

GIDA - AMBALAJ SEKTÖRÜNDE NANOTEKNOLOJİK UYGULAMALAR VE SU ÜRÜNLERİ AÇISINDAN ÖNEMİ

Göknur Sürengil, Berna Kılınç*

Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Bornova, İzmir

Özet:

Nanoteknoloji 100 nanometre ölçeğinden küçük boyutlarda gerçekleştirilen ve hızla gelişen bilim ve teknoloji alanıdır. Her alanda yeni tekniklerle gelişmiş ürünler yaratan nanoteknoloji; tıp, sağlık, gıda, paketlenme materyalleri ve sistemleri, ilaç, elektronik gibi sektörlerde fayda sağlamaktadır. Gıda sektöründe nanoteknolojiden yararlanılması faydalı ve önemli olmasına rağmen hala sınırlı ölçüde kullanılmaktadır. Son yıllarda tüm dünyadaki çalışmalar gıda sanayide bu teknolojiye en fazla yararlanma yolları arayışındadır. Diğer yandan son zamanlarda hazır gıdaların tüketimde artışın fazla olmasından dolayı gıdaların taze ve uzun süre dayanıklı olması önem kazanmış, bu konular üzerine yoğunlaşmıştır. Özellikle gıdaların raf ömrü ve kalitesi açısından işlenmiş et ve su ürünleri ile taze meyve-sebzelerin ambalajlanmasında çalışmalar devam etmektedir. Nanoteknoloji ise gıda sanayide yeni gıda ve akıllı ambalaj sistemleri yaratmaktadır. Özellikle son dönemde geliştirilen yenilebilir filmler, antimikrobiyal paketlemeler, biyobozunur malzemeler, akıllı ambalajlama, nanokopozit ambalajlar, nanosensörler gibi teknolojik sistemlerle gıdaların güvenliği ve raf ömrü kontrol altına alınabilmektedir. Dünyada nanogıda teknolojileri gittikçe önem kazanmakta olsa da halk sağlığı ve çevre üzerine etkileri hakkında kesin bilgiler edinilememiştir. Bu makalede nanoteknoloji ve su ürünleri sektöründe kullanılan alanlar ve yöntemler hakkında güncel bilgiler derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nanoteknoloji, Su ürünleri, Nanogıda, Nanokompozitler

* Correspondence to:

Berna KILINÇ, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, 35100, Bornova, İzmir -TÜRKİYE

Tel: (+90 232) 388 40 00-5230 **Fax:** (+90 232) 3747450.

E-mail: berna.kilinc@ege.edu.tr

Abstract: Nanotechnology applications in foods-packagings and importance for seafoods

Nanotechnology 100 nanometer scale in a small and rapidly developing science and technology field. Each area of nanotechnology to create advanced products with new techniques, medicine, health, food, packaging materials and systems, pharmaceutical, electronic industries, such as benefits. Utilization of nanotechnology in the food sector to a limited extent useful and important, although still used. In recent years, studies worldwide food industry is seeking ways to exploit this technology the most. On the other hand more recently because of the increase in consumption of food, fresh food is prepared and to be resistant for a long time became a priority and has focused on these issues. Especially in terms of food quality and shelf life of processed meat and fishery products and packing of fresh fruits and vegetables are underway. Nanotechnology in the food industry creates new food and intelligent packaging systems. Especially recently developed edible films, antimicrobial packaging, biodegradable materials, such as technological systems nanosensörler food safety and shelf life can be controlled. Nanofood technology is gaining increasing importance in the world although precise information be obtained about the effects on public health and the environment. In this article, nanotechnology, and aquatic products industry has been compiled to date information about the fields and methods.

Keywords: Nanotechnology, aquaculture, nanocomposite, nanofood

Giriş

Nanoteknoloji maddeler üzerinde 100 nanometre ölçeğinden küçük boyutlarda gerçekleştirilen işleme, ölçüm, tasarım, modelleme ve düzenleme gibi çalışmalarla maddeye atom ve molekül seviyesinde gelişmiş veya tamamen yeni fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler kazandırmayı hedefleyen bilim ve teknoloji alanıdır (Tarhan ve ark., 2010). Nanoteknoloji genel olarak yeni ve hızla gelişen bir saha olarak görülmektedir. Bunlar; üretim, işleme, cihaz ve sistem yapıların uygulamasında şekil ve boyut olarak nanometre ölçeğinde olması anlamına gelmektedir (Bouwmeester ve ark., 2008). Şimdiye kadar yürütülen nanoteknoloji araştırmalarının çoğu elektronik, ilaç ve otomasyon sektöründe olmuştur. Bu sektörlerden elde edilen bilgilerle nanoteknolojiyi gıda güvenliğindeki uygulamalar (ör. pestisitlerin ve mikroorganizmaların tespiti), çevrenin korunması (ör. su saflaştırma) ve nutrientlerin dağıtımı gibi gıda ve tarım ürünlerinde kullanılmaya da adapte etmek mümkündür (Dursun ve Erkan, 2009). Ayrıca yeni tekniklerin gelişmesiyle beraber telaffuz edilmeye başlayan ‘nanogıda’ tanımı nanoteknolojik teknikler veya aletler kullanarak yetiştirme, üretim, işleme veya gıda paketleme sırasında kullanılması olarak tanımlanmaktadır (Joseph ve Morrison, 2006). Bunlardan başka son dönemlerde nanoteknolojinin gıda endüstrisindeki uygulama alanlarından biri de gıdaların besin öğelerince zenginleştirilmesi ve

yeni ürün geliştirilmesidir. Mikro besin öğelerinin kendi doğal özellikleri (fizikokimyasal) ve diğer besin öğeleriyle veya bileşenlerle etkileşimleri biyoyararlıklarını etkileyebilmektedir. Bu sayede nanoteknoloji ile, besin öğelerinin, proteinlerin ve antioksidanların vücudun spesifik bölgelerine ve hücrelerine daha etkili ve verimli ulaşması sağlanarak bu bileşenlerin etkinliği ve biyoyararlılığı artırılmaktadır (İlyasoğlu ve El., 2010).

Çabuk bozulan gıdaların raf ömürleri atmosferik oksijenin kimyasal etkisi ile aerobik mikroorganizmaların gelişimi ile oluşmaktadır. Bu faktörlerin her biri tek başına veya birbiri ile bağlantılı olarak renk, tat ve kokuda değişiklikler meydana getirerek gıdaların kalitesinde bozulmaya neden olurlar (Kılınç ve Çaklı, 2001). Gıdaların bozulmasını geciktirmek amacıyla yapılan soğukta muhafaza tekniklerinin yanında ambalajlama tekniklerinin de uygulanması gıdaların tazeliklerinin daha uzun süre korunmasını sağlamaktadır (Kılınç ve Çaklı, 2004). Bu bozulma etmenlerine karşı gıdaların modifiye atmosferde paketlenmesi (MAP) veya vakum ambalajlama uygulamaları ile oksijenin etkisi kısmen önlenmektedir. Ancak bu sistemlerle oksijen tamamen uzaklaştırılmaz, ayrıca paket malzemesinde bulunan ve dışarıdan gıdaya geçen oksijen etkisiz hale getirilemez (Sürengil, 2010). Tüketici istekleri ise gıdanın ilk tazelikliğini koruyacak ve gıdaya

daha az korucu madde ile raf ömrünü artırıcı metotların geliştirilmesi yöndedir (Han, 2000). Bu amaçla yapılan paketleme metotlarından biri; aktif/akıllı paketleme sistemidir. Bu metotla değişen tüketici istekleri, pazar koşulları yanı sıra sağlıklı olması göz önüne alınarak geliştirilmiştir (Floros ve Phelps, 1997). Aktif paketleme teknolojisinde gıda, ambalaj materyali ve çevre atmosferi arasındaki ilişkiye göre dizayn edilmiştir. Bu sistemde paketleme materyali bariyer özelliğinin yanında oksijen ve etilenin tutulması, CO₂ tutulması veya dışarı verilmesi, nemin düzenlenmesi, antimikrobiyal paketleme, antioksidan ve aromanın korunması özelliklerine göre yapılmıştır (Vermeiren ve diğ., 1999). Ayrıca paket materyalinin içerisine bazı nano katkı maddelerinin eklenmesi ile ambalaj içerisindeki atmosferin aktif olarak değişimi sağlanmakta ve bozunma reaksiyonları azaltılarak gıdanın raf ömrü uzatılmakta, gıda güvenliği ve duyuşsal özellikleri korunmaktadır, ürün ve çevre etkileşimindedir (Brody, 1990). Tablo 1' de bazı aktif ambalaj sistemleri ve gıdalar da uygulama alanları verilmiştir (Vardin ve Gamli, 2006).

Nanomakineler kullanarak moleküler gıdalar yaratma düşünceleri olmasına rağmen, bu yakın gelecekte gerçekleşecek bir durum değildir. Bu gibi teknolojik hedeflerin bazılarının gerçekleşmesine uzun zaman olmasına rağmen şu an içinde zaten gıda ambalaj sektörü üretimde nanoteknoloji içermektedir (Joseph ve Morrison, 2006). Nanoteknoloji yeni gıda ve yeni ambalaj ürünleri yaratma potansiyeline sahiptir. Nanoteknolojik paketleme, nanoteknolojik gıdaya göre daha az sorunlu olarak değerlendirilmektedir. Yeni gıda paketleme teknolojisi; nanoteknoloji kullanılarak veya nanoparçacıklar ekleyerek geliştirilebilmektedir. Bunun yanında gıda ürünlerini güvenli bir şekilde yemek ve tüketiciyi uyarmak amacıyla ambalaja gömülü nanosensörler ile güçlü mekanik ve termal performansla sahip paketler kullanılabilir. Aynı zamanda nanoteknoloji, sağlıklı gıdalar üretmek için de kullanılabilir. Fonksiyonel gıdalarda kullanılacak taşıyıcı sistemler gıda maddelerinin belirli yerlerinde tesir göstererek gıda güvenliğini sağlayabilmektedirler (Siegrist ve ark., 2008). Yani sağlığa etki yapacak biyoaktif bileşenlerin ve nutrasötiklerin; etkinliğinin geliştirilmesi, çözünürlüğünün iyileştirilmesi, biyoarayışlılığın ve dayanıklılığının artırılması ve kontrollü salınımlarının sağlanması gibi niteliklerin kazandı-

rılması kuşkusuz halen dünyada büyük gelişme kaydeden fonksiyonel gıda üretimine büyük bir ivme kazandıracaktır (Boyacıoğlu, 2008). Gıdalarda nanoteknoloji uygulamalarında ise şu anki önemli odak noktası; nanoyapılı gıda maddeleri ve besin maddeleri ile besin bileşenlerinin vücuda taşıma sistemlerinin geliştirilmesidir (Chaudhry ve diğ., 2008).

Nanoteknolojinin gıda ve gıda ambalaj uygulamaları üzerine potansiyel uygulamaları Şekil 1. de gösterilmiştir (Dursun ve ark., 2010).

Nanoteknolojinin paketleme sistemleri sayesinde;

- Paketleme malzemelerine gümüş, titanyum oksit gibi çeşitli nanoparçacıkların eklenerek malzemenin geçirgenlik özelliğinin modifiye edilmesi, ambalajın gıda ile temas eden yüzeyine oksijen absorplayan özellik kazandırılarak anaerobik ortam yaratılması ve böylelikle antimikrobiyel ve antifungal yüzeyler oluşturulması sağlanmaktadır.
- Çeşitli nanokompozitler kullanarak paketleme malzemelerinin oksijen ve karbondioksit geçirgenliklerinin sınırlandırılarak, kötü kokuların bloke edilip ürünün tazeliğinin korunması ve raf ömrünün artırılması sağlanmaktadır (Tarhan ve ark., 2010).

Gıdanın tazeliği, gıdanın en temel kalite göstergesidir. Örneğin balık en zor taze tutulan gıdalardan bir tanesidir. Balığı aldığınız zaman gözlerinden, diriliğinden, renginden tazeliğini belki anlayabilirsiniz ancak kesilmiş ve paketlenmiş balıkta işiniz oldukça güçtür. Ambalaj üreticileri gıdayı daha uzun süre taze tutmak üzerinde çalışırken, tüketiciler ise gıdanın tazeliğini paketi açmadan görmeyi istemektedir. Günümüzde yapılan çalışmalar her ikisinin de nanoteknoloji ile mümkün olabileceğini göstermektedir (Çeliker, 2006). Bu bakımdan gıda kalitesinin iyileştirilmesi ve raf ömrünün uzatılması konusunda nanoteknoloji uygulamaları ümit vericidir. Örneğin çoklu doymamış yağ asitleri nedeniyle oksidasyon reaksiyonlarına son derece duyarlı olan balık yağında oksidasyon, antioksidan olarak kullanılan alfa-tokoferolün kapsüllenmesi ile sütte acılaşmaya yol açan oksidasyon reaksiyonları lipozomal fosvitin ile azaltılabilmektedir. Ayrıca nano tanecik boyutlarındaki emülsiyonların viskozitesi çok farklı olabilir. Bu emülsiyonların

çok düşük konsantrasyonlarda daha viskoz özellikte olması, özellikle yağ miktarının daha azaltılmasına olanak vererek düşük kalorili ürünlerin geliştirilmesi için bir potansiyel yaratmaktadır (Boyacıoğlu, 2008).

Nanoparçacık ilavesi ile elde edilen nanokompozit filmler (nanokompozitler) meyve-sebze, et ve et ürünleri, deniz ürünleri ve şekerleme sektöründe geniş kullanım alanı bulmaktadır (Şahin ve Bayizit, 2008). Nanokompozitler; kompozit (bileşik) güçlendirme, bariyer özellikleri, alev direnci, elektro-optik özellikleri geliştirme, kozmetik uygulamaları, bakterici öldürücü özellikleri de dahil olmak üzere çok farklı özellikleri mevcuttur (Paul ve Robeson, 2008).

Nanoteknoloji gıda ambalajı için 3 farklı kategoride kullanılmaktadır (Ayyıldız, 2008):

1. Nanokompozit ambalaj malzemeleri

Son yıllarda yapılan araştırmalarda daha küçük boyutlardaki malzemeler daha büyük ölçüde kontrol edilebilir olduğunu göstermiştir. Nanokompozit malzemelerin kullanımı mekanik ve oksidasyon stabilitesini sağlamakta ve birde bariyer özelliklerini geliştirmektedir (Mahalik ve Nambiar, 2010). Polimerlere nanokompozitlerin ilavesinde ise ürünlerde esneklik, dayanıklılık, ısı/ nem stabilitesi, bariyer özellikleri, ışığa ve aleve direnç, güçlü mekanik ve ısıl performans ve gazlara karşı yüksek bariyer özellikleri sağlanmaktadır (Chaudhry, 2009). Plastik veya film içinde bulunan nanoparçacıklar oksijen, karbon dioksit ve nemin gıdaya geçmesini önleyen, antimikrobiyal özelliği olan önemli bir bariyer oluşturmaktadır. Bu amaçla kullanılan nanoparçacıklar aynı zamanda malzemenin hafif, yırtılmaz ve yüksek ısı dirençli olmasını sağlamaktadırlar. Nanokompozit uygulamaları film, kaplama, plastik şişe ve kap şeklide olabilmektedir. Özellikle et, peynir, balık, unlu mamuller, gazlı içecekler, meyve suları ve bira için kullanılmaktadır (Joseph ve Morrison, 2006). Nanokompozit filmlerin gıda ürünlerindeki uygulamaları ise daha çok aktif/akıllı paketleme (antimikrobiyal filmler) ve yenilebilir film/kaplama teknolojisiyle kombine halde olmaktadır (Dursun ve ark., 2010).

2. Biyobozunur nanokompozit ambalaj malzemeleri

Nanoparçacıkların biyobozunur plastiklere entegre edilmesiyle farklı özelliklerde yeni mal-

zemeler geliştirilmektedir (Sorrentino ve ark., 2007). Yani biyopolimer kaynaklı ambalajlama, ham madde olarak tarımsal ve su ürünleri orijinli ham maddelerin kullanıldığı ambalajlama olarak tanımlanmaktadır. Gıda ambalaj materyali üretiminde önem taşıyan biyopolimerler üç grup altında toplanabilir. Kullanılan hammadde kaynağına göre polisakkarit, yağ ve protein filmler olmak üzere 3 ana grupta sınıflandırılabilir (Sürengil, 2010). Nanoteknolojinin bu polimerlere uygulanması sadece özelliklerin gelişmesi için değil, aynı zamanda düşük fiyat etkinliği için de yeni imkanlar yaratmaktadır (Sorrentino ve ark., 2007). Bu malzemelerin biyolojik bozunması, canlı organizmalar tarafından salgılanan enzimlerin varlığında karbon içeren kimyasal bileşikleri ayrıştıran bir süreçtir. Hızlı bozulma sürecinde ise 3 gereksinim vardır. Bunlar sıcaklık, nem ve mikroorganizma türüdür (Mahalik ve Nambiar, 2010). Biyoplastiklerin farklı nanokompozit materyallerden oluşturulması ve bozunması Şekil 3 de ifade edilmiştir (Sözer ve Kokini, 2009).

3. Antimikrobiyal aktif özellikte ve akıllı nano ambalajlar

Gıdanın raf ömrünü artırabilmek için yapılan çalışmalarda ancak nanoteknoloji ile somut sonuçlara ulaşabilmektedir. Nanoboyutlu malzemelerle üretilmiş ambalajlar "akıllı ambalajlar" olarak da tanımlanmaktadır. Bu yeni teknoloji hafif, koku ve hava geçirmeyen uzun süre tazeliğin korunduğu gıda ambalajlarının gelişimini sağlamıştır (Sürengil, 2010). Akıllı paketleme su ürünlerinde gıda güvenliğini, kaliteyi ve kolaylığı geliştirmek için heyecan verici fırsatlar sunan, ambalajlama bilimi ve teknolojisinin yeni bir branşıdır. Akıllı paketleme karar vermeyi kolaylaştırmak için ambalajın iletişim fonksiyonunu kullanmaktadır (Dursun ve Erkan, 2009). Bazı nano metal veya metal oksitlerin polimerlere entegre edilmesiyle oluşan nanokompozit malzemeler antimikrobiyal özellik göstermektedir. Nanopartiküllerin antimikrobiyal özelliklerinden faydalanılmaktadır. Bu malzemeler gıdalarda mikroorganizma gelişimini yavaşlatarak, raf ömrünün uzun olmasını sağlamaktadırlar (Kankaya ve Seydim, 2009). Bunun yanında plastik içersine yerleştirilen nanosensörlerle gıdanın durumu izlenebilmektedir (Chaudhry, 2009). Gıda da gelişen patojenleri renk değişimiyle belirtecek nanosensörler üzerine çalışmalar da devam etmektedir (Kankaya ve Seydim, 2009). Gıda ambalajlanmasında kullanılan sensörler ürünlerin tazeliğini,

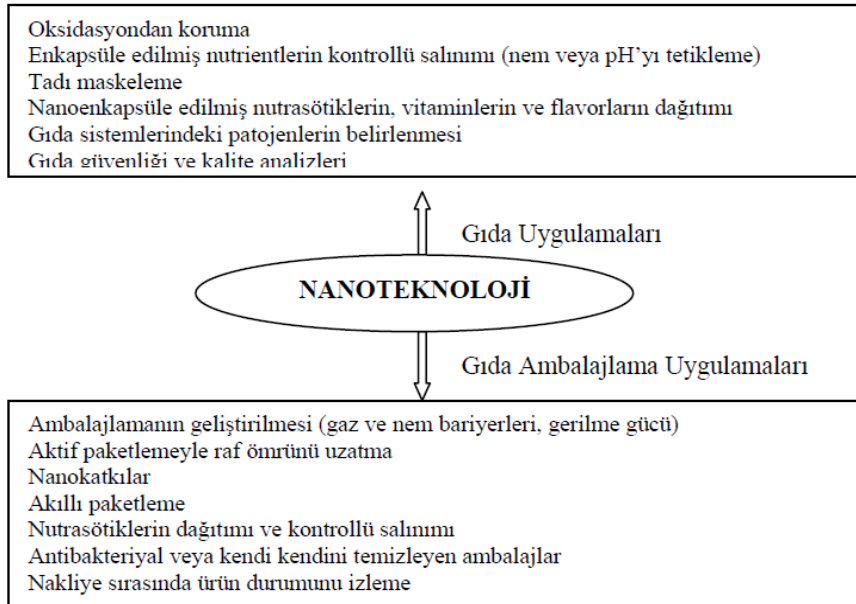
ürünlerde mikrobiyal bozulma olup olmadığını, oksidatif acılaşmayı ve sıcaklığa bağlı değişimleri göstermektedir. Kimyasal sensör ve biyosensör teknolojileri gıda paketleme uygulamalarında

kullanımı son yıllarda hızla artmaktadır. Sensörler elektriksel, optiksel, termal ve kimyasal olarak sinyalleri algılamaktadırlar (Gök, 2007).

Tablo 1. Aktif/Akıllı ambalaj sistemleri ve gıdalarda kullanım alanları.

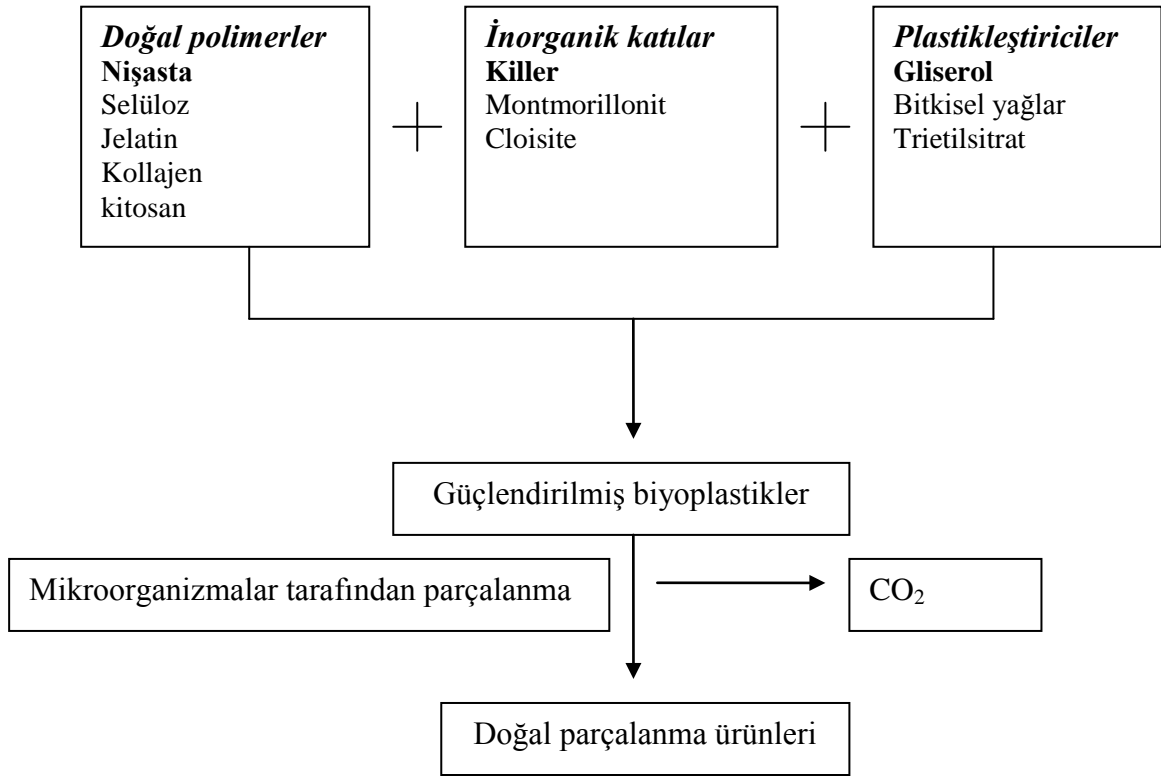
Table 1. Active packaging systems and uses of foods.

Aktif ambalaj sist.	Yapı	Gıda uygulamaları
O ₂ yakalayıcılar	Demir, Metal/asit, Enzim	Ekmek, kek, pizza, peynir, kür edilmiş et ve balık, kuru gıdalar, kahve vb
CO ₂ yakalayıcılar	FeO/Ca(OH) ₂ , Askorbat/NaHCO ₃ , CaO/aktif kömür	Kahve, taze balık ve et, yağlı tohumlar (fıstık vb)
Etilen yakalayıcılar	KMnO ₄ , aktif karbon	Meyve ve sebzeler ve tahıl ürünleri
Etanol yayıcılar	Kapsüle edilmiş etanol	Pizza, kek, ekmek, bisküvi, balık
Nem tutucular	Silika jel, Mineraller	Balık, et ve çiftlik ürünleri, tahıllar, kurutulmuş gıdalar, sebze ve meyveler
Tat/Koku tutucular	Selüloz asetat, sitrik asit, Aktif karbon/zeolit	Meyve suları, balık, ahıllar, çiftlik ürünleri, süt ürünleri ve meyve
Koruyucu madde yayıcılar	Organik asitler, bitki ekstraktı, BHA/BHT, vit.E	Tahıllar, et ve balık, ekmek, peynir, meyve ve sebzeler



Şekil 1. Nanoteknolojinin gıda ve gıda ambalajlama endüstrisindeki potansiyel uygulamaları.

Figure 1. Potential applications of nanotechnology in food and food packaging industries.



Şekil 2. Bionanokompozitlerin oluşumu.

Figure 2. The formation of bionanocomposites.

Nanoteknolojinin balıkçılık ve su ürünlerinde birden çok uygulama vardır. Nanoteknolojide kısa ve uzun vadede balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği alanlarını geliştirmeye yönelik uygulanabilecek olası alanlar şunlardır:

- Yetiştiriciliği yapılan türler için daha etkili balık yemi üretimi; yemin üretimlerinin farklı adımlarında nanoteknoloji uygulamaları ile yem ve yemin içeriğinin fiziksel, kimyasal ve besin kalitesini artırmak,
- Balıkçılık ve su ürünlerinin farklı yönleriyle yeni malzemeler geliştirilmesi; balıkçılık ve su ürünleri ağlarının antifouling (çürüme önleyici) olması, yetiştiricilik tanklarının antibakteriyel maddelerle korunması, deniz ürünlerinin taşımacılığı ve raf ömrünün korunması için yeni paketleme materyalinin oluşturulması, deniz ürünlerin raf ömrü tespiti için yeni cihazların geliştirilmesi, vb. (Rainuzzo, 2009).

Nanoteknoloji sayesinde üretilen antimikrobiyal ambalajlar, sentetik ve doğal antimikrobiyal ajanların bir polimerin içine katılmasıyla veya ambalajın yüzeyine kaplanmasıyla ya da küçük bir torbacıkla paketin içerisine bırakılmasıyla üretilmektedir. Antimikrobiyal paketleme materyalleri mikroorganizmaların logaritmik üreme periyodunu uzatmakta ve gıda güvenliğini sağlayarak raf ömrünü uzatmak için mikroorganizma gelişimini baskılamaktadır. Antimikrobiyal filmlerin, yenilebilir film ve kaplamaların nanopartiküller veya nanodolgularla birlikte, nano boyuttaki kompozitleri oluşturularak elde edilen materyallerin, su ürünlerinin muhafazasında daha etkin koruma sağlayacağı görülmektedir (Dursun ve ark., 2010). Bunun yanında nanobiliminin prensipleri, sadece gıdanın stabilitesini geliştiren ambalajlama sistemini değil aynı zamanda gıdalar da; hassas biyoaktifleri çevreden, depolama ile işleme sırasındaki istenmeyen etkileşimlerinden koruyan bunların yaparken de gıdanın kalitesini düşürmeyen ve sindirim sonrası vücut içerisinde gıdanın hedef bölgeye salınımını sağlayan bir enkapsülasyon sistemini de sağlamaktadır (İlyasoğlu ve El., 2010).

Nanopartiküller veya nanoteknolojik cihazlar ile ürünleri taze tutarak depolama süresini uzatmak için ambalaj malzemelerinde kullanılması veya dahil edilmesi beklenebilir. Bu tip uygulama yakın gelecek için gıda ve nanoteknoloji alanında en önemli gelişme olarak görülmektedir. Yapılan bir çalışmada gıda ambalaj malzemelerine dahil edilen nanopartiküllerin (ör: silikat nanopartikülleri, nanokompozitler ve nano-gümüş, magnezyum ve çinko-oksit) ambalaj bariyer özellikleri arttırdığı görülmüştür (Bouwmeester ve ark., 2008). Antimikrobiyal ambalajlamada, ambalaj materyali olarak plastik veya doğal polimerler (yenilebilirler) kullanılmaktadır. Yeni teknoloji yenilebilir veya yenilemeyen paketlemelerle, gıdalarda mikrobiyal gelişimi engelleyebilmek için antimikrobiyal maddeler bir polimere katılarak kullanılmaktadırlar (Sürengil, 2010). Bu sistemler gıdadan ortama ya da ortamdan gıdaya oksijen, nem ve aroma maddelerinin geçişini sınırlayıp, antimikrobiyal aktivite sağlayarak gıdaların raf ömrünü artırmaktadır (Ayana ve Turhan, 2009). En güncel olarak da gıdaların (özellikle et ürünleri) yüzeylerinde depolama sırasında nem kaybını sınırlayacak antimikrobiyal veya antioksidan içeren yenilebilir kaplamalar kullanılıp geliştirilmektedir. Bu sayede et yüzeylerinde depolama sırasında nem kaybını sınırlandırmak, ürünlerin satışı esnasında korunmasını sağlamak, oksidasyon oluşum oranını azaltmak, tat ve koku kaybını veya değişimini sınırlandırmak, yüzeyde mikrobiyal yükü azaltmakta önemli katkıları olmaktadır (Quintavalla ve Vicini, 2002). Gıdaların korunmasında başka bir yöntem de emici petlere nanoteknoloji ile gümüş nanopartiküllerin emdirilmesi sayesinde iyi bir antimikrobiyal perspektif sunmaktadır. Nitekim yapılan çalışmalarla serbest gümüş iyonların *E.coli* ve *S. aureus* karşı antimikrobiyal etkinlikleri doğrulanmıştır (Fernández ve ark., 2009). Nanoteknoloji gıdalardaki uygulamalarıyla da; daha az yağ kullanımı, besin maddelerinin emiliminin güçlendirilmesi, gelişmiş ambalajlama, izlenebilirlik, gıda ürünlerinin güvenliği, yeni tatlar, dokular ve kokuların geliştirilmesi de dahil olmak üzere, gıda sektörüne bir dizi yeni avantajlar getirmeleri beklenmektedir (Chaudhry ve diğ., 2008).

Nanoteknoloji, gıda ambalajında birçok avantaj sağlamaktadır, bununla birlikte etik ilkelere çevresinde kullanılması gerekmektedir. Toksikite çalışmaları nanopartiküllerin insan sağlığı üzerine zararlı etkileri olabileceğini belirtmekle birlikte bu konuda birçok belirsizlik bulunmaktadır. Yasal düzenlemelerde eksiklik olmasına

rağmen, şu anda piyasada nanoteknoloji ürünü olan birçok ürün bulunmakta ve ürün çeşitliliğinin yakın gelecekte hızla artması beklenmektedir. Nanopartikül içeren ambalaj malzemelerinin gıdalarda kullanımına yönelik migrasyon özellikleri hakkında bilgi henüz mevcut değildir (Ayyıldız, 2008). Nanoteknoloji kökenli gıda ve sağlıklı gıda ürünleri dünya çapında yayılmakta, buna ilave olarak besin maddeleri ve gıda ile temas eden malzemeler içeren taşıyıcılar, çeşitli gıda maddeleri ve katkı maddeleri bazı ülkelerde kullanılmaktadır. Avrupa da gıda sektöründeki uygulamaların şu anki seviyesi bir ilk aşamasında olmasına rağmen, önümüzdeki yıllarda daha yaygın ve daha fazla ürünün AB' de sunulması beklenmektedir (Chaudhry ve diğ., 2008).

Sonuç

Nanoteknolojik ambalajlar gıda sektöründe birçok avantaj sağlamaktadır. Nanoteknoloji, ürünlerin daha ucuz üretimini sağlarken daha dayanıklı hale getirmektedir. Gıdaların ise kalitesini uzun süre korurken çevreye etkileri petrol esaslı plastiklere göre daha az olmaktadır. Bundan dolayı yeni geliştirilen bu ambalajlar üzerinde çalışmalar artmıştır. Fakat kullanımları henüz yaygınlaşmamıştır. Bununla birlikte nanoteknoloji paketleme alanında yenilikçi malzemeler üretme eğilimindedir. Uygun gıdalar için uygun nanoparçacıkların ilave edilmesiyle mekaniksel, termal ve bariyer özellikleri daha güçlü olacaktır. Bu yüzden en çabuk bozulan ürünler olarak su ürünlerinde dayanıklı ve koruyucu ambalaja ihtiyaç gün geçtikçe artmış olsa da bu yeni teknoloji ambalajlar ülkemizde henüz kullanılmamaktadır. Ancak su ürünleri yetiştiriciliği ve işlenmiş ürünlerin paketlenmesi üzerine yapılan çalışmalar ve projeler ileriki zamanlarda bu sektörde kullanımın gelişeceğini göstermektedir. Bunun yanı sıra yeni geliştirilen nanopartiküllerle zenginleştirilmiş gıda maddeleri üzerine ilgi artmakta, çalışmalar bu yönde de ilerleme göstermektedir. Nanoteknoloji kökenli gıdalar ve ambalaj malzemelerinden doğacak zararlar ve riskler büyük ölçüde bilinmemektedir. Yasal ve bilimsel açıdan eksiklikler ilerleyen zamanlarda yapılan çalışmalarla giderilecektir.

Kaynaklar

Ayana, B., Turhan, K.N., (2009). Use Of Antimicrobial methylcellulose films to control *Staphylococcus Aureus* during storage of kasar cheese, *Packaging*

- Technology and Science*, **22**(8): 461-469.
[doi:10.1002/pts.870](https://doi.org/10.1002/pts.870)
- Bouwmeester, H., Dekkers, S., Noordam, M.Y., Hagens, W.I., Bulder, A.S., Heer, C.D., Ten Voorde, S.E.C.G., Wijnhoven, S. W. P., Marvin, H.J.P., Sips, A.J.A.M., (2009). Review of health safety aspects of nanotechnologies in food productio, *Regul Toxicol Pharmacol*, **53**(1): 52–62.
[doi:10.1016/j.yrtph.2008.10.008](https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2008.10.008)
- Boyacıoğlu, D., (2008). Nanoteknoloji ve gıda sistemlerine uygulamaları-süper gıdalara doğru bir yol haritası mı? <http://www.utb.org.tr/makaleler/nanoteknoloji-ve-gida-sistemlerine-uygulamaları-super-gidalara-dogru-bir-yol-haritası-mi.html>
- Brody A.L., (1990). Active Packaging, *Food Engineering*, **62**(4): 87-92.
- Chaudhr, Q., (2009). Nanotechnology for food applications: current status and consumer safety concerns, 2009 Aaas Annual Meeting: Nanofood For Healthier Living?, Chicago 16 February 2009.
- Chaudhry, Q., Scotter, M., Blackburn, J., Ross, B., Boxall, A., Castle, L., Aitken, R., Watkins, R., (2008). Applications and implications of nanotechnologies for the food sector, *Food Additives & Contaminants*, **25**(3): 241-258.
[doi:10.1080/02652030701744538](https://doi.org/10.1080/02652030701744538)
- Çeliker, G., (2006). Nanotechnology in packaging industry and its applications. Yaşar Paint And Chemical Group, 8.
- Dursun, S., Erkan, N., (2009). Yenilebilir Protein filmler ve su ürünlerinde kullanımı, *Journal of FisheriesSciences.com*, **3**(4): 352-373.
[doi:10.3153/jfsc.com.2009040](https://doi.org/10.3153/jfsc.com.2009040)
- Dursun, S., Erkan, N., Yeşiltaş, M., (2010). Doğal biyopolimer bazlı (biyobozunur) nanokompozit filmler ve su ürünlerindeki uygulamaları, *Journal of FisheriesSciences.com*, **4**(1): 50-77.
[doi:10.3153/jfsc.com.201006](https://doi.org/10.3153/jfsc.com.201006)
- Fernández, A., Soriano, E., López-Carballo, G., Picouet, P., Lloret, E., Gavara, R., Hernández-Muñoz, P., (2009). Preservation of aseptic conditions in absorbent pads by using silver nanotechnology, *Food Research International*, **42**: 1105–1112.
[doi:10.1016/j.foodres.2009.05.009](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.05.009)
- Floros, J., Phelps, D., (1997). Pulmonary Surfactant. In: Yaksch TI, Lynch C II, Maze M, Biebuyck Jf, Saidman Lj, Eds. *Anesthesia: Biological Foundations*, New York: Lippincott-Raven: 1257-1279.
- Gök, V., (2007). Gıda paketleme sanayinde akıllı paketleme teknolojisi, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **1**, 45-58.
- Han, J.H., (2000). Antimicrobial Food Packaging, *Food Technology*, **54**: 56-65.
- İlyasoğlu, H., El, S.N., (2010). Nanoemülsiyonlar: Oluşumları, Yapıları Ve Kollodial Salınım Sistemleri Olarak Gıda Sektöründe Kullanım Alanları, *Gıda*, **35**(2): 143-150.
- Joseph, T., Morrison, M., (2006). Nanotechnology in agriculture and food, A Nanoforum Report, May., 1 -14.
- Kankaya, T., Seydim, A. C., (2009). Gıda ambalajlamada nanoteknoloji uygulamaları. *Ambalaj 2009 Sempozyumu*, İzmir. 275-281.
- Kılınc, B., Çaklı, Ş. (2001). Paketleme Tekniklerinin Balık ve Kabuklu Su Ürünleri Mikrobiyal Florası Üzerine Etkileri, *Ege University Journal of Fisheries&Aquatic Sciences*, **18**(1-2): 279-291.
- Kılınc, B., Çaklı, Ş. (2004). Su Ürünlerinin Modifiye Atmosferde Paketlenmesi, *Ege University Journal of Fisheries&Aquatic Sciences*, **21**(3-4): 349-353.
- Mahalik, N.P., Nambiar, A.N., (2010). Trends in food packaging and manufacturing systems and technology, *Trends in Food Science & Technology*, **21**(3): 117-128.
[doi:10.1016/j.tifs.2009.12.006](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.12.006)
- Paul, D.R., Robeson, L. M., (2008). Polymer Nanotechnology: Nanocomposites, *Polymer*, **49**(15): 3187-3204.
[doi:10.1016/j.polymer.2008.04.017](https://doi.org/10.1016/j.polymer.2008.04.017)
- Quintavalla, S., Vicini, L., (2002). Antimicrobial food packaging in meat industry, *Meat Science*, **62**(3): 373–380.
[doi:10.1016/S0309-1740\(02\)00121-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00121-3)
- Rainuzz, J., (2009). Nanotechnology Applications in Fisheries and Aquaculture: Global and Norwegian Opportunities and

- Challenges: A Pre-project.
<http://www.sintef.no/>
- Saklar Ayyıldız, S., (2008). Ambalaj ve Nanoteknoloji,
http://www.gidabilimi.com/index.php?option=com_content&task=view&id=1553&Itemid=57
- Siegrist, M., Stampfli, N., Kastenholz, H., Keller, C., (2008). Perceived risks and perceived benefits of different nanotechnology foods and nanotechnology food packaging, *Appetite*, **51**(2): 283-290.
[doi:10.1016/j.appet.2008.02.020](https://doi.org/10.1016/j.appet.2008.02.020)
- Sorrentino, A., Gorrasi, G., Vittoria, V., (2007). Potential perspectives of bio-nanocomposites for food packaging applications, *Trends Food Science and Technology*, **18**(2): 84-95.
[doi:10.1016/j.tifs.2006.09.004](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.09.004)
- Sözer, N., Kokini, J.L., (2009). Nanotechnology and its applications in the food sector, *Trends in Biotechnology*, **27**(2): 82-89.
- Sürengil, G., (2010). Antimikrobiyal ambalajlama ve su ürünlerinde kullanımı, Lisans Tezi, Danışman Kılınç, B., Ege Üniversitesi, İzmir.
- Şahin, O.I., Bayazit, A.A., (2008). Nanokompozit Filmlerin Gıda Sanayi Uygulamaları, *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, Erzurum.
- Tarhan Ö., Gökmen V., Harsal Ş., (2010). Nanoteknolojinin Gıda Bilim ve Teknolojisi Alanındaki Uygulamaları, *Gıda*, **35**(2): 219-225.
- Vardin, H., Gamlı, Ö.F., (2006). Sogutulmuş Gıda Maddelerinin Ambalajlanması ve Aktif Ambalajlama Teknikleri, *Türkiye 9. Gıda Kongresi*; 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- Vermeiren, L., Devlieghere, F., Van Beest, M., Kruijf, N., Debevere, J., (1999). Developments In The Active Packaging Of Foods, *Trends in Food Science & Technology*, **10**(3): 77-86.
[doi:10.1016/S0924-2244\(99\)00032-1](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00032-1)