow advance, food sector, with the use of this technology, is largely studied and progressing in many fields such as improving shelf life by developing new packaging products, developing new functional products, carrying bioactive substances and their controlled release, determining pathogens with the help of nano sized sensors and indicators and benefiting from nanoparticles in water purification. Bringing in desired features to foods such as content, texture, flavor by adding into nutrition products some nanounits that have various color, flavor and nutrition features, takes place in potential nutrition applications and research areas of nanotechnology.

Keywords: Nanotechnology, nanofood, food safety

GİRİŞ

Nanoteknoloji maddeler üzerinde 100 nanometre ölçeğinden küçük boyutlarda gerçekleştirilen işleme, ölçüm, tasarım, modelleme ve düzenleme gibi çalışmalarla maddeye atom ve molekül düzeyinde gelişmiş veya tamamen yeni fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler kazandırarak işlevselliği arttırmayı hedefleyen, yeni ve hızla gelişen bir bilim ve teknoloji alanıdır (1).

Nanoteknoloji, bilgisayar, elektronik, tıp, ilaç, çevre, enerji, malzeme, biyoteknoloji, tekstil, tarım ve gıda gibi birçok alanda uygulama imkânı sunabilmektedir. Diğer alanlarla karşılaştırıldığında nanoteknolojinin gıda alanındaki uygulamaları çok yakın bir geçmişe sahiptir. Buna rağmen, gıda alanındaki çalışmalar

gelişmelere paralel olarak hızla ilerlemekte ve yeni işlevsel gıda ürünlerinin üretimi ve gıda ile ilgili diğer konular kapsamında gelecek için büyük önem taşıdığı öngörülmektedir. Nanoteknoloji ile gıda içeriğindeki çeşitli maddeler moleküler düzeyde istenen özelliklere göre tasarlanabilecek ve kontrol edilebilecek, farklı renk, aroma ve besin ögesi taşıyan bir takım nanoyapıların ilavesiyle de gıdanın duyuşsal ve mekanik özelliklerinin işlenmesi ve yeni ürünler geliştirilmesi sağlanabilecektir. Ürün koruma ve raf ömrünü uzatmak amacıyla üretilen nanokompozitlerle ambalajlama, patojen tesbiti için geliştirilebilecek nanosensörler yardımıyla gıda güvenliği gibi konularda yeni açılımlar sağlanabilecektir (2,3).

İletişim/Correspondence:

Dr. Dyt. Ayhan Dağ

Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Haspolat, Lefkoşa, KKTC

E-posta: dagayhan@gmail.com

Geliş tarihi/Received: 21.05.2014

Kabul tarihi/Accepted: 25.07.2014

Gıda Alanındaki Nanoteknoloji Uygulamaları

Nanoteknolojinin gıda alanında uygulamaları dört ana başlık altında toplanmaktadır (4-6):

1. Gıda işleme ve işlevsel ürünlerin geliştirilmesi:

Nanoemülsiyonlar ve nanokapsüller vasıtasıyla aroma, renk ve besin öğeleri eklenerek duyuşsal ve teknolojik özellikleri geliştirilmiş yeni ve işlevsel gıda ürünlerinin tasarlanıp, üretilebilmesi, farklı geleneksel bitkilerden nano boyutta toz veya emülsiyon bitki formülasyonlarının geliştirilmesi, sıvı ürünlerin kısmen saflaştırılması, gıdaların dezenfeksiyonu ve toksinlerin uzaklaştırılması amacıyla nanogözenekli membran ve nanofiltrasyon uygulamalarının geliştirilmesi mümkün olacaktır (1,4,5).

2. Biyoaktif maddelerin taşınması ve kontrollü salınımı:

Nanokapsüllerin elzem yağlar, antioksidantlar, proteinler, vitaminler ve mineraller gibi çeşitli besin öğeleri için taşıyıcı olarak kullanılıp, onların olumsuz çevre şartlarından korunarak, vücutta uygun bölümde salınımının sağlanması ve böylece biyoyararlılığının artırılması, biyoaktif maddelerin gıdaların işlenmesi ve depolanması sırasında ortam koşullarının etkisi ile çeşitli reaksiyonlar sonucu zararlı bileşenlere dönüşmelerinin engellenmesi, nanoemülsiyonlar vasıtasıyla hidrofilik maddelerin yağda çözünür, lipofilik maddelerin ise suda çözünür hale getirilip, çeşitli biyoaktif maddelerin su veya meyve içecekleri içinde dağılımının sağlanması ve biyoyararlılığın artırılması sağlanabilecektir (1,5).

3. Patojenlerin tesbiti ve gıda güvenliğinin artırılması:

Hassas gıda kaynaklı nanosensörler kullanılarak gıda içeriğindeki patojen mikroorganizmaların hızlı tespit edilmelerinin sağlanması ve çeşitli nanokablolar ve patojenlere özel antikorlar kullanılarak geliştirilen dedektörlerle gıda ürünlerinde toksin, patojen ve kimyasalların tesbit edilmesi mümkün olacaktır (1,5,6).

4. Ürün kalitesi ve raf ömrünü olumlu yönde etkileyecek paketleme sistemlerinin geliştirilmesi:

Paketleme malzemelerine gümüş, titanyum oksit gibi çeşitli nanoparçacıkların eklenerek malzemenin geçirgenlik özelliğinin

modifiye edilmesi, ambalajın gıda ile temas eden yüzeyine oksijen adsorplayan özellik kazandırılarak anaerobik ortam yaratılması ve böylelikle antimikrobiyal ve antifungal yüzeyler oluşturulması, çeşitli nanokompozitler kullanarak paketleme malzemelerinin oksijen ve karbondioksit geçirgenliklerinin sınırlandırılarak, kötü kokuların bloke edilip ürünün tazeliğinin korunması ve raf ömrünün artırılması sağlanabilecektir (1,5,6).

Araştırmacılar, kazein misellerinden elde ettikleri nano yapıların içine D vitamininin enkapsüle edilerek taşınması üzerine yaptıkları bir çalışmada, geliştirdikleri nanoyapıların hidrofobik moleküllerin taşınmasında kullanılabileceği ve bu yapılar vasıtasıyla az yağlı veya yağsız gıda ürünlerinin hidrofobik besin öğeleri ile zenginleştirilebileceği gibi potansiyel uygulamaların olabileceğini ifade etmişlerdir (7).

Başka bir çalışmada, ise araştırmacılar, geliştirdikleri süperparamanyetik demir oksit nanoparçacıklarının süt veya kan gibi ortamlarda bakterilerin tesbiti için kullanılabileceğini, böylelikle bu nanoprobların klinik, çevre, tarım ve gıda alanlarında kullanılabilecek oldukça hassas ve hızlı bir mikrobiyal tesbit yöntemi olabileceğini belirtmişlerdir (8).

Bir başka çalışmada ise, süttten izole edilen alfa-laktalbumin proteininden kısmi hidroliz ve kendiliğinden dizilimle nanotüpler oluşturmuş, bunların enkapsülasyon, jelleşme ve kıvam artırıcılık gibi potansiyel gıda uygulamaları olabileceğini rapor etmişlerdir (9).

Nanoteknolojinin gıda alanına uygulamaları ve bunlara yönelik literatür çalışmalarının sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Bu teknoloji ile üretilen gıda ürünlerinin de pazardaki payı hızla büyümektedir. Allianz ve Organisation for Economic Co-operation and Development'in (OECD) raporuna göre 2005 yılında 7 milyar dolar olan nanogıda pazarı, 2010 yılında 20.4 milyar dolara ulaşmıştır (10). Nanoteknoloji ile ilgili olarak 2014 yılı için tüm dünyadaki pazar büyüklüğünün, 2.6 trilyon USD olacağı hesaplanmaktadır. Karbonhidratlar, proteinler ve yağlar gibi makro moleküller çeşitli gıda uygulamalarına yönelik

olarak, yeni nano yapıların oluşturulmasında kullanılabilirler. Bu nano yapılar, oldukça küçük boyutlarından dolayı, yüksek konsantrasyonlu aktif maddelerin hücre çeperlerine hızlı iletimini sağlayan mükemmel penetrasyon özelliklerine sahiptirler. Gıda makromoleküllerinden oluşturulan nanoemülsiyonlar, biyopolimerik nanoparçacıklar, nanokompozitler, nanofiberler, nanotüpler ve nanosensörler çeşitli amaçlarla gıda uygulamalarında kullanılabilme özelliğine sahiptirler (11).

Nanoambalajlar

Gıda ambalajı ve gıdaların korunması endüstriyel açıdan son derece önemlidir. Nanoambalajlar ile gıdalardaki bozulmalar ve patojenik mikroorganizmalar nanosensörler yardımıyla hızla tespit edilebilecektir (12). Paketleme malzemelerine direk olarak yerleştirilebilen nanosensörler, bozulma esnasında oluşacak kimyasalları tespit edebileceklerdir. Elektronik burun gibi dav-ranan bu nanosensörlerin yanında, mikroakışkan sensörler de düşük hacimlerde bile yüksek hassasiyetle patojen tespiti yapabilmekte ve tıbbi, biyolojik ve kimyasal uygulamalara imkân sağlayabilmektedir (13,14). Bu paketleme sistemleri, çevresel koşullardaki (sıcaklık ve nem değişiklikleri, vb.) değişikliklere göre kendini ayarlayabilecek ve gıdanın kontamine olması durumunda tüketiciyi uyarabilecektir (15). Bununla birlikte, nanoelektromekanik sistemlere dayalı nanosensörler, kimyasal/ biyokimyasal sinyalleri tespit ederek gıda endüstrisinde kalite kontrol ve güvenlik amaçlı kullanıma hizmet edecek niteliktedir. Bunlara ek olarak, antijen-antikor, enzim-substrat gibi biyolojik bağlanma ilişkilerini tespit etme mantığına dayanan nanosensörlerle de gıda ürünlerinde patojenlerin, toksik kimyasalların, biyolojik toksinlerin ve kalıntıların belirlenmesine yönelik çeşitli araştırmalar yürütülmektedir (12).

Nanoteknoloji, Radyo Frekanslı Tanımlama (RFID) etiketleri ile ambalaj sensörlerinin birleştirilmesini sağlamaktadır. Nano-etkin RFID etiketler çok daha küçük, esnek ve ince bantrol üzerine basılabilir etiketlerdir. Bu etiketler zaman-sıcaklık indikatörleriyle veya

biyosensörlerle birleştirilerek zaman sıcaklık bilgilerinin veya mikrobiyal verilerin taşınmasını sağlayabilmektedirler. Ayrıca nanosensörlerle donatılmış ambalajlar, gıda ürünlerinin ve konteynırların tedarik zinciri boyunca iç veya dış koşullarda izlenmesi için dizayn edilmişlerdir. Örneğin, bu gibi ambalajlar sıcaklık ve nemin zamanla değişimini gösterebilmekte ve renk değişimi sayesinde koşulların uygunluğu hakkında bilgi verebilmektedirler (16). Nanosensörler, yalnızca tüketicilerin satın aldıkları ürünlerin tazeliğini ve lezzetini kontrol edebilmelerini sağlamazlar, aynı zamanda gıda güvenliğini artırma ve gıda kaynaklı hastalıkların sıklığını azaltma potansiyeline sahiptirler (2). Bu ambalajlar, süt ve gıda ürünleri bozulmaya başladığında renk değişikliğini tetikleyebilmektedirler (16). Gıda sistemlerinde, özellikle nutrasötik ve paketleme materyallerinde nanoteknoloji kullanımı ile ürünlerin sağlık yararının artırılması ve tadının iyileştirilmesi, üretim veriminin artırılması ve kontaminasyonun engellenmesi beklenmektedir (17,18). Nanoteknolojiyi kullanarak aktif paketlemenin yanı sıra yakın gelecekte piyasaya çıkacak olan gıdayı taze tutmak için oksijen absorbe eden antimikrobiyal ambalajlar geliştirilmektedir (16).

Nanoteknoloji ve İşlevsel Gıdalar

Hastalıkları önleyici ve tedavi edici etkileri nedeniyle sağlık yararı olan gıda veya gıda bileşenleri nutrasötikler veya işlevsel gıdalar olarak tanımlanmaktadır. Nutrasötikler, izole edilmiş besin öğeleri, besin takviyeleri, tasarlanmış gıdalar, bitkisel ürünler ve işlenmiş ürünleri içermektedir. Nanoteknoloji, gıda endüstrisinde süper gıdaların üretilmesi ve akıllı gıda sistemlerinin oluşturulmasında büyük bir potansiyele sahiptir. Bu anlamda sağlığa etki yapacak biyoaktif bileşenlerin ve nutrasötiklerin, çözünürlüğünün iyileştirilmesi, etkinliğinin geliştirilmesi, dayanıklılığının ve biyoyararlılığının artırılması, kontrollü salınımlarının sağlanması gibi özelliklerin kazandırılması, kuşkusuz büyük gelişme gösteren işlevsel gıda üretimine büyük bir hız kazandıracaktır (19,20).

İşlevsel gıda ürünlerinin formülasyonunda nanoteknolojiden yararlanılmaya başlanmıştır. Gıda firmaları vitaminler, antioksidanlar vb. gibi aktif ingredientlerin etkinliğini artırmak için nano dağıtım sistemleri üzerinde çalışmaktadır. Nano dağıtım sistemleri ile aktif ingredientin kontrolü ve etkinliği artırılmaya çalışılmaktadır (15). Nutrasötiklerin hastalıkları önlemede etkinliği aktif ingredientin biyoyararlılığının korunmasına bağlıdır. Besin öğelerinin mide öz suyunda kalma süresinin yetersizliği, bağırsakta düşük geçirgenlik veya çözünürlük, gıda işleme sırasında (ışık, sıcaklık ve pH) veya mide-bağırsak sisteminde (pH ve diğer besin öğeleri) stabiliteyi bozan etkenler nutrasötik molekülünün aktivitesini ve olası sağlık yararını azaltmaktadır. Aktif ingredientin organizmadaki fizyolojik hedefe ulaşana kadar aktif kalması için sistemde korunan bir yapı içerisinde olması gereklidir (21). Tüketiciler gün geçtikçe beslenme ve sağlık arasındaki ilişki hakkında daha bilinçli hale gelmektedir. Bunun sonucu olarak da dengeli beslenme ve işlevsel gıdalara olan ilgi her geçen gün artmaktadır. İşlevsel gıdalar, doğrudan sağlığa yararlı etki gösteren gıdalardır. Sağlıklı gıda ürünleri standart muadillerine kıyasla çeşitli özelliklerine göre karakterize edilebilmektedirler. Bu özellikler şeker, tuz ve trans yağ içeriğinin düşük olması, önemli ölçüde azaltılmış enerji yoğunluğu, tam tahıl ve lifli gıda miktarının fazlalığı, yüksek miktarda süt ve bitkisel proteinler ya da sağlık etkisinin sürdürülebilirliğinin göstergesi olan biyoaktif maddeler içermesidir. Bununla birlikte, takviye için kullanılan beslenme açısından cazip mikronutrientler doğrudan ürüne eklenememektedir. Çünkü bu bileşenler suda çözünmemekte ya da çok az çözünmektedirler. Ayrıca fiziksel veya kimyasal bozulmalara karşı sınırlı bir kararlılık sergilemekte ya da kontrolsüz salınım veya biyoyararlılık göstermektedirler (22).

Vitamin, probiyotik, biyoaktif peptid ve antioksidan gibi biyoaktif bileşiklerin "Besin İletim Sistemi" ile integrasyonu sonucunda fizyolojik yarar sağlayabilecek veya hastalık riskini azaltabilecek yeni işlevsel gıdalar nanogıda olarak üretilmektedir (23). Nanoteknoloji üretim, dağıtım ve depolama boyunca mikro besin öğelerinin ve biyoaktif maddelerin çözünürlüğünü

artırmakta, biyoyararlılığını geliştirmekte ve stabilitesini korumaktadır. Örneğin, domates suyu, makarna sosu ve reçeldeki likopenin biyoyararlılığı nanopartikül takviyesi ile artırılabilir (24).

Su ve Nanoteknoloji

Dünya genelinde milyonlarca insan temiz su kaynaklarına ulaşamamakta ve bu durumdan olumsuz bir şekilde etkilenmektedir. Nüfusun yoğun olduğu büyük kentlerde, kapalı ve açık hava dekontaminasyon yöntemleri kirlilik sorununun çözülmesi için gereklidir. Önümüzdeki yıllarda, kontamine olmuş su hava ve toprağın arıtılmasında nanoteknolojinin bu sorunların çözümüne katkı sağlayabileceği öngörülmektedir (25). Gelişmekte olan ülkelerde gelecekteki kentsel sistemler, su kirliliğinin arıtılmasında işlenmesi daha kolay ve ekonomik olan nanoteknoloji özellikli su izleme, arıtma ve tekrar kullanma sistemlerinin üzerinde duracaktır (26).

Nanoteknoloji Kullanılarak Geliştirilmiş Ürünler

Gıda endüstrisi için nanoteknoloji kullanılarak üretilmiş çok sayıda ürün bulunmaktadır. Bu ürünler, gıda, pişirme, depolama ve takviyeler olmak üzere 4 alt sınıfa ayrılmıştır (27).

1. Gıda kategorisi: Bu sınıfta beş nanogıda ve gıda materyali bulunmaktadır. Bunlar kanola yağı, slim shake çikolata içeceği, maternal suyu, nanoçay ve Prime Ring kahve makinesi olarak sıralanmıştır. Maternal suyu bebeklere ve hamilelik periyoduna özgü bir üründür. Slim shake çikolatanın tanıtımı "yağ ve enerji açısından düşük, hiçbir yapay tatlandırıcı içermeyen, lezzetli ve nanomateryal içeren ürün" şeklinde yapılmıştır. Nanoteknoloji kullanılarak geliştirilen çayın ise yararlı besin özleri salınımı sağladığı, böylelikle virüsleri, serbest radikalleri, kolesterolü adsorbe ettiği ve selenyumun işlevselliğini 10 kat arttırdığı bildirilmiştir. Prime Ring olarak belirtilen ürün ise bir tür kahve makinesi olmasına rağmen, hem bu sınıfta hem de pişirme kategorisinde yer almaktadır. Söz konusu cihazın, iç yüzeyindeki sütün gümüş iyon kaplamalar sayesinde inhibe edildiği ve kullanımdan sonra, bu iç kısımda kalan fazla sütün nanoteknoloji sayesinde uygun

butona basılarak temizlenebildiği bildirilmiştir (27). Bu ürünlerden çay Çin'de diğerleri ise genellikle Amerika Birleşik devletleri ve Kanada'da üretilmekte, Ülkemizde yaygın olarak kullanılmamaktadır.

2. Pişirme kategorisi: Antimikrobiyal eşyaları kapsamaktadır. Bu alanda yaklaşık 12 ürün bulunmaktadır. Bu ürünler, çatal-bıçak takımı, çubuklar ve pişirme aletleridir (27).

3. Depolama kategorisi: Plastik bira şişeleri, plastik kaplar, plastik gıda paketleri ve bebekler için biberonları kapsamaktadır (27).

4. Takviyeler kategorisi: İçerisinde sporcular için aktif bileşenlerin hızla iletiminin sağlanması için geliştirilmiş nanoboyutta vitamin destekleri, hidrofobik bileşenlerin hızlı ve yüksek oranda taşınmasını sağlayan miseller, antimikrobiyal gümüş partiküller, nano boyutta enkapsüle edilmiş C vitamini destekleri, çeşitli mineraller, çocukların beğenmesi için şeker tadında olan nano B₁₂ vitamini spreyi gibi 60'dan fazla ürün yer almaktadır (27).

Nanoteknoloji ile Elde Edilen Gıdaların Güvenliği

Nanoteknolojinin gıda alanında uygulamalarının gelişmesini takiben telaffuz edilmeye başlanan 'nanogıda' terimi nanoteknoloji teknikleri ve araçları kullanılarak hasat edilmiş, işlenmiş, üretilmiş ve paketlenmiş, ya da demir çinko gibi nanoparçacıklar ve aktif bileşenler içeren nanokapsüller gibi nanomalzemelerin ilavesiyle elde edilmiş gıda ürünleri olarak tanımlanmaktadır (28). Bu teknoloji ile üretilen yeni gıda ürünlerinin potansiyel yararlarının yoğunlukla vurgulanmasına karşın, bu ürünlerin güvenliğine dair henüz bir bilgi birikimi olmadığından, halk sağlığı üzerindeki etkilerine dair endişeler bulunmaktadır. Bununla birlikte, yakın zamanda bazı araştırmacılar nanoteknolojinin biyolojik sistemler üzerindeki toksik etkilerinin incelenmesine dair çalışmalar yapmaya başlamış ve potansiyel bazı etkilerine dikkat çekmişlerdir (29,30).

Nanoteknolojik Uygulamaların Sağlık Riskleri

Paketleme malzemelerine entegre edilen gümüş, magnezyum, çinko-oksit gibi nanomalzemeler direk temas halinde gıda maddelerine bulaşabilir ve bu ürünler tüketildiğinde insan sağlığı açısından sağlık risklerine neden olabilirler (31). Toksikite çalışmaları nanopartiküllerin insan sağlığı üzerine zararlı etkileri olabileceğini belirtmekle birlikte bu konuda birçok belirsizlik bulunmaktadır. Nanoteknoloji birçok avantajının yanı sıra insan sağlığı ve çevre için de risk ve belirsizlikleri de beraberinde getirmektedir. Nanopartiküllerin geniş yüzey alanları, toksik kimyasal kirleticilerin bağlanabilecekleri ve taşınabilecekleri yüzeyler sağlamaktadır. Nanopartiküllerin vücudun ve hücrelerin içerisine girebilme yetenekleri toksik maddelerin vücudun içinde yayılmasına neden olabilmekte ve bunun sonucu olarak hücre, doku zararları ve savunma mekanizmasında bozukluklar oluşabileceği ifade edilmektedir. Nanoboyuttaki maddelerin solunmasının da insanlarda ve memeli hayvanlarda akciğer hastalıklarına neden olabileceği belirtilmektedir (32).

Henüz nanogıda ürünlerinin sağlık risklerinin tam olarak anlaşılammış olması, etiketlenmeden ve güvenliğe dair düzenlemeler olmadan pazarda yer almaları, bu ürünlerin yararlarını baskılamaktadır. Bazı ülkelerde nanoteknolojiye ait bazı yasal düzenleme ve tanımlamalar yapılırken, gıda konusunda ürünlerin etiketlenmesi ya da üretimde güvenliğe ilişkin belirgin bir düzenleme henüz mevcut değildir. Bununla birlikte, bu ürünlerin üretimi ve kontrolü için yapılacak düzenlemelere dair çeşitli kriterler ifade edilmelidir. Bunlardan bazıları nano ürünlerin doğru tanımlanması için parçacık boyut aralıkları, fiziksel ve kimyasal özellikleri, üre-tim yöntemleri, potansiyel sağlık ve çevre etkileri için güvenlik özellikleri olarak verilmektedir (5).

Nanoteknolojinin gıdalara uygulanmasının avantaj, algılama yöntemleri ve potansiyel sınırlamalarını tartışmak ve bir daha görüşülmek üzere daha ileri adımlar önerilmektedir (33).

SONUÇ ve ÖNERİLER

İçinde bulunduğumuz yüzyılın en önemli keşfi olan nanoteknoloji, birçok alanda gösterdiği uygulamaya yönelik hızlı ilerleme biraz yavaş olmakla birlikte, gıda alanında da göstermektedir. Bu teknoloji, gıda işleme, ürün geliştirme, gıda güvenliği ve paketleme gibi konularda birçok potansiyel uygulama ile gelecek için önemli gelişmeler vaat etmektedir. Nanoambalajlardaki yüksek hassasiyetli nano sensörler ile ambalaj içinde patojen tespiti yapılabilmesi, besin zehirlenmeleri ve insan sağlığı açısından büyük bir önem taşımaktadır. Bunun yanı sıra gıda sektörü denildiğinde, öncelik kaliteli ve güvenli ürün olduğundan, daha çok yeni olan bu teknolojinin avantajları, dezavantajları ve insan sağlığı üzerine olabilecek sağlık etkileri ise henüz tam olarak anlaşılmamıştır. Bu tam olarak anlaşılamama durumu çeşitli önyargıların oluşmasına neden olmaktadır. Nanoteknoloji ürünü gıdaların üretimi, kontrolü ve güvenliği için gerekli ulusal ve uluslararası yasal düzenlemelerin kısa zamanda hayata geçirilmesi oldukça önemlidir. Bu kapsamda, nanoteknolojinin gıdada kullanımı ile ilgili sosyal ve etik araştırmaların yapılması, nano materyal içeren gıda ürünlerinin etiketlenmesi, nano toksisitenin taranması ve güvenlik kriterlerinin belirlenmesi, nano düzeydeki malzemelerin işlenmesi ve tesbiti için laboratuvar protokollerinin oluşturulması, parçacık boyutlarının ve ölçüm yöntemlerinin tanımlanması büyük önem taşımaktadır. Böylelikle, bu ürünlerin güvenliğine dair endişeler giderilerek, bu teknolojiye en üst düzeyde yararlanılması sağlanabilecektir. Gıda alanındaki bu gelişmelerin yanı sıra nano teknolojik gelişmelerin, görme engellilere yeniden görme, işitme engellilere duyma, felçlilere yürüme şansı verebilmesi, AIDS, kanser, diyabet gibi hastalıkların tedavi edilebilmesi, dünyada açlığın sona erdirilebilmesi, iş göremez hale gelmiş organların yerine yeni organların büyütülebilmesi, bakteriden daha küçük nanobilgisayarlar üretilebilmesi, büyük bir kütüphanedeki bütün kitapların bir küp şekerine depolanabilmesi ve çelikten 100 kat daha dayanıklı ama esnek betonların yapılabilmesi gibi mucizevi ihtimaller de tartışılan diğer konulardır.

Çıkar çatışması/Conflict of interest: Yazarlar ya da yazı ile ilgili bildirilen herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR

1. Sanguansri P, Augustin MA. Nanoscale materials development a food industry perspective. Trends Food Sci Tech 2006;17:547-556.
2. Duncan TV. Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: Barrier materials, antimicrobials and sensors. J Colloid Interface Sci 2011;363:1-24.
3. Yüksel NY. Gıda ve tarım sektöründe nanoteknoloji, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü 2011; ISSN:1303-8346;1-4.
4. Hazen C. Formulating function into beverages. Food Product Design 2003;12(10):36-70.
5. Chau CF, Wu SH, Yen GC. The development of regulations for food nanotechnology. Trends Food Sci Tech 2007;18:269-280.
6. Canel C. Micro and nanotechnologies for food safety and quality applications. 2006. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167779908002916>. Accessed May 10, 2014.
7. Semo E, Kesselman E, Danino D, Livney YD. Casein micelle as a natural nano-capsular vehicle for nutraceuticals. Food Hydrocoll 2007; 21:936-942.
8. Kaittanis C, Naser SA, Perez JM. One-step, nanoparticle-mediated bacterial detection with magnetic relaxation. Nano Letters 2007;7(2):380-383.
9. Graveland-Bikkera JF, de Kruif CG. Unique milk protein based nanotubes: food and nanotechnology meet. Trends Food Sci Tech 2006;17:196-203.
10. Allianz & OECD, Report in Co-operation with the OECD International Futures Programme. Opportunities and risks of nanotechnology. 2005. Available at: <http://www.oecd.org/science/nanosafety/37770473.pdf>. Accessed April 15, 2014.
11. Chen H, Weiss J, Shadidi F. Nanotechnology in nutraceuticals and functional foods. Food Technol 2006;60(3):30-36.
12. Sozer N, Kokini JL. Nanotechnology and its applications in the food sector. Trends Biotechnol 2008;27(2):82-89.
13. Baumner A. Nanosensors identify pathogens in food. Food Technol 2004;58(8):51-55.
14. Vo-Dinh T, Cullum BM, Stokes DL. Nanosensors and biochips: frontiers in biomolecular diagnostics. Sensors and Actuators B 2001;74:2-11.
15. Action Group on Erosion, Technology and Concentration. Down on the Farm. 2004. Available at: <http://www.etcgroup.org/documents/ETC-DOTFarm2004.pdf>. Accessed April 15, 2014.
16. Qureshi MA, Karthikeyan S, Karthikeyan P, Khan PA, Uprit S, Mishra UK. Application of nanotechnology in food and dairy processing: An overview, Pak J Food Sci 2012;22(1):23-31.
17. Nachay K. Analyzing nanotechnology. Food Technol 2007;61(1):34-36.
18. Cooperative State Research, Education and Extension Service. Nanoscale Science and Engineering For Agriculture and Food Systems. 2003. Available at: http://www.csrees.usda.gov/funding/nri/pdfs/2003_ann_report.pdf. Accessed March 10, 2014.

19. Belem MAF. Application of biotechnology in the product development of nutraceutical sin Canada. *Trends Food Sci Technol* 1999;10:101-106.
20. Andlauer W, Fürst P. Nutraceuticals: a piece of history, present status and outlook. *Food Res Int* 2002;35:171-176.
21. Chen L, Remondetto GE, Subirade M. Food protein-based materials as nutraceutical delivery systems. *Trends Food Sci Technol* 2006;17:272-283.
22. Sagalowicz L, Leser ME. Delivery systems for liquid food products. *Curr Opin Colloid Interface Sci* 2009;15:61-72.
23. Kim DM, Cho GS. Nanofood and its materials as nutrient delivery system (NDS). *Agric Chem Biotechnol* 2006;49(2):39-47.
24. Neethirajan S, Jayas DS. Nanotechnology for the food and bioprocessing industries. *Food Bioprocess Technology* 2011;4:39-47.
25. Litter MI, Choi W, Dionysiou DD, Falaras P, Hiskia A, Li Puma G, Pradeep T, Zhao J. Nanotechnologies for the treatment of water, air and soil. *J Hazard Mater* 2012;211-212:1-2.
26. Brame J, Li Q, Alvarez PJJ. Nanotechnology-enabled water treatment and reuse: emerging opportunities and challenges for developing countries. *Trends Food Sci Technol* 2011;22:618-624.
27. Silvestre C, Duraccio D, Cimmino S. Food packaging based on polymer nanomaterials. *Prog Polym Sci* 2011;36:1766-1782.
28. Joseph T, Morrison M. 2006. Nanotechnology in Agriculture and Food. Available at: <http://www.nanoforum.org/dateien/temp/nanotechnology%20in%20agriculture%20and%20food.pdf?08122006200524>. Accessed January 17 2014.
29. Nel A, Xia T, Madler L, Li N. Toxic potential of materials at the nanolevel. *Science* 2006;311:622-627.
30. Oberdorster G, Maynard A, Donaldson K, Castranova V, Fitzpatrick J, Ausman K. Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy. *Particle and Fibre Toxicology*. 2005. Available at: <http://www.particleandfibretoxicology.com/content/2/1/8>. Accessed March 10, 2014.
31. Bouwmeester H, Dekkers S, Noordam MY, Hagens WI, Bulder AS, De Heer C, et al. Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production. *Regul Toxicol Pharmacol* 2009;53(1):52-62.
32. Moore MN. Do nanoparticles present ecotoxicological risks for the health of the aquatic environment? *Environ Int* 2006;32(8):967-976.
33. Cho IH, Radadia AD, Farrokhzad K, Ximenes E, Bae E, Singh AK, et al. Nano/micro and spectroscopic approaches to food pathogen detection. *Annu Rev Anal Chem* 2014;7(1):65-88.