

**NANOTEKNOLOJİ VE GIDA SANAYİİNDE  
UYGULAMA ALANLARI  
KAHRAMAN ALPER YALÇIN  
Yüksek Lisans Tezi  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı  
Danışman: PROF. DR. ŞEFİK KURULTAY**

**2010**

T.C

NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**NANOTEKNOLOJİ VE GIDA SANAYİNDE UYGULAMA ALANLARI**

KAHRAMAN ALPER YALÇIN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. ŞEFİK KURULTAY

TEKİRDAĞ-2010

Her Hakkı Saklıdır

Prof.Dr.Şefik Kurultay danışmanlığında, Kahraman Alper Yalçın tarafından hazırlanan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Nanoteknoloji ve Gıda Sanayiinde Uygulama Alanları tezi olarak kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof.Dr.Şefik Kurultay

İmza :

Üye : Yrd.Doç.Dr.Tuncay Gümüş

İmza :

Üye : Yrd.Doç.Dr.Serdar Polat

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun

tarih ve

sayılı

kararıyla onaylanmıştır.

Doç.Dr.Fatih Konukçu

Enstitü Müdürü

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Nanoteknoloji ve Gıda Sanayiinde Uygulama Alanları

K.Alper YALÇIN

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman :Prof. Dr. Şefik Kurultay

Nanoteknoloji, maddeler üzerinde nanometre ölçeğindeki boyutlarda gerçekleştirilen tasarım, üretim, uygulama, düzenleme ve kontrol gibi çalışmalar anlamına gelmektedir. Nanoteknoloji genel olarak 10–100 nm veya daha küçük boyutlardaki maddelerle ilgilenmektedir. Gıdalardaki proteinler, 10–100 nm boyutları ve globüler yapıları ile gerçek nano-partiküller olarak nanoteknolojik çalışmalara konu olmaktadır. Birçok polisakkarit ve katı yağlar bir nm’ den küçük boyutları ile nano yapıda lineer polimerlere örnek gösterilebilir. Jelleşme özelliğindeki gıdalarda katı partiküllerin dispersiyon fazı içinde homojen dağılması, emülsiyonlarda 2 ve 3 boyutlu moleküler ağ yapısından yağ ve su fazlarının ayrılması, nişasta çözeltisinin kaynatılarak eritilmesi ve jelleşmesi sırasında oluşan üç boyutlu kristal yapılarındaki değişim aslında hep nano boyutta gerçekleşen olaylardır. Çalışmada, nano teknoloji bilimi, birçok gıda isleme ya da pişirme yönteminin gıda içindeki nano yapıda doğal bir modifikasyona ya da yeni nano yapıların oluşumuna yol açtığı, nano bilim sayesinde bu işlemlerin çok daha iyi anlaşılabilceği ve mevcut isleme yöntemlerinin geliştirilebileceği, nanoteknolojinin daha iyi bir hammadde seçimi ve gıda ambalaj maddeleri üretiminde kullanımı ile nanoteknoloji sayesinde geliştirilen likopen gibi sentetik partiküllerin oluşumu ele alınmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Nanoteknoloji, Gıda Ambalajlama

**2010, 41 sayfa**

## ABSTRACT

### MSc. THESIS

#### Nanotechnology and Its Application Areas in Food Industry

K.Alper YALÇIN

Namık Kemal University

Institute of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor :Prof. Dr. Şefik Kurultay

Nanotechnology means studies such as design, production, application, regulation and control realized on materials in nanosized scales. Nanotechnology is generally concerned with materials of 10-100 nm or smaller sizes. Proteins in foods have been subject to nanotechnology studies as real nanoparticles with their size of 10-100 nm and with their globular structures. Many polysaccharides and solid oils can set examples nanostructured linear polymers with their size smaller than 1 nm. Homogenous diffusion of solid particles of foods that have gelation properties, separation of fat and water residues from 2 or 3 dimensional network structures in emulsions, change in three dimensional crystal structures during melting and gelation of starch by boiling are all issues happening in nanosize. In the study, nanotechnology science that helps formation of novel nanostructures or a natural modification of food processing or cooking methods in foods, a better understanding of nanotechnology and current processing methods due to this technology, better raw material selection for nanotechnology and their use in food packaging and formation of synthetic particles such as lycopene that are developed by nanotechnology were considered.

**Key Words:** Nanotechnology, Food Packaging

**2010, 41 pages**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	v
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR BİLGİSİ</b> .....	<b>5</b>
2.1 Nanoteknolojinin Tanımı ve Amaçları .....	5
2.2 Nanoteknolojinin Kullanım Alanları .....	8
2.3 Nanoteknolojinin Güven Sorunu ve Potansiyel Riskleri .....	11
2.3.1 Gıda İçermeyen Nano parçacıkların Zehirlilik Oranı .....	11
2.3.2 Nano parçacıkların Vücuda Üç Olası Giriş Yolu .....	12
<b>3. NANOTEKNOLOJİNİN GIDA SANAYİNDE UYGULAMALARI</b> .....	<b>15</b>
3.1 Paketleme ve Gıda Güvenliği .....	22
3.1.1 Yenilebilir Nano Kaplamalar .....	27
3.2 Nanosensörler .....	27
3.3 Gıda İşleme .....	29
3.3 Diğer Uygulamalar .....	30
<b>4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b> .....	<b>35</b>
<b>5.KAYNAKLAR</b> .....	<b>38</b>
ÖZGEÇMİŞ .....	41

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Bilim ve teknolojideki temel gelişmeler .....	2
Şekil 2.1. Nanometre boyutunu anlatan örnekler .....	6
Şekil 2.2. 2004 Yılı içerisinde nanoteknoloji tabanlı AR-GE yapan, üreten, satan ve kullanan şirketlerin alanlara göre dağılımı .....	11

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 1.1. 2015’te Dünyada nanoteknoloji için ayrılan paradan pay alacak sektörler .....	2
Çizelge 1.2. Dünyada nanoteknoloji yatırımları .....	3
Çizelge 2.1. Birleşmiş milletler milenyum hedefleri kapsamında, gelismekte olan ülkelerde yapılan nanoteknoloji çalışmalarında ilk on sıra .....	9
Çizelge 3.1. Nano gereçlerin tarım, gıda ve gıda paketlemede mevcut kullanımı .....	19
Çizelge 3.2. Gıda sanayisinde ki nanoteknoloji araştırmaları, nano ürünleri ve nano teknoloji uygulamaları örnekleri .....	20
Çizelge 3.3. Nano paketleme sırasında kimyasal çıkışları .....	27
Çizelge 3.4. Tarım ve gıdada nanoteknoloji uygulamalarına genel bakış .....	30
Çizelge 4.1. Nano gıda düzenlemelerini geliştirmek üzere bir dizi öneri .....	36

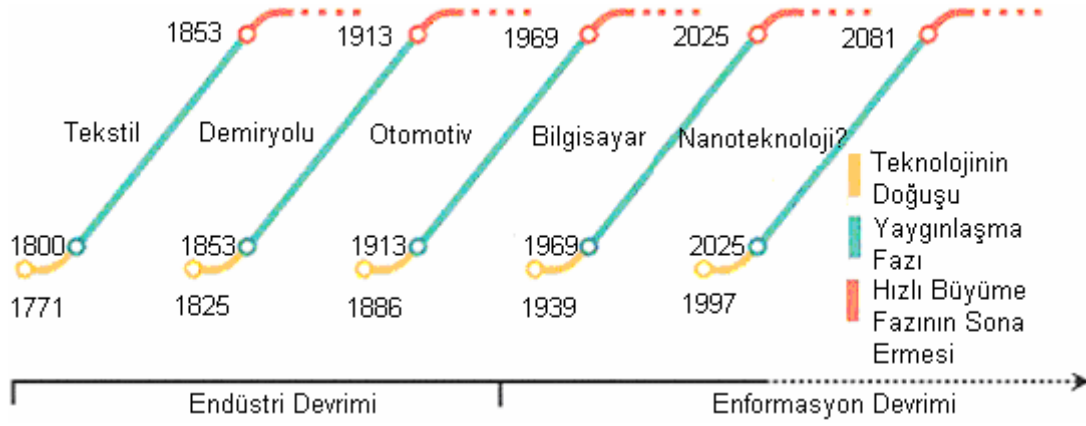


## 1. GİRİŞ

İnsanlar ilkçağdan beri doğayı tanımaya çalışmışlardır. Hayatta kalmanın ve daha iyi yaşam koşullarının yollarını araştırmışlardır. Bu esnada ateşi keşfetmişler, kesici aletler bulmuşlardır. Günlük hayattaki mücadeleleri sonucu bilgi birikimine sahip olmuşlardır. Bu bilgi birikimleri sayesinde bilim oluşmuştur. Uygulamaya yönelik bilimsel çalışmalar sonucu, insan hayatını kolaylaştıran ürünler üreilmeye başlanmıştır. Yani “teknoloji” olarak adlandırılabilen kavram ortaya çıkmıştır.

20. yüzyılın sonunda bilim adamları nanometre ölçülerinde bilime yönelmişlerdir. Atomların doğrudan görüntülerini veren taramalı tünelleme mikroskobunun ve bundan türetilen atomik kuvvet mikroskobunun keşfi, nanometre boyutlarında fiziğe ve kimyaya çok güçlü bir göz kazandırmıştır. Bu mikroskoplarla nanometre aleminde çeşitli süreçleri, etkileşimleri, kimyasal reaksiyonları gözlemek ve atomları tek tek kontrollü bir şekilde istenen yerlere taşıyıp yapay malzemeler oluşturmak mümkündür. Bilimde elde edilen gelişmeler ve varılan bu sonuç nanometre boyutlarında malzemelerin teknolojiye ne kadar büyük olanaklar kazandırabileceğini göstermiştir. Otomotiv ve benzeri imalat sanayilerinde kar marjlarının düşmüş olduğunu gören ABD’deki iktisatçılar bu olanakları herkesten önce görüp Başkan Clinton’ı etkileyerek nanoteknolojiyi öncelikli alan olarak ilan ettirmişlerdir. Bundan sonra, 1997’den itibaren konu bütün dünyada hızla gelişmiştir. Şimdi nanoteknoloji bilgisayar devrimini izleyen ve 21. yüzyıla damgasını vuracak bir teknoloji devrimi olarak değerlendirilmektedir (Çıracı 2007).

Şekil 1.1’de her asırda iki kez insanoğlunun refahını arttıran bilim ve teknolojideki temel gelişmeler gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Bilim ve teknolojideki temel gelişmeler (Çıracı 2007)

Nanoteknolojinin sağlamış olduğu üstün özelliklerden yararlanarak çeşitli alanlarda (tıp, elektronik, savunma, tekstil vb) yeni ürünler elde edilebilmektedir. Hızlı bir şekilde gelişen nanoteknoloji pazarının 2015 yılında 1 trilyon dolarlık bir ciroya ulaşacağı tahmin edilmektedir. Nanoteknoloji malzemelerinin Pazar büyüklüğünün 340 milyar doları aşacağı, elektronikteki nanoteknolojik ürünlerin ise 300 milyar doları bulacağı belirtilmektedir (Çizelge 1.1.) (Ersan 2006).

**Çizelge 1.1.** 2015' te Dünyada nanoteknoloji için ayrılan paradan pay alacak sektörler (Ersan 2006)

SEKTÖR	PAY (\$)
Malzeme Bilimi	340 Milyar
Elektronik	300 Milyar
Eczacılık	180 Milyar
Kimya&Petrol	100 Milyar
Uçak Sanayi	70 Milyar
Sağlık-Bakım-Kozmetik	30 Milyar
Cihaz-Aletler	20 Milyar
Üretim Teknikleri	45 Milyar
Gıda	20 Milyar
<b>TOPLAM</b>	<b>~1 Trilyon Dolar</b>

Yeni yüzyılda kritik bir teknoloji devrimi olarak görülen nanoteknoloji hala kuluçka döneminindedir. Bu kritik teknolojinin 2025 yılına kadar gelişmesini tamamlaması ve hayatın

her alanına girmesi beklenmektedir (Bayındır 2007). Birçok ülke nanoteknolojiye yatırım yapmış bulunmaktadır. Bu ülkelerin 2003 yılında nanoteknolojiye yapmış oldukları yatırımın miktarı ve devlet katkısı Çizelge 1.2.' de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.2.** Dünyada nanoteknoloji yatırımları (Özbay 2007)

<b>Nanoteknoloji Yatırımları</b>	<b>2003 Nanoteknoloji (Milyon \$)</b>	<b>Devlet Katkısı (%)</b>
Japonya	1,610	50
ABD	1,524	51
Çin	480	58
Güney Kore	280	71
Almanya	218	54
Avustralya	193	48
İngiltere	160	56
Tayvan	115	35
Fransa	90	56
İsrail	50	40
Hindistan	45	44
Finlandiya	33	55
Kanada	31	52
Singapur	30	50
Diğerleri	685	50
<b>Dünya Toplamı</b>	<b>5,544</b>	<b>52</b>

Çizelge 1.2.' de görüldüğü gibi 2003 yılında nanoteknolojiye en fazla yatırımı Japonya yapmıştır. Japonya' yı, ABD ve Çin takip etmiştir. Yatırım yapan ülkeler arasından en çok devlet desteği gören ülke ise Güney Kore' dir. Buna rağmen Güney Kore; Çin, ABD ve Japonya' yı geçmeyi başaramamıştır. Çizelge 1.2.' de Türkiye' nin adının olmaması dikkat çekmektedir.

Yukarıda anlatılanlardan da görüleceği üzere her dönemde insan yaşamını derinden etkileyen devrim niteliğinde bilimsel ve teknolojik gelişmeler oluşmuştur ve bu gelişmelere öncülük eden ülkeler gelişmiş ülkeler olarak tanımlanabilmektedirler.

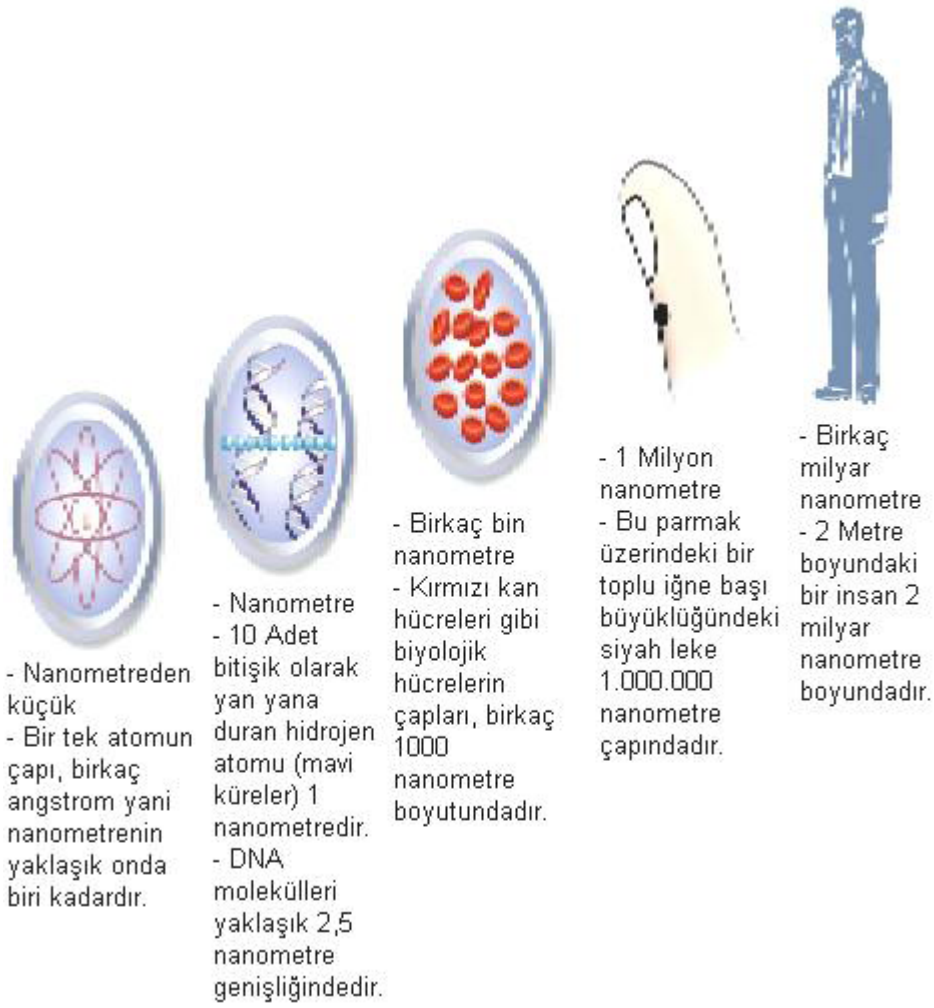
Türkiye bugüne kadar teknoloji tüketen bir ülke olmuştur ve teknoloji üretmemenin cezasını teknoloji üreten ülkelere çok büyük miktarlarda para ödeyerek çekmiştir. Nanoteknoloji, gelişmekte olan yeni bir teknolojidir. Bu teknolojiyi kullanarak üstün niteliklere sahip malzemeler elde etmek mümkündür. Üretim sırasında harcanan para az olmakla beraber, bu teknolojiyi kullanarak üretim yapamayan ülkelere yapılan satışlar neticesinde çok fazla miktarda kar elde edilmektedir. Yani nanoteknoloji sayesinde katma değeri yüksek ürünleri elde etmek mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada; nanoteknoloji uygulama alanları ve dünyadaki ve Türkiye' deki durumu hakkında bilgi verilmiştir. Nanoteknolojinin gıda sanayindeki uygulamaları detaylı olarak incelenmiştir.

## 2. LİTERATÜR BİLGİSİ

### 2.1. Nanoteknolojinin Tanımı ve Amaçları

“Nanoteknoloji” kavramı; nano ve teknoloji kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. “Teknoloji” kelimesinin anlamı, 1. bölümde detaylı olarak açıklandığı için bu bölümde tekrar açıklanmayacaktır. “Nanoteknoloji” tanımına geçmeden önce “nano” kelimesinin anlamını açıklamakta fayda görülmüştür. Nano, Yunanca “cüce” demektir. Nano ile tanımlanan ifadeler, herhangi bir ölçünün milyarda birini gösterir. Örneğin; nanometre, metrenin milyarda birini ( $1 \text{ nm}=10^{-9} \text{ m}$ ) ifade etmektedir. Nano yapılar uzunluk olarak bakıldığında yaklaşık 10-100 atomluk sistemlere ( $10^{-9}$  metre) karşılık gelmektedirler. İnsan saç teli çapının yaklaşık 100.000 nanometre olduğu düşünülürse ne kadar küçük bir ölçekten bahsedildiği daha rahat anlaşılmaktadır. Atomlar bakterilerin 1/10000, bakteriler ise bir sivrisineğin 1/10000 büyüklüğündedirler. Bir bakterinin içindeki ribozom 25 nm, bir DNA molekülü ise 2 nm çapındadır. Nanoteknoloji, atomlarla oynayan bir teknolojidir. Atom ve molekülleri tek tek manipüle ederek istenilen yapının oluşturulması ilkesine dayanır. Atomlar ayrı ayrı işleme tabii tutulur. Yaklaşık 100-1000 atom bir araya gelerek nano ölçeklerde bir nesneyi oluşturmaktadır. Nanoteknoloji de bu bağlamda “çok küçük maddelerin teknolojisi” olmaktadır (Özdoğan ve ark. 2006; Balcı 2006) 1 nanometre, hidrojen atomunun çapının sadece 10 katıdır. Ne kadar küçük olduğunu canlandırmak zordur; boyutları giderek küçülen transistorlü radyolar, cep telefonları vb aygıtlar nanoteknoloji dünyasında yeri olmayan dev yapılardır. Nanoteknoloji kapsamına giren malzemeler için 100 ile 1 nanometre (nm) (1/10 milyon metre ile 1/1 milyar metre) arasındaki herhangi bir büyüklük (uzunluk, genişlik veya kalınlık) ifade edilmektedir. Sadece bir tek boyutu nanometre mertebesinde olsa da, ultra incelikteki kaplamalar da nanoteknoloji kapsamındadırlar. Örneğin bu durum, seramiklerde (kendi kendini temizleyen seramik taşları), duvar renklerinde (kendi kendini temizleyen ev cepheleri) veya camlarda kendini göstermektedir. ABD Ulusal Bilim Vakfı, “yaklaşık 1-100 nanometre uzunluk ölçeğinde yapılan araştırmalar ve kaydedilen teknolojik gelişmeler; bazı durumlarda kritik uzunluk ölçeği 1 nm’ nin altında ya da 100 nm’ nin üstünde olabilir” şeklinde bir tanımda bulunmuştur (Kut ve Güneşoğlu 2005; Anonymous 2004). Şekil 2.1.’ de nanometre boyutunu anlatan örnekler verilmiştir.



**Şekil 2.1.** Nanometre boyutunu anlatan örnekler (Cireli ve ark. 2006; Bozkaya 2006)

Yukarıdaki örneklerden de görüldüğü üzere; nano parçacıklar virüslerden yüz defa daha küçüktürler, böylece insan gözü tarafından algılanamamaktadırlar. Aşırı derecede küçük boyutlara sahip bu yapılar için, çevremizdeki nesnelere için geçerli olan fiziksel ve kimyasal yasalar geçerli değildir. Yani belli bir hacim kaplayan bir madde bir veya birden fazla boyutta (uzunluk, genişlik veya kalınlık) nanometre ebatlarında veya bundan daha küçük parçacıklara bölündüğünde, taneciklerin her biri kendi başına en başta belli bir hacmi olan bu maddenin özelliklerinden çok farklı ve beklenmedik özelliklere sahip olmaktadır. Örneğin, nano ölçekteki malzemelerin iletim özellikleri (momentum, enerji ve kütle) artık sürekli olarak değil ancak kesikli olarak tarif edilmektedir. Benzer olarak, optik, elektronik, manyetik ve kimyasal davranışlar klasik değil kuantum olarak tanımlanmaktadır (Anonymous 2004; Qian ve Hinestroza 2004; Özdoğan ve ark. 2006). Normalde kırılğan bir malzeme olan seramik, tanecik büyüklüğü nanometre değerine indirildiğinde kolaylıkla deforme olup

şekillendirilebilmektedir. 1 nm büyüklüğündeki altın tanesi kırmızı renk göstermektedir(Kut ve Güneşoğlu 2005).

Nano ölçeğin çok önemli olmasının sebepleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir (Xin 2006):

- Madde içerisindeki elektronların dalgalanma özellikleri nanometre ölçeğindeki değişimlerden etkilenir.
- Kimyasal bileşimi değiştirmeksizin, nanometre uzunluk ölçeğinde maddenin; erime sıcaklığı, mıknatıslanma, şarj kapasitesi vb. temel özelliklerini değiştirmek mümkündür.
- Nano ölçekli bileşenler çok yüksek yüzey alanına sahiptirler, bu da onları; kompozit malzemeler, çekirdek reaktörleri, ilaç dağıtımı ve enerji depolamada kullanmak için ideal yapar.
- Nano ölçekte, yüzey gerilimi ve lokal elektromanyetik etkiler nano yapıları malzemeleri daha sert ve daha az kırılabilir yapıya dönüştürmektedir.
- Çeşitli dış dalga olaylarının dalga boyu ölçeğindeki etkileşimi malzemelerin öz boyutları için kıyaslanabilir hale gelir, malzemeleri çeşitli optoelektronik uygulamalar için uygun yapar.

Nanoteknoloji çeşitli şekillerde tanımlanabilmektedir. Nanoteknoloji; atomik ve moleküler boyutlardaki yapıların ticari bir amaca hizmet edebilecek şekilde düzenlenmesidir. Nanobilimden yola çıkarak da nanoteknolojinin tanımını yapmak mümkündür. Nanoölçeklerde yapılan bilimsel çalışmalara nanobilim denmektedir. Uygulamaya dönük nanobilime, nanoteknoloji denmektedir(Bozkaya 2006b; Özbay 2006).

Nanoteknoloji, maddenin atomik-moleküler boyutta mühendisliğinin yapılarak yepyeni özelliklerinin açığa çıkarılması; nanometre ölçeğindeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayların anlaşılması, kontrolü ve üretimi amacıyla, fonksiyonel materyallerin, cihazların ve sistemlerin geliştirilmesidir. Bir başka ifade ile çeşitli araçların, malzemelerin ve yapıların moleküler düzeyde işlenmesi, oluşturulması ve manipüle edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Bir başka tanımlamaya göre ise nanoteknoloji; nanometre ölçekli yapıların analizi, imalatı ve nano hassasiyette cihazların geliştirilmesi olarak özetlenebilir. Diğer bir tanımlamaya göre

nanoteknoloji; en az bir boyutu nanometre ölçeğinde olan materyal ve aletlerin tasarımı, sentezi, karakterize edilmesi ve uygulamasıyla ilgili mühendislik ve bilim dalıdır. (Kut ve Güneşoğlu 2005; Erkan ve ark. 2005; Şenol ve ark. 2005).

Nanoteknolojinin sağlayacağı imkanlar kısaca şöyle sıralanabilir (Hasenoğlu 2009):

- Her atomu tam istenilen yere yerleştirme imkanı
- Fizik ve kimya kurallarının mümkün kıldığı hemen hemen her şeyi atom seviyesinde üretebilme imkanı
- Üretim maliyetlerinin hammadde maliyetlerini geçmediği ekonomik üretim imkanı

Nanoteknolojinin amaçları aşağıda verilmiştir (Bozkaya 2006):

- Nanometre ölçekli yapıların analizi,
- Nanometre boyutunda yapıların fiziksel özelliklerinin anlaşılması,
- Nanometre ölçekli yapıların imalatı,
- Nano hassasiyetli cihazların geliştirilmesi,
- Nano ölçekli cihazların geliştirilmesi,
- Uygun yöntemler bulunarak nanoskopik ve makroskopik dünya arasındaki bağın kurulması,
- Alışıldandan farklı ve üstün malzeme özellikleri /üretim süreçlerinin elde edilmesi,
- Daha dayanıklı, daha hafif, daha hızlı yapılar,
- Daha az malzeme ve enerji kullanımı.

## **2.2. Nanoteknolojinin Kullanım Alanları**

Nanometre ölçeklerinde malzemelerin sahip oldukları üstün fiziksel özellikleri kullanarak çeşitli alanlarda (bilişim ve iletişim, elektronik, biyoteknoloji, gıda, farmakoloji, tıp, savunma, tekstil, makine ve inşaat sanayileri vb) teknolojik devrim niteliğinde yeni ürünler elde edilebilmektedir ve bu ürünlerden ciddi gelirler elde edilmektedir. Örnek olarak otomobil sanayisinde kullanılan kompozit malzemelerdeki “nanokiller” ve telekomünikasyon alanında “kuantum kuyu lazerleri” gösterilebilir (Özdoğan ve ark. 2006; Başaran 2002).

Nanoteknolojinin kullanım ve uygulama alanları 3 ana başlık altında toplanabilir (Doğan 2001);

1-Endüstriyel Alan: Mikro makineler, mikro pompalar, mikro sensörler geliştirme, optoelektronik elemanların imali, bir araya getirilmesi, nano boyutlu kaplamalar, monolayer



katalizörlerle tepkimelerin kontrolü, nano boyutlu elemanlar arası bağlantılar, chip ve CD üretimi.

2-Tıp ve Sağlık Alanı: Mikro-nano cerrahi( özellikle göz ve beyin cerrahisinde), diyagnostik kitler, hücre, doku ve moleküler (DNA gibi) hasar belirlenmesi ve onarımı.

3- Bilimsel Araştırmalar:Yüzey karakterizasyonu ve modifikasyonu, mikroorganizmaların taşınması, DNA modifikasyonu.

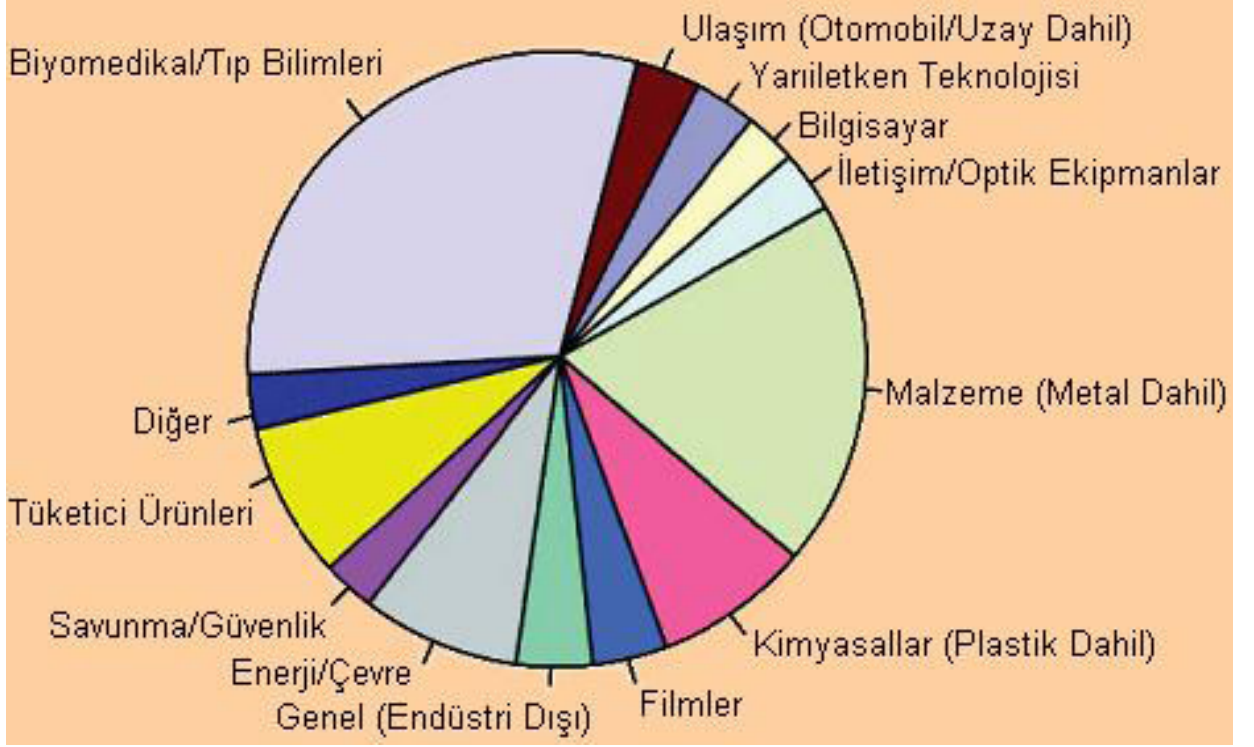
Birleşmiş Milletlerin belirlemiş olduğu hedefler kapsamında nanoteknoloji çalışmalarında ilk on sıra Çizelde 2.1' de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.1.** Birleşmiş milletler milenyum hedefleri kapsamında, gelişmekte olan ülkelerde yapılan nanoteknoloji çalışmalarında ilk on sıra

Sıra	Nanoteknoloji uygulama alanı	Örnekler
1	Enerji Depolama, Üretim ve dönüşüm	Karbon nanotüp ve diğer hafif malzemeler kullanarak hazırlanan hidrojen depolama sistemleri
		Kuantum noktacıklardan hazırlanmış fotovoltaik hücreler, organik ışık yayan cihazlar
		Güneş panelleri için karbon nanotüp esaslı kompozit filmler
		Hidrojen üretmek için nano katalizörler
		Protein-polimer hibrit biyoesinli membranlar
2	Tarımsal verimliliğin artırılması	Bitkiler ve çiftlik hayvanları için kontrollü su, gübre, ilaç salınımı için nano gözenekli zeolitler
		Zararlı bitkileri bertaraf etmek için hazırlanan nanokapsüller-kontrollü salınım
		Bitki sağlık kontrolü ve toprak kalitesinin kontrolü için sensörler (algılayıcılar)
		Topraktaki kontaminasyonun uzaklaştırılması için nanomanyetik parçalar
3	Su ıslahı ve saflaştırma	Su saflaştırılması, zehirli maddelerin uzaklaştırılması ve tuzsuzlaştırmak için nanomembranlar
		Patojen bakterilerin ve kontaminasyonların belirlenmesi için sensörler
		Su saflaştırmak için nanogözenekli zeolitler, nanogözenekli polimerler, attapulgit kil
		Su saflaştırma ve iyileştirmek için manyetik nano parçacıklar
		Sudaki organik kirleticilerin TiO <sub>2</sub> nano parçacıklar ile katalitik olarak uzaklaştırılması
4	Hastalık tanı ve	Nanolitre sistemler (yonga üzerinde laboratuvar)
		Karbon nanotüp esaslı nanosensörler

	izleme	Hastalık tanısında kuantum parçacıklar
		Nanosensör olarak manyetik nano parçacıklar
		HIV ve Kanser tanısında kullanılan antibody-dendrimer konjugatlar
		Hastalık tanısında nanotel-nanoribon sensörler
		Medikal imajı iyileştirecek nano parçacıklar
5	İlaç taşıma	Kontrollü ilaç salınımı için nanokapsüller, denrimerler, lipozom, nano biyomanyet parçacıklar
6	Gıda isleme ve paketleme	Gıda paketlemesinde kullanılan film ve kaplama malzemelerinde nano kompozit uygulamaları
		Gıda ekipmanları, paketleri yada gıdalarda dekontaminasyonun antimikrobiyal emülsiyonlarla sağlanması
		Patojen tanısı için Nanoteknoloji esaslı antijen tanısı yapan biyosensörler
7	Hava kirliliği ve önlenmesi	Hava kirliliği yapan organiklerin TiO <sub>2</sub> nano parçacık esaslı fotokatalitik parçacıklar ile temizlenmesi
		Araçlarda kullanılan katalitik konvertörlerin daha hafif, daha ucuz ve daha aktif nano katalizör ile hazırlanması
		Toksik malzemelerin ve kaçakların nanosensörler ile tanınması
		Nanoaygıtlar ile gaz separasyonu
8	Yapı - İnşaat	Asfalt ve Beton yapıları (su deformasyonuna karşı) daha dayanıklı yapmak için nanomoleküler yapılar
		İnfrared ışın ve zararlı UV ışınları önleyici ısı ve UV direnci olan nano parçacıklar
		Ucuz ve hafif yapılar, özelliği geliştirilmiş kaplamalar, ses ısı izolasyonu için Nano malzemeler
		Kendi kendini temizleyen ve antimikrobiyal kaplamalar
9	Sağlık	Hastalarda seker, kolesterol ve CO <sub>2</sub> miktarını anında belirleyen nanotüp-nanoparçacık sensörler
10	Haşere Kontrolü	Haşere tespiti için nano sensörler
		Pestisit, insektisit ve insekt uzaklaştırıcı olarak kullanılan nano parçacıklar

Şekil 2.2.'de 2004 yılı içerisinde nanoteknoloji tabanlı AR-GE yapan, üreten, satan ve kullanan şirketlerin alanlara göre dağılımı verilmiştir.



**Şekil 2.2.** 2004 Yılı içerisinde nanoteknoloji tabanlı AR-GE yapan, üreten, satan ve kullanan şirketlerin alanlara göre dağılımı

- Şekil 2.2.'den görüldüğü gibi, nanoteknoloji araştırmaları iki konuda, malzeme ve tıp alanında hızlı bir gelişme göstermiştir. Kısa vadede, insanlığın hizmetine sunulacak ürünlerin bu alanlarda olması beklenmektedir (Bayındır 2007b).

## 2.3. Nanoteknolojinin Güven Sorunu ve Potansiyel Riskleri

### 2.3.1. Gıda İçermeyen Nano parçacıkların Zehirlilik Oranı

Nanoteknoloji zaten insanların kaygılarını ve tartışmaları ateşlemiştir. Nano maddeler (karbon nano-tüpü, gümüş, silisyum dioksit, titanyum dioksit ve çinko oksit gibi) makro ölçeklerde bulunmayan özelliklere sahiptir ve tahmin edilemeyen güven sorunlarıyla sonuçlanabilir. Örneğin uyuşturucu özelliğinden dolayı dışçilikte kullanılan alüminyum oksit kendiliğinden nano ölçekte bir patlamaya sebep olabilir ve roket yakıtı olarak test edilmektedir. Yeni geliştirilmiş parçalara, maddelere ve araçlara maruz kalan insanlara yönelik mevcut riskler ve potansiyel zararlar konusunda bilimsel olarak çok az sayıda sağlam kanıt bulunmaktadır. Genel olarak nano parçacıkların vücuda etkileri parçacığın boyutuna, kütlesine, kimyasal

bileşimine, yüzey özelliklerine ve bir araya getirilme şekillerine dayanmaktadır. Nano parçacıkların insan vücuduna girme miktarı, nüfuz alanı, muhtemel birikimi, nano parçacıkların vücutta yer değiştirmesi nano ölçüde bulunan maddelerin potansiyel risklerini belirler(Chau ve ark. 2007). Nano zehirlilik için birkaç kriter belirlenebilir:

1. Nano parçacıklara maruz kalma değerlendirilmesi
2. Nano parçacıkların zehirliliği
3. Mevcut zehir biliminden yararlanarak elde edilen verileri kullanan nano parçacık zehirliliğini görebilme
4. Nano parçacıkların çevresel ve biyolojik akıbeti, nakli, sürekliliği ve dönüşümü
5. Nano maddelerin geri dönüşebilirliği ve sürdürülebilirliği (Chau ve ark. 2007)

Mart 2006'da elde edilen raporlara göre 70'ten fazla insan nano teknolojik banyo temizleyicisi kullanımının ardından solunum problemleri nedeniyle hastaneye kaldırılmıştır. 50-70 nm boyunda nano parçacıklar hücre ve akciğerlerden geçebilirken, 30 nm boyundakiler kan ve beyin bariyerlerinden bile geçebilmektedir. Solunum sistemiyle beraber dolaşım sistemine geçerek karaciğer, böbrek, kemik iliği, kalp, beyin ve diğer organlara işlemektedir. Oberdörster, Ferin ve Lehnert'ten(1994) elde edilen bulgular, düşük zehirli yüksek derecede çözünmeyen titanyum dioksit nano parçacıklarının solunmasıyla akciğer iltihabı oluştuğunu göstermiştir. Titanyum dioksit nano parçacıklar ciltten hatta hücrelerden geçer ve bağımsız radikaller oluşturarak hücre içi hasara sebep olmaktadır. Diğer bazı çalışmalar karbon nano parçacıkların bulunduğu bir ortama uzun bir süre maruz kalmanın akciğer iltihabına sebep olup, bunların kan damarlarına yayılımında daha ileri damar hastalıklarıyla sonuçlandığını göstermiştir. Büyük miktarlarda biriken nano-tüplerin ve metal artıkların varlığı yapay zehirlenmeye de sebep olabilir(Chau ve ark. 2007).

### **2.3.2. Nano parçacıkların Vücuda Üç Olası Giriş Yolu**

Küçük boyutlarından dolayı nano parçacıkların vücuda girmesi ve organlar arasında yer değiştirmesi hususunda vücut içerisinde hasara yol açabilecek üç muhtemel yol vardır. Bunlar ciltle temas, soluma ve yeme yoluyla gerçekleşebilir. Nano-maddelerin muhtemel hasarları konusunda yeterli bilgi bulunmamasından dolayı bu bilgiler yeterince yaygınlaşana kadar, kullanımları daha sıkı bir kontrol altında olmalıdır. Nano-maddelerin kontrolünün düzgün sağlanması için The Committee On Chemical Safety Of the American Chemical Society tarafından laboratuvar güvenlik kuralları hazırlanmıştır(Chau ve ark. 2007).

## **Temas Yoluyla Maruz Kalma**

Nano-maddelerin vücuttaki etkileri dıştaki koruma katmanına olan nüfuz gücüne ve epidermis ile dermis kısmına ulaşabilme kabiliyetine bağlıdır. Sağlıklı bir epidermis ve sağlam bir deri nano yapılı parçacıklara karşı mükemmel bir koruma yeteneğine sahiptir. Yağlar ile yapılmış keratinize olmuş ölü hücrelerden oluşan korun (stratum korneum) çoğu kimyasalların, suda çözünebilen moleküllerin ve iyonik bileşenlerin cilt tarafından emilişini yavaşlatıcı bir öge(10 mikrometre) olarak hareket eder. Tinkle'ın(2003) verilerine göre hareketle uyumlu olan sağlam florasan mikrosferleri veya dekstran çubukları(1 mikrometreye kadar) korunlar üzerinde nüfuzlu olabilir ve epidermis ile dermise ulaşabilir. Nano parçacıklar dermisin içine nüfuz ettikten sonra lenf aracılığıyla bölgesel lenf boğumuna doğru yol alır. Kreilgaard (20nm) çok küçük titanyum dioksit parçacıkların deri içine nüfuz edebileceğini ve sindirim sistemiyle etkileşim içerisinde olduğunu iddia etmektedir. Hatta hidroksit köklerinin nano-maddeler(titanyum oksit, çinko oksit) tarafından foto oluşumu, deride oksidatif zarara yol açabilir. Şimdiye dek nano-maddelerin deri üzerindeki zararları konusunda çok az bilgi mevcuttur ve tartışmalar daha çok etkileşim mekanizması ve muhtemel sağlıksal sonuçları üzerine yoğunlaşmış durumdadır (Chau ve ark. 2007).

## **Soluma**

Küçük boyutlu katı maddeler aerodinamik çapları 10 mikrometreden ufakken burun boşluğundan akciğere geçebilirler. 4nm'den küçük parçacıkların %50 oranında dışın yuva bölgesine nüfuz etme olasılığı vardır. Parçacıklar ne kadar küçük ise akciğerde o kadar derine gidebilirler. Parçacığın boyutu, kütlesi, kimyasal oluşumu, örnek tipleri ve birikim oranı ve solunan maddelerin temizliği, onların akciğer zehirliliğini ve patojenik etkisini belirler. Düşük çözünürlüğe sahip çok küçük parçacıklar kütle temeli için kütle üzerinde büyük olanlardan daha zehirlidir. Küçük boyutundan dolayı parçacıklar akciğerin derinliklerine inebilir. Bazı nano parçacıklar (titanyum dioksit, karbon boru gibi), solunduğunda akciğerde birikebilir ve akciğer iltihabı, akciğer uru, oksidatif stres gibi bazı kronik hastalıklar oluşturabilirler. Farklı metabolik yol ve mekanizma sayesinde nano parçacıklar özel savunma mekanizmasını istila edebilir ve solunum sisteminin dışına doğru yerleşebilirler(Chau ve ark. 2007).

## **Yeme**

Parçacık boyutu ve yüzey alanı toksikoloji açısından önemli özelliklerdir. Barsakların iç yüzeyinin mikroviluslar ile örtülü olması 200m<sup>2</sup>'ye kadar hacim genişlemesine neden

olmaktadır. Yeme yoluyla vücuda giren nano-maddelerin güvenlik değerlendirilmesini nano-madde içeren besinlerin emilimi yönlendirmektedir. Nano parçacıklar barsak temizleme mekanizmasının etkinliğini azaltarak bileşenlerin sindirim sistemi bölgesindeki durma süresini uzatabilir, etkileşim için deriyi daha ulaşılabilir yapar, kılcal damarlar ile dokulara derin nüfuz imkanı sağlamaktadır. Bu da vücudun, bölgelerini hedef olması için bileşenlerinin etkili bir şekilde emme yapmasında ve taşıma gerçekleştirmesinde yardımcı olmaktadır. Bir mikrometreden daha büyük parçacıkların bağırsakta balgam engelinden geçemedikleri bildirilmektedir(Chau ve ark. 2007).

### 3. NANOTEKNOLOJİNİN GIDA SANAYİİNDE UYGULAMALARI

Gıda sanayinde nanoteknoloji uygulamaları başlamakla birlikte diğer sanayi dallarına göre uygulamalar sınırlıdır. Nanoteknolojinin tarım ve gıdaya uygulanması için ilk yol haritası Aralık 2002’ de USDA(United States Drug Administration) tarafından hazırlanmıştır (ETC 2004). Tarım ve gıda sistemlerinde patojen ve kontaminant tayini, pestisitlerin etkinliğinin artırılması, yeni ambalajlama sistemlerinin geliştirilmesi ve fonksiyonel ingrediyeentlerin biyoyararının artırılması gibi birçok alanda nanoteknolojiden yararlanılmaya başlanmıştır(Csrees 2003).

Patojen ve kontaminantların belirlenmesi için nanosensörler geliştirilerek üretim, işleme ve nakil aşamalarında gıda güvenliği artırılmaya çalışılmaktadır(Csrees 2003).

Günümüz dünyasında gıda maddeleri yalnızca besin kaynağı olarak değil, tüketicinin sağlığına katkı sağlayan maddeler olarak da düşünülmektedir. Geleneksel olarak kullanılan birçok nano parçacık kolloid gruplarına aittir. İlk koloidal altın yayılımlarından biri Michael Faraday tarafından 18.yy’ın ortalarında yapılmıştır. Parçacıklar birbirlerine koloidal gücü sağlayan Van Der Waals bağlarıyla bağlanmıştır. Koloidal parçacıklarda sterik durağanlık yüzeyde ki polimerlerin ve maddelerin emilimi ile oluşturulur. Nano parçacıklar kimyasal bağ oluşturulabilecek kaplamalarla da sabitleştirilebilir(Sozer ve ark. 2009).

Gıda uygulamalarında nano teknoloji aşağı yukarı veya üst alt olmak üzere iki türde uygulanabilir. Üstten alta yaklaşım temelde gıdaya fiziksel işlemler uygulanması ile gerçekleşir: Örneğin öğütme teknolojisi daha fazla miktarda suyla birleşme kapasitesine sahip uygun boyutlarda buğday unu elde etmek için kullanılmaktadır. Bu teknoloji yeşil çay tozunda anti oksidan faaliyetleri geliştirmek üzere kullanılmıştır. Öğütmeyle yeşil çay tozunun boyutu 1000 nm ye kadar indirilince, yüksek oranda besin emilimi ve sindirimi oksijen emilimine bir enzimin faaliyetlerine artışla sonuçlanmıştır. Aksine, biyolojiden türetilen birleşme ve organizasyon konseptleri aşağı yukarı gıda nano teknolojisinde büyük bir önem kazanmıştır. Kazein misellerinin düzenlenmesi ve protein kümelerinin katlanması kendi kendine birleşen yapılara örnek olup sabit yapılar oluştururlar. Nano ölçekte organizasyonun sağlanması, kovalent olmayan farklı kuvvetler arasında bir denge kurulmasıyla mümkün olmaktadır(Sozer ve ark. 2009).

Gıdalar pek çok biyokimyasal ve biyolojik temel mekanizma ve prensiplere dayalı reaksiyonlara bağı karmaşık sistemler olup, hasattan sonra uygulanan çeşitli prosesler ile özellikleri önemli ölçüde değişmektedir. Gıda güvencesinin sağlanması, patojenlerin tayininde yeni materyallerin geliştirilmesi ve çevrenin korunması alanlarında nanoteknoloji ile tarım ve gıda sistemlerindeki mühendislik uygulamaları ortak kesite gelmektedir. Örneğin; gıda güvenliğinin üretimde, işlemede veya gıdaların taşınmasında patojenlerin ve kontaminantların teşhisini sağlayan biyosensörler ile artırılması mümkündür. Ayrıca her ürünün son noktaya ulaşana kadar geçirmiş olduğu işlemleri izleyebilen cihazların da tasarımı, enkapsülasyon ile akıllı salınım veya taşıma sistemlerinin geliştirilerek fonksiyonel ingrediyeentlerin hedef hücrelere ulaşımının özgünleştirilmesi de diğer örneklerdir(Boyacıoğlu 2008).

Birim kütle başına düşen nano parçacıkların büyük bir alan kaplamasından dolayı aynı kimyasal bileşimin daha büyük boyutta parçacıklarından dahi biyolojik olarak daha aktif olmaları beklenir. Böylece gıda uygulamalarından birkaç farklı perspektif ortaya çıkmaktadır. Örneğin nano parçacıklar işlevsel gıdalarda biyo aktif bileşen olarak kullanılabilir. Bazı gıdalarda doğal olarak bulunabilen biyo aktif bileşenlerin birçok fizyolojik faydası vardır ve kanserde dâhil olmak üzere birçok hastalığın riskini azaltmaktadır. Parçacık boyutunu azaltarak nano teknoloji biyo aktif bileşenlerin taşıma özellikleri, çözünebilirlik, sindirim yolunda geçen süresi ve hücrelerde etkin emilim gibi özelliklerine katkıda bulunabilirler. Omega 3 ve 6 yağ asitleri, probiyotikler, prebiyotikler, vitamin ve mineraller gıda nano teknolojilerinde biyo aktif bileşen olarak yerlerini alırlar(Sozer ve ark. 2009).

Gıda sanayinde gıda güvenliğini sağlamayı hedefleyen nano sensörlerde olduğu kadar misel, lipozom, nano emülsiyon, biyopolimerik parçacık gibi nano parçacıkların kullanımları da dahil olmak üzere bazı yeni nano teknoloji uygulamaları belirgin hale gelmiştir. Yiyecek ve içecek paketleme sektöründe nano teknolojik ürünlerin dünya çapında satışları 2002 de 150 milyon dolardan 2004 de 860 milyon dolara yükselmiş ve 2010 itibariyle 20.4 milyar dolar olması beklenmektedir. Birçok gıda bilimcisi nano teknolojinin sanayide önemli ölçüde benimsendiğini iddia etseler de nano teknoloji ile ilgili sınırlı miktarda araştırma gıda ürünleri üzerinde uygulanmakta olup, nano gıdaların küresel gelişimi daha başlangıç aşamasındadır(Sozer ve ark. 2009).



Gıda güvenliği, hastalıkların tedavilerinin geliştirilmesi, moleküler biyoloji ve hücre biyolojisindeki yeni gelişmeler, protein tespiti için yeni araçlar ve çevre koruması; nanoteknolojiyi ziraat ve gıda mühendisliklerine birleştiren bağları oluşturmuştur. Gıda sanayisinde daha ileri adımlar atabilmek üzere nanoteknolojinin araç olarak kullanıldığı yerler(Weiss ve ark. 2006):

- Patojen ve zehir tespiti yapan sensorlar sayesinde üretim, işleme ve nakliyenin daha güvenli hale gelmesi
- Bazı ürünlerin geçmişleri ve çevresel kayıtlarını birebir takiplerini sürdürecektir araçlar
- Gıda ürünlerinde algılama, yer belirleme, rapor gönderme ve uzaktan kumanda sistemlerinin entegrasyonunu sağlayacak; gıda işleme ve taşıma işlemlerinin yeterliliğini ve güvenliğini artıracak sistemler
- İşlevsel gıda bileşenlerini ulaştırmaları gereken yere taşıyan, koruyan ve ulaştıran işlevsel ve taşıyıcı sistemler

Nanoteknolojinin gıda alanındaki uygulamalarını genel olarak sınıflandıracak olursak(Yükseltürk 2010):

### 1- Pislik Sensörü

Rochester Medikal Merkezi Üniversitesi dijital kamera ve lazer ile E.coli bakterisini bulma yöntemi geliştirmiş. Silikon çip üzerindeki bir protein, ortamdaki E.coli bakterisi ile birleşince mitokondri üzerine düşürülen ışığın saçılması değişmektedir. Bir başka çalışma da Atina'daki Tarım Araştırma Servisi'nde bakteri antikorlarına floresan boyalar yerleştirilmiştir. Bu boyalar Salmonella bakterisinin varlığında ışık saçmaktadırlar.

### 2- Antimikrobiyal Paketleme

Peynir, et ve hamur işi gibi yiyecekler bakterisiz bir ortamda saklanırsa, raf ömürleri uzamaktadır. USDA Tarım Araştırma Servisi, keklik otu ve elma püresinden E.coli bakterisini öldüren bir film yapmıştır. İngiltere'de bulunan Leeds Üniversitesi nano boyuttaki gümüşten daha ucuza üretilen çinko, kalsiyum ve mangan oksit gibi maddelerden antimikrobiyal özelliklere sahip nanofilmler yapmaya çalışmaktadır.

### 3- Daha İyi Gıda Saklama

Bayer Polymers meyve sularını daha taze saklamak için, kutuların içini nanokil kompozit bir malzeme ile kaplamıştır. Oksijenle temas etmemesi gereken tüm ürünler için geçerli bir uygulama olarak görülmektedir.

#### **4- Geliştirilmiş Besin Teslimatı**

Vitaminleri, antioksidanları, omega yağlarını nano kapsüllerin içine koyup, vücutta sadece gerekli yerlere iletilmesi sağlanmaktadır. İsrail’de bulunan NutraLease şirketi geliştirdiği süreçle geçen yıl Food Expo Yenilik Ödülünü kazanmıştır. Bu çalışma Nanotıp uygulamasının gıdaya uygulanması şeklinde yorumlanabilmektedir.

#### **5- Yeşil Paketleme**

Doğada bozulan plastik yapımı araştırmaları bugünlerde en revaçta çalışmalar olarak görülmektedir. Avustralya’da bulunan bir firma genetik olarak değiştirilmemiş mısır nişastasından ambalaj paketleri üretmektedir. Böceklerin kabuklarını oluşturan kitin malzemesinin üretimi üzerine de çalışmalar devam etmektedir.

#### **6- Gübre Kullanımında Azalma**

Cornell Üniversitesi’nde bir araştırma grubu nanofiberlerden örülmüş ve içinde gübre ve ilaç bulunan bir kumaş üretmiştir. Tohumla birlikte yere gömülen kumaş sayesinde, daha sonra ilaçlama yapmaya gerek kalmamaktadır. Fiberler periyodik olarak gerekli malzemeleri bitkinin üzerine salmakta böylece kimyasallar suya karışmamaktadır.

#### **7- Takip Etme, İzleme, Marka Koruma**

Kaliforniya’da bulunan Oxonica, nanogümüş ve nanoaltın kullanarak nanobarkod üretmektedir. Bu tip barkotlar daha çok ilaç şirketleri tarafından çok kullanılmakta olup, yakında gıda ürünlerinde de kullanılabilmesi belirtilmektedir.

#### **8- Tat Yanılgısı**

Hollanda’da bulunan Wageningen Üniversitesi’nde nanoboyutta lipit üretilmiştir. Bu lipitlerden düşük yağlı mayonez yapılmış, fakat mayonezi tadanlar çok yağlı olduğunu ifade etmişlerdir.

#### **9- Tat Değiştirme**

San Diego’da bulunan Senomyx adlı şirket, yiyecekteki acı tadı düşürücü örnekler geliştirmiştir.

## 10- Bakteri Tespiti ve Yok Edilmesi

Clemson Üniversitesi araştırmacıları kümes hayvanlarında sıkça rastlanan kamplobakterleri yok eden bir yem geliştirmiştir. Camplobacter içeren ve az pişirilmiş etleri yiyen insanlarda kramp ve ishal görölmektedir. Bu çalışma kapsamında nano karbonhidratlar içeren yemin, bakterinin hücre çeperine yapışıp onu zararsız hale getirdiği tespit edilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Nano gereçlerin tarım, gıda ve gıda paketlemede mevcut kullanımı(Miller ve ark. 2008)

Ürün türü	Ürün adı ve üreticisi	Nano içeriği	Amacı
<b>Besinsel katkı</b>	Nano sötikler “mikrohidrin” toz, RBC Lifesciences	Silika mineralli hidrojen kompleksten yapılan 1-5 nm çapında moleküler kafesler	Yeterliliği ve biyo erişilebilirliği arttırdı. Neme maruz kaldığında H iyonları salar ve güçlü bir antioksidan gibi hareket eder
<b>Besinsel içecek</b>	Yulaf çikolatası besinsel içecek karışımı, Toddler Health	300nm demir partiküller(SunAktive Fe)	Tepki hızını ve biyo erişebilirliğini arttırdı
<b>Gıda temash malzeme(pişirme malzemeleri)</b>	Nano gümüş kesme tahtası, A-Do global	Gümüş nano partiküller	Nano boyutta gümüş partiküller anti bakteriyel özellikleri arttırdı
<b>Gıda temash malzeme(çanak, çömlek)</b>	Nano gümüş bebek bardağı, Baby Dream	Gümüş nano partiküller	Nano boyutta gümüş partiküller anti bakteriyel özellikleri arttırdı
<b>Gıda temash malzeme(mutfak gereçleri)</b>	Anti bakteriyel mutfak gereçleri, Nanocaretech/NCT	Gümüş nano partiküller	Nano boyutta gümüş partiküller anti bakteriyel özellikleri arttırdı
<b>Gıda paketleme</b>	McDonald’s’ın hamburger paketi yapıştırıcısı, Ecosynthetix	50-150 nm nişasta nano küreler	Doğal nişasta partiküllerinden 400 kat daha fazla yüzey alanına sahiptir. Yapıştırıcı olarak kullanıldığında daha az su daha az enerji ve daha az zaman gerektirir.
<b>Gıda paketleme</b>	Durethan KU 2-2601 plastik kaplama, Bayer	Polimer temelli nano kompozitlerde bulunan silis nano partikülleri	Plastikteki silis nano partikülleri pakete oksijen ve gaz girişini önler ve raf ömrünü uzatır.
<b>Gıda katkısı</b>	Aquasol koruyucu, AquaNova	Lipofilik ya da suda çözünmeyen maddelerin nano ölçek tanecikleri	Çözülebilir nano kapsülleri çevreleyen aktif bileşenler vücudun emilimini artırır(hücreler de dahil)
<b>Bitki büyütme işlemleri</b>	PrimoMaxx,Syngenta	100 nm emülsiyon	Nano boyutta partikül kullanımı aktif bileşenlerin yeterliliğini arttırırken uygulanması gerekten miktarı azaltır.

Nano gıdanın tanımı; yetiştirme, üretme, işleme ve paketlenme sırasında nanoteknolojik teknikler ve araçların kullanılmasıyla alakalıdır. Bu, atomları değiştirilmiş ya da nano makineler tarafından üretilmiş besin anlamına gelmez. Nano makineler kullanarak moleküler gıda üretimi düşüncesi su yüzüne çıksa da, yakın gelecekte gerçekleşmesi mümkün görünmemektedir. Nanoteknoloji uzmanları daha ziyade, daha sağlıklı bir gıda kültürü oluşturmak amacıyla var olan işlem sürecini değiştirecek ve gıda maddelerinin güvenliğini sağlayacak olan potansiyele iyimser yaklaşmaktadırlar. Aynı zamanda, seçilen katkı maddeleriyle besinlerin kalitesini yükselterek vücudun sindirimine katkıda bulunmak konusunda da umutlulardır. Bu hedeflerin bazıları gayet uzak olsalar da gıda paketlenme sanayisi nanoteknolojiyi ürünlerinde uzun süredir kullanmaktadır.

**Çizelge 3.2.** Gıda sanayisinde ki nanoteknoloji araştırmaları, nano ürünleri ve nano teknoloji uygulamaları örnekleri(Chau ve ark. 2007)

<b>Kategori</b>	<b>Farklı uygulama örnekleri</b>
<b>Gıda İşlemesi</b>	<p>İnteraktif gıda ve içeceklerde arzulanan tad, artırılmış farklı mikrodalga frekanslarında ki nano kapsüllerin katkısıyla verilebilir. İsrail ulusal nano teknoloji kuruluşu, ulusal Amerika nano teknoloji kuruluşuyla birlikte su arıtma sistemlerinde ki nano teknoloji uygulamalarını ve bazı alanlarda ki iyileştirme odaklanmayı, örneğin zarlarda ki, zar işlemlerinde ki, bio bozulma ve dezenfeksiyonda ki ve mikrop kalıntılarında ki iyileştirmeyi keşfetmiştir.</p> <p>Bitkilerin nano ölçek toz yada emülsiyonlara indirgenmesi ile farklı bitkilerin nano ölçek formülasyonlarının geliştirilmesi</p> <p>Gonoderma sporların, ultrofine toza mikronizasyonu alt – üst yaklaşımla birlikte hücre duvarlarının yakalanması ve potansiyel aktif içeriklerin salınımı ile sonuçlanır.</p> <p>Rafine aletlerle yağı kızartmak (nano seramik maddelerden yapılmış) kızarmış yağın termal polimerizasyonu başlatır ve aynı anda açığa çıkan kokuları azaltır.</p> <p>Kendi başına süt proteininden yapılmış uzun bükülmeyen nano</p>

	<p>tüpler potansiyel olarak yeni içeriklerle kullanılmıştır; kullanım alanları yapıştırma, jelasyon, nano kapsülleme ve kontrollü salınım araçlarıdır.</p>
<b>Paketleme</b>	<p>Paketleme maddelerine nano kompozit ve nano parçacık (gümüş titanyum dioksit, silikon dioksit, nanokil gibi) eklemek, bozulma nüfuz alanını yok etme davranışlarının geliştirilmesi ile gıdalara koruma sağlar, kötü kokuları engeller, bariyer özelliklerinin artırılmasıyla ultraviyole ışığı engelleyerek mekanik ve ısıya dayanıklılık özelliklerinin iyileştirmesiyle anti mikrobiyel yüzeylerin geliştirilmesiyle sağlanır.</p>
<b>Nutrasotik taşıma</b>	<p>Nano teknoloji yağda çözünebilen hidrofilik maddeleri ve suda çözünebilen lipofilik maddeleri sağlar. Bazı fonksiyonel bileşimler nano parçacıkların yardımıyla (karotenoidler, fitosteroller ve antioksidanlar gibi) suyun yada meyve sularının içinde yayılarak bio-mevcudiyetleri artırır.</p> <p>Likopenin sentetik nano parçacıkları (Amerika’da ki gıda kullanımı için) FDA’dan GRAS onaylı olarak geliştirilir ve kabul edilir.</p> <p>Nano kapsüller hali hazırda bio mevcudiyetlerini artırmak için temel yağların, tatların, anti oksidanların, koenzim Q10’in ve vitaminlerin, minerallerin ve fitokimyasalların taşıyıcılığı görevini üstlenir.</p> <p>Aktif içeriklerin (örneğin polifenollerin, minerallerin ve mikro-besinlerin) nano parçacıklarla kapsüle edilmesi çürümeden ve tat reseptör alanlarının geçilip korunmasını sağlar. Böylece biten uygulamalarda istemeyen tatları azaltır.</p> <p>Gıda sanayisi uygulamalarında kullanılan lipozomal nano keseciklerin kapsüllemesi; bileşenlerin, proteinler, enzimler, tatlar, anti mikrobiyel içerikler gibi besinlerin taşınmasını yardımcı olur.</p>

<b>Koruma ve Hissetme</b>	<p>Protein kaplı nano kontilever, doğal olarak özel fonksiyonlarda titreşir. Bu tamamıyla yeni sınıf ultra küçük silikon sensiyollerle virüslerin, bakterilerin ve diğer patojenlerin hızlıca bulunmasına yarar. Sentetik ağaç şekilli DNA renk kodlu sarmallarla işaretlenmiş olup nano barkot alet olarak geliştirilmesi, gıda patojenlerinin tanımlanmasına yardımcı olur.</p> <p>Gümüş nano parçacıklar bakterilerin ve diğer mikropların yayılımını baskılamak için (yara bantlarından buzdolaplarına) farklı ürünlerin içinde kullanılmıştır.</p>
---------------------------	---

### 3.1 Paketleme ve Gıda Güvenliği

Gıdaların ambalajlanması gıda endüstrisinde nanoteknolojinin kullanıldığı bir başka alandır. Nano paketlemenin temel amacı paketin bariyerlerini geliştirip, gaz ve nem alışverişini azaltarak ve UV ışınlarla temasını indirerek ürünün raf ömrünü uzatmak olmuştur. Akıllı paketler (smart packaging) üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu paketleme sistemleri, çevresel koşullardaki (sıcaklık ve nem değişiklikleri, vb.) değişikliklere göre kendini ayarlayabilecek ve gıdanın kontamine olması durumunda tüketiciyi uyarabilecektir (ETC 2004). Nanoteknoloji şu tür durumlara çözümler sağlayabilmektedir: Folyoların gözeneklerinin geçirme özelliğini iyileştirmek, bariyer özelliğini geliştirmek (mekanik, ısıl, kimyasal ve mikrobik), aktif anti-mikrobik ve mantar önleyici yüzeyler geliştirmek ve işaret ettiği takdirde mikrobiyolojik ve biyokimyasal değişiklikleri algılamak (Joseph ve ark. 2006; Miller ve ark. 2008).

Biyo nano kompozitler, mekanik, termal ve gaz bariyer özellikli geliştirilmiş hibrit olarak nano yapılandırılmış maddelerdir. Biyo nano kompozitlerin gıda paketlemedeki rolü sadece gıdaları korumakla sınırlı kalmaz, aynı zamanda raf ömürlerini de uzatır; fakat bunun yanında çevre dostu bir çözüm olarak da düşünülebilir, paketleme maddeleri kullanımında plastiğe olan ihtiyacı artırır. Çoğu geleneksel paketleme maddeleri doğa da çözülmeyen maddelerden yapılmıştır ki bunlar, üretiminde kullanılan fosil yakıtları içermesi ile çevre kirliliğini artırmaktadır. Buna rağmen günümüzdeki alternatif biyolojik çözünülebilir filmler, yetersiz bariyer ve mekanik özellikler göstermektedir. Bu özelliklerin yerlerini geleneksel

plastikler almadan ayrıntılı bir şekilde geliştirilmesi gerekmektedir, ve bunun sonucunda dünyanın atık probleminin çözülmesine yardımcı olunabilir(Sozer ve ark. 2009).

Biolojik çözünürlükte ki filmlerin özelliklerinin geliştirmesinde ki bir başka yaklaşım da özellikle katmanlı silikat içeren hibrit organik – inorganik sistemlerin kullanımınıdır. Hibrit kompozitler örneğin polimerik matrisin içine eklenmiş, katmanlı silikatlar istikrarı artırır. Bu da ileride yenilenebilir ve biyolojik çözünebilir filmlerin potansiyel kullanımını geliştirebilir. Mısır proteinin önemli bir bileşeni olan zein, bulunmaz özellikleri ve moleküler yapısına bağlı olarak bilim ve sanayide önemli bir madde haline gelmiştir. Zein in etanol yada asetonun içinde çözünmesi ile, biyolojik çözünürlükte ki zein filmleri iyi gerilim ve su tutma özellikleri ile birlikte gözlenebilir. Özelleşmiş gıdalar ve biyolojik çözünürlükte ki plastik sanayisi, nano teknolojik yaklaşımlarla yeni zein uygulama alanları beklentisi içindedir. Zein, boru şeklinde ki yapılandırılmalar içeren bir ağ örgüsünü yeniden şekillendirebilir ki bu da mikrobiyolojik olarak dayanıklı ve inert olmaktadır. Buna rağmen zein nano bitleri yada nano parçacıkları tat birleşimlerinde yenibilir taşıyıcılar olarak yada nutrasitiklerin kapsüllendirilmesinde kullanılabilir. Bunun yanında, plastiklerin ve biyo aktif gıda paketlerinin güçlendirilmesinde de kullanılabilir. Zein filmlerinin nano boyutlarında ki organizasyonlarının ve bütünselliğinin mekanik ve özelliklerinin kontrolü çok önemlidir(Sozer ve ark. 2009).

Nanoteknoloji, sayısız faydaya sahip olan gıda alanında yeni ürünler üretmek için büyük bir potansiyele sahiptir. Yeni gıda paketleme işlemi nanoparçacık ekleyerek veya nanoteknoloji eklenerek geliştirilebilir. Bu tür yeni ürünler mikroorganizmaların saldırısını önleme gibi arzu edilen özelliklere sahip olabilir. Nanoteknoloji daha güçlü mekanik ve termal performanslı paketler üretmek için kullanılabilir ve gıda ürünü artık güvenilir değilse, nanosensörler tüketiciyi uyararak amacıyla paketlemenin içine dahil edilebilir. Nanoteknoloji daha sağlıklı gıda için kullanılabilir. Taşıma sistemi, gıda içeriklerinin özel hareket noktalarına dağıtılması için işlevsel gıdalarda kullanılır. Nanoteknolojinin sadece yapılarıdaki özellikleri anlamaktan öte, nano ölçek üzerinde onları koruma yönüne yoğunlaşması önemli özelliklerinden bir tanesidir. Maddelere yeni özelliklerle tanışma imkânı sağlamasından dolayı, nanoteknoloji büyük bir önem oluşturmaktadır. Bu tür maddelerin kullanımı bu ürünlerin bazı risklerle ilişkilendirilebileceği anlamına gelmektedir. Nano maddelerin yeni ortaya çıkmış olan özellikleri ve nano madde temelli ürünlerin hızlı gelişimi ayrıca, çevre ile insan sağlığı ve sonuçları açısından birçok kaygıya sebep olmaktadır. Sağlam sonuçlar çıkarmak için

nanoteknolojik gıdalarla ilgili muhtemel riskler hakkında çok az çalışma yapılmakta olduğu gerçeğini, çoğu araştırmacı kabul etmektedir(Siegrist ve ark. 2008).

Nanoteknolojinin finansal durumu, paketlenme işleminin cazip görünmesini sağlamıştır. 2004 yılı itibariyle paketlenme piyasası 1.1 milyar dolarlık bir hacme sahipken, bu rakamın 2010 itibariyle 3.7 milyar dolara çıkacağı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, akıllı paketlenme sanayisi tahmin edildiğinden daha hızlı büyümekte ve daha şimdiden olgunluk sinyali vermektedir. Frost & Sullivan yatırım firması tarafından yürütülen bir araştırmaya göre; günümüz tüketicileri paketlenme işleminden kolaylık özelliği dışında, gıdanın kalitesi ve güvenliği açısından da birçok şey beklemektedirler. Bunun da, yenilikçi paketlenme yöntemlerine artan ilginin arkasındaki başlıca sebeplerden biri olduğu sonucuna varılmıştır. Akıllı paketlenme sistemi geliştiren birkaç firma bulunmaktadır. Örneğin DuPont, şeffaf paketlerde UV hasarını azaltabilecek ‘DuPont Light Stabilizer 210’ adlı titanyum dioksit nano katkı maddesini üretmiştir (Joseph ve ark. 2006; Miller ve ark. 2008).

Son dönemde “Woodrow Wilson International Center for Scholars” gıda paketlenme sürecinde kullanılan nanoparçacıkların uygulama ve düzenlemeleriyle ilgili bir değerlendirme yayımlamıştır. Örnek olarak, bariyer özelliklerini artırmak üzere kullanılan nanoparçacıkları (silikat nanoparçacıklar, nanokompozitler ve nano-gümüş, magnezyum ve çinko oksit) verebiliriz. Paketlemede nanoparçacık kullanılması durumunda, gıdayla doğrudan temas ancak nanoparçacıkların kaldırılmasıyla mümkün olmaktadır. Sebze örneklerinde paketlemede kullanılan biyo-çözünebilen, nişasta nanokompozit filmlerden metallerin ayrılması, minimum düzeyde gerçekleşmektedir; ancak belli bir yargıya varmak için daha fazla çalışma yapılmalıdır(Bouwmeester ve ark. 2009).

Nanoparçacıklar paketlenme malzemelerinde tepkime tanecikleri olarak da kullanılabilirler. Bu nanosensörler çevresel değişimlere tepki vermek üzere tasarlanmışlardır (örneğin, saklama odasındaki sıcaklık ve nem değişimi). Bu uygulamalarla gıdalara nanoparçacık geçişi üzerine mevcut bazı bilgiler bulunmaktadır. Ancak, anti bakteriyel özelliklere sahip nanoparçacıkların gıda içine salınımının, tüketicinin nanoparçacıklara direk maruz kalmasıyla sonuçlanacağını düşünmek gerekir. Bu da, nanoparçacıkların insan sağlığı üzerinde etkilerini iyi bilmeyi gerektirir. Dahası, yaşam döngüsü analizi ve çevresel etkiler üzerinde çalışmalar gerekir(Bouwmeester ve ark. 2009).



Gıdanın tazeliği , gıdanın en temel kalite göstergesidir ve bu özellik gıdanın tüketilmesinde verilecek kararı belirlemektedir. Örneğin balık en zor taze olarak muhafaza edilen gıdalardan bir tanesidir. Balığı alındığı zaman gözlerinden, diriliğinden, renginden tazeliğini belki anlayabiliriz, ancak kesilmiş ve paketlenmiş balıkta bu iş 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. Gıdadaki bozulma enzimlerle gerçekleşmektedir. Enzimler gıdada mevcut bakteri, küf ve maya gibi mikroorganizmalar tarafından üretilmektedirler. Gıdalarda bozulma sonucunda farklı kimyasal maddeler ortaya çıkar. Bunlar uçucu nitelikteki bazlar, asitler, aldehitler ,merkaptanlar ve kükürt bileşikleri olabilirler. Patojenik bakterilerin üreme hızı çok daha fazladır. Gıdada oluşan mikroorganizmaların sayısı , gıdanın ne kadar bozulduğunun göstergesidir. Bunu anlamak için paketi açmak ve kokuyu analiz etmek gerekir. Fakat her zaman bu şekilde bir değerlendirmeye ürünün bozuk olup olmadığını anlamak mümkün değildir. Paketlerdeki son kullanıma ait bilgi girişinde üniversal ve uniform bir sistem bulunmamaktadır. Bu konuda da pek çok kargaşa bulunmaktadır(Çeliker ve ark. 2008).

Dwight Miller ve ekibi, uçucu aminlerin tespit edildiği sistemi ambalajlara uyarlamak için çalışma yapmışlardır. Gıda kalite indikatörleri olarak adlandırılan ince diskler paketteki amin miktarını tespit etmektedir. Ambalaja yerleştirilmiş çok ince diskler, su itici madde içine noktasal olarak kilitlenmiş renkli moleküller ile gıdadaki özellikle balıktaki amin seviyesini ölçmektedir. Ancak değişik gıdalarda oluşan kimyasalların çeşitliliği ve değişik indikatörlere olan ihtiyaç çalışmaların farklı boyutlara taşınmasını gerektirmektedir(Çeliker ve ark. 2008).

“Kraft Foods”, ABD’de Rutgers Üniversitesi’nden araştırmacılarla paketlemede içine alma konusunda “elektronik dil” üzerinde çalışmaktadırlar. İçerisinde gıda maddesinden çıkan gazlara karşı renk değiştiren ve gıdanın bozuk ya da tazeliğiyle ilgili bilgi veren bir dizi nanosensor bulunmaktadır. Bayer Polymer piyasada mevcut olanlardan daha hafif, daha güçlü ve ısıya daha dayanıklı olan Purethan KUZ-2601’i geliştirmiştir. Gıda paketleme filmlerinin temel amacı, gıda maddesinin kurumasını engellemek ve rutubet ve oksijene karşı korumaktır. Bu yeni film “hibrit sistem” olarak bilinir ve çok büyük miktarda silikat nanopartikülleriyle zenginleştirilmiştir. Bu maddeler oksijen ve diğer gazların girişini; içerideki nemin de dışarı çıkmasını büyük çapta engelleyerek gıdayı bozulmaktan korumaktadır. Bira satıcıları, camdan daha ucuz ve metalden daha hafif olması sebebiyle sevkiyatlarında plastik şişeler

kullanmışlardır. Bu da biraların raf ömrünü azaltmıştır. Voridan, Nanocor'un da katkılarıyla Imperm adı verilen kil nanopartikülleri içeren bir nanokompozit geliştirmiştir. Sonuçta oluşan şişe camdan daha hafif ve daha dayanıklı yapıya kavuşmuştur. Nanokompozit yapı biradan karbondioksit çıkışını ve şişeye oksijen girişini en aza indirerek biranın raf ömrünü 6 aya kadar arttırmıştır. Bu teknoloji, Miller Bira Şirketi de dahil olmak üzere birkaç şirket tarafından benimsenmiştir. Honeywell özel polimer nanokompozit içeren plastik bira şişeleri üretmeyi başarmış ve raf ömürlerini 26 haftaya kadar genişletmiştir. Aegis 6 naylonu 3 tabakalı yapının bariyer tabakası ve 2003'ten bu yana 1.6 litrelik "Hite Pitcher" bira şişelerinden "Hite Brewery" şirketine kadar Güney Kore'de kullanmıştır.. Farklı bir şekilde Kodak, gıda bozulmasını engellemek için paketteki oksijeni absorbe edebilecek anti mikrobiyel filmler geliştirmiştir. Diğer kuruluşlar gıda bozulmasını tespit edecek nanoteknolojik yollar üzerinde çalışmışlardır. Agro Micron, Salmonella ve E-coli gibi mikropların yüzeyine yapışan fosforlu bir protein içeren NanoBiyoluminesans Tespit Spreyi üretmiştir. Yapıştıktan sonra, bozulmuş gıda maddelerinin veya içeceklerin kolayca tespitini sağlamak amacıyla bir kızarıklık salgıladıkları görülmüştür. Kızarıklık ne kadar yoğunsa, bakteri üremesinin de o kadar fazla olduğu anlaşılmaktadır. Şirket, ürünü BioMark adında pazarlamayı hedeflemiş, bununla birlikte biyo-terorizmde olduğu kadar, okyanus üzeri sevkiyatlarda da uygulamak üzere yeni sprej teknikleri tasarlandığını belirtmiştir. 2003'te nano kaplama gelirlerinin %90'ından fazlası gıdalar, bira, alkolsüz içecekler ve meyve sularının plastik kaplamalarının bariyer özelliklerini geliştirmek için kullanılan nano kompozitlerden oluşmuştur. Nano kaplama aynı zamanda anti bakteriyel, antioksidan, enzim, aroma ve nutrasötik salgılayarak raf ömrünü uzatmaya da yardımcı olmuştur (Joseph ve ark. 2006; Miller ve ark. 2008).

Gıda güvenliği konusunda benzer bir strateji olarak, " Good Food" projesinde AB araştırmacıları gıdada bulunan patojen ve toksinleri tespit eden taşınabilir bir nanosensor geliştirmişlerdir. Bu da gıdanın çiftlik, mezbaha, ulaşım, işlem ya da paketleme sürecinde kontrolünü sağlayarak, örnek alıp laboratuarlara yollama gereksiniminden (hem masraflı hem de uzun bir süreç) kurtarmıştır. Projede, meyveleri etkileyen; balık, et veya mantarlarda bulunan zararlı bakterilerin varlığını da tespit etmekte kullanılabilir; projeleri algılamak için DNA-biyo çipleri kullanan bir aygıt da geliştirilmektedir. Proje, aynı zamanda, çiftliklerdeki genel koşulları incelerken: meyve ve sebzelerde herhangi bir böcek ilacı olup olmadığını da inceleyebilecek mikro-dizi sensorlar tasarlamayı planlamaktadır. Bütün bunlar "Good Food" projesi kapsamında yapılmış çalışmalardır(Joseph ve ark. 2006).

### 3.1.1 Yenilebilir Nano Kaplamalar

Birçoğumuz elmaların üzerindeki balmumumsu kaplamayı bilmektedir, artık teknoloji insan gözüyle görülmeyen 5nm kadar kalınlığında kaplama üretmeyi mümkün kılmaktadır. Yenilebilir nano kaplamalar et, peynir, meyve ve sebze, şekerleme, fırın ürünleri ve hızlı yemeklerde kullanılabilir. Nanokaplamalar, gaz ve nem giriş çıkışında bariyer görevi görmekle birlikte renkleri, tatları, antioksidanları, enzimleri ve kahverengileşmeyi önleyen etmenleri ulaştırmada, paket açıldıktan sonraki süreçte dahi raf ömrünü uzatmaya etkili olmaktadır(Miller ve ark. 2008).

Amerikan şirketi Sono-Tek. 2007 başlarında anti bakteriyel bir nano kaplama geliştirdiğini ve fırın ürünlerine doğrudan uygulanabildiğini açıklamış ve işlemin müşterileriyle test edildiğini açıklamıştır(Miller ve ark. 2008).

### Çizelge 3.3 Nano paketleme sırasında kimyasal çıkışları

Şirket-Kurum	Nano içerik	Amaç
CSP Technologies	Dış uyarıcılara karşı yiyecek veya içeceğe bileşen salgılayabilen polimer	Nem, oksijen, bakteri, koku ve hatta tat üzerinde kontrol(LeGood ve Clarke 2006)
Kraft	Nano sensor temelli, kimyasal miktarını ölçerek gerekli gördüğünde kimyasal salgılayan 'elektronik dil'	Tüketicinin tercihine göre koku, tat ve nutrasötik salgısının kontrolü

### 3.2 Nanosensörler

Paketlemeye ek olarak gıdaların korunması da gıda sanayi için büyük önem taşır. Nano sensörlerle bozulan gıdalar tespit edilebilmektedir. Örneğin gıda proteinleriyle temasa geçtiğinde farklı renklerde ışık yaymak üzere binlerce nano parçacıktan oluşan bir ışık huzmesi tasarlanabilir. Zamanın, gıda mikrobiyolojisinde ki hayati önemi göz önünde bulundurulursa, nano sensörlerin kullanımında ki temel amaç protein tespitinde harcanan zamanı günlerden saatlere hatta dakikalara indirmektir. Bu tür nano sensörler paketleme malzemelerine doğrudan eklenebilir. Bir çeşit elektronik dil kullanılarak ya da burun görevi görerek bozulmuş gıdalardan yayılan kimyasalları tespit etmekle görevlidirler. Diğer nano

sensör çeşitleri ise mikro akışkan aletler baz alınarak yapılmıştır ve patojenleri etkili yüksek hassaslıkta çok kısa bir sürede tespit etmek üzere tasarlanmıştır. Mikro akışkan sensörlerin en önemli farkı boyutlarının küçüklüğü, bileşenlerin tespitinde hız ve bunun için gereken örneğin boyutunun mikro litrelerde olmasıdır. Bu yönüyle daha şimdiden tıbbi, biyolojik ve kimyasal analizlerde geniş çaplı uygulamalarda kullanılmaktadır. Silikon bazlı mikro akışkan sistemler, çipte ki laboratuvar teknolojisi adı verilen teknolojinin popülerliğini bir hayli artırmıştır. Son dönemde Bodor ve arkadaşları içlerinde benzoat, sorbat, p-hidrooksi benzoik asit esteri ve glutametin bulunduğu çeşitli katkı maddeleri kullanmıştır. Farklı türde elektroforez yöntemlerini değerlendirmek üzere, farklı katkı maddeleri için farklı tespit yöntemlerinin ideal olduğunu saptamışlardır. Gıda analiz piyasasında aletler nano elektro-mekanik sistemlerle üretilmişlerdir. Hali hazırda kullanılmakta olan teknoloji hareketli parçalardan oluşup nanodan milimetreye kadar değişiklik gösterir. Bu aletler depolama alanını kontrol eder ve aktif satış aletleri olarak kullanılırlar. Polychromix (Wilmington, MAUSA) tarafından üretilen dijital bir spektrometre gıdalarda trans yağ içeriğini tespit etmek üzere mikro elektro-mekanik sistemler kullanılmaktadır. NEMS kimyasal ve biyokimyasal sinyallerin tespiti için ileri düzey dönüştürücü içeren gıda kalite kontrol aletlerinde kullanılmaktadır. Sözde mikro ve nano teknoloji (MNT) kullanımının gıda teknolojisinde bazı yararları vardır. Bunlar çabuk yanıt veren taşınabilir aletler, çeşitli frekanslarda akıllı iletişim ve düşük maliyet olarak sıralanabilir. Gıda güvenliği ve kalite alanında MNT'ler paketleme ve depolama koşullarında gıda saflığının tespitinde ve bozulmasının anlaşılmasında kullanıldığından ötürü hayli uygundur(Sozer ve ark. 2009).

Nano kontileverler bir diğer yeni biyo sensör sınıfındandır. Tespit ilkeleri antijen ve antikor, enzim ve substrat ya da kofaktör ve reseptör arasında ki biyolojik bağların etkileşimlerini fiziksel veya elektro-mekanik sinyal yoluyla incelemeye dayanır. Proteinleri tanımlayabilme, patojenik bakteri ve virüsleri tespit edebilme özelliğine sahip silikon bazlı küçük parçalardan oluşur. Nano kontilever aletler moleküler etkileşim çalışmalarında zehirli kimyasalların ve gıda ürünlerinde antibiyotik atıkların tespitinde önemli rol oynar. AB destekli biyo-Finger projesi kanser teşhisi, gıda ve suda patojen tespitinde kullanılabilecek Nano kontilever bir alet geliştirmiştir. Nano kontileverlerin silikon yüzeyleri antikorlara bağlı olarak değişebilmektedir(Sozer ve ark. 2009).

### 3.3 Gıda İşleme

Paketlemeye ek olarak nanoteknoloji, vücut ihtiyaçlarına yanıt verebilecek ve besleyici maddeleri vücuda etkili bir şekilde ulaştırabilecek işlevsel ve interaktif gıdaların gelişimi üzerinde de etkili olmaya başlamıştır. Çeşitli araştırma grupları, vücut içinde hareketsiz kalıp ihtiyaç duyulması durumunda harekete geçen, talebe dayalı gıda üzerinde çalışmaktadırlar. Bu sektörde bir temel unsur da besleyici maddeleri dağıtmak üzere, gıda maddelerinin içine yerleştirilen nanokapsüller olmuştur. Gıda işleme sürecindeki diğer bir gelişme de besleyicilerin emilim oranını arttıran nanopartiküllerdir.

Gıda kalitesinin iyileştirilmesi ve raf ömrünün uzatılması konusunda nanoteknoloji uygulamaları ümit vericidir. Örneğin soya fasulyesi ve yumurtadaki fosfolipidler hem suda hem de yağda çözünür bileşenleri lipozomlar şeklinde kapsüle edilmesiyle kullanılabilir görülmektedir. Örneğin çoklu doymamış yağ asitleri nedeniyle oksidasyon reaksiyonlarına son derece duyarlı olan balık yağında oksidasyon, antioksidan olarak kullanılan alfa-tokoferolün kapsüllemesi 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).

Batı Avustralya'da önde gelen bir fırıncı, en çok satan ürünlerinden biri olan "Tip-Top" ekmeğini, içine ton balığı yağı( omega 3yağ asidi kaynağı) barındıran bir nanokapsül yerleştirmeyi başarmıştır. Mikro-kapsüller, balık yağının hoş olmayan tadının hissedilmemesi için yalnızca mideye ulaştığında açılacak şekilde tasarlanmıştır(Yükseltürk 2010).

Hollanda Wageningen Üniversitesi de gıda endüstrisinde nanoteknoloji uygulamalarına yoğunlaşmak üzere bir araştırma merkezi kurmuştur. Wageningen BioNT(biyo nanoteknoloji) aşağıdaki gibi çeşitli konulara ağırlık vermek amacıyla kurulmuştur (Joseph ve ark. 2006):

- Gıda kalite ve güvenliğinin algılanması ve kontrolü. Besinlerin kapsüllemesi ve nakliyesi,
- Fiziksel ve biyokimyasal işlemler için mikro ve nanogereçler,
- Kimyasal biyoloji,
- Nanotoksikoloji,
- Tüketici bilimi ve teknoloji

Tarım ve gıda alanında üzerinde durulan nanoteknolojik çalışmalar aşağıdaki çizelgede gösterilen alanlar üzerine yoğunlaşmıştır.

**Çizelge 3.4** Tarım ve gıdada nanoteknoloji uygulamalarına genel bakış (Grobe ve ark. 2008)

<b>Tarım</b>	<b>Gıda işleme</b>	<b>Gıda paketlenme</b>	<b>Katkı maddeleri</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Enzim-substrat etkileşimlerini tanımlamak üzere tekli molekül tespiti</li> <li>Böcek ilaçları, gübre ve diğer kimyasalların daha etkili taşınması için nano kapsüller</li> <li>Kontrollü bir şekilde büyüme hormonları uygulaması</li> <li>Toprak durumunu ve ürün gelişimini takip etmek üzere nano sensorlar</li> <li>Yapı koruma ve izlemek üzere nano çipler</li> <li>Hayvan ve bitki patojenlerini tespit edecek nano sensorlar</li> <li>Aşı nano kapsülleri</li> <li>Genetik mühendisliği</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kızartma yağı gibi standart bileşenlerde nutrasötiklerin biyo erişilebilirliğini geliştirecek nano kapsüller</li> <li>Kapsüllenmiş tat artırıcılar</li> <li>Jelasyon ve kıvamlaştırıcı olarak nano tüp ve nano partiküller</li> <li>Etin kolesterolünü değiştirmek üzere steroidlerin de nano kapsül aşılması</li> <li>Kimyasalları ve patojenleri gıdaya bağlamak veya gıdadan koparmak üzere nano partiküller</li> <li>Besleyicilerin daha iyi dağıtımını için nano emülsiyon ve partiküller</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kimyasalları ya da patojenleri tespit etmek üzere floresan nano partiküllerine bağlanan antikorlar</li> <li>Sıcaklık, nem ve zaman kontrolü için geri dönüşümlü nano sensorlar</li> <li>Bozulmayı ve oksijen emilimini engelleyen nano kil ve nano film bariyerler</li> <li>Etilen tespiti için elektromekanik nano sensorlar</li> <li>Anti mikrobik ve mantar önleyici yüzey kaplamaları</li> <li>Daha hafif daha güçlü ve ısıya daha dayanıklı silikat nano partiküllerinden filmler</li> <li>Folyoların geçirgenliğinin yenilenmesi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Besinlerin emilimini artırmak üzere nano boyutta tozlar</li> <li>İlaç taşıyıcı olarak selüloz nano kristal kompozitler</li> <li>Daha iyi emilim ve dağılım için nutrasötiklerin nano kapsüllemesi</li> <li>Gıdanın tadını ve kokusunu etkilemeden besleyicileri hücrelere daha etkili ulaştıracak nano koklea</li> <li>Daha iyi emilim için aktif moleküllerin nano dropletlerin içine dağıtan sprey</li> </ul>

### 3.4 Diğer Uygulamalar

Çok farklı bir bakış açısı da nanoteknolojinin gıdaların duyuşsal kalitesinin geliştirilmesinde bir potansiyele sahip olması ile ilişkilidir. Lezzet bileşenlerinin yüzey özelliklerinin değiştirilerek tat algılayıcı hücrelere hedeflenmiş ulaşımı ile gıda kalitesini çok farklı şekillerde değiştirilebilecektir. Hedeflenmiş salınma sistemlerinin geliştirmesine örnek olarak tuzlu tadın algılanmasına neden olan moleküllerin hedeflenmiş şekilde tat papillerine ulaştırılması verilebilir. Bu şekilde yüksek kan basıncı (tansiyon) gibi sağlık sorunlarına yol açan tuzun gıdalarda daha az miktarlarda aynı etkiyi yaratarak kullanılmasının yakın bir gelecekte mümkün olabileceği düşünülmektedir. Kuşkusuz çok disiplinli bu çalışmalarda temel tatların fizyolojik algı mekanizmalarının aydınlatılması da son derece önemlidir(Boyacıoğlu 2008).

İsrail şirketi Nutralease, nano boyuttaki partikülleri hücrelere göndermek için kendiliğinden oluşan likit yapılar (NSSL)'dan yararlanmaktadır. Partiküller 30 nanometre çapında büyük tanecikler şeklindedir (iç kısmı sulu, yağdan oluşan delikli küreler). Besleyici maddeler ya da “nutrasötik”ler sulu iç kısımda bulunur. Taşıyıcılarda bulunan nutrasötikler likopen, karoten, lütein, fitosterol, CoQ10 ve DHA/EPA içerir. Nutralease partikülleri, bu bileşimlerin bağırsaktan kana karışımını kolaylaştırır ve böylece vücutta hazır bulunma oranlarını artırır. Teknoloji, Shemen Endüstri tarafından; safra çözücülüğünü etkileyerek vücutta kolesterol alımını %14 oranında azalttığı iddia edilen Canola Active yağının benimsenmesi ve pazarlanmasında kullanılmaktadır. Bir dizi şirket, vücudun emilimini kolayca gerçekleştirebileceği ve raf ömürlerini uzatabilecek katkı maddeleri üzerinde çalışmayı sürdürmektedir(Joseph ve ark. 2006).

### **Titanyumlu Çikolata**

Bu alandaki en şaşırtıcı örneklerden biri şekerleme sanayisinde gözlenmektedir. Bir çikolata üreticisi nano-gıda teknolojisi yardımıyla yeni tasarladığı ürününün kızgın güneş ışınlarının altında bile erimemesini sağlamıştır. Üzeri titanyum kaplı olduğundan, çikolata 40 dereceye varan sıcaklıklarda bile erimemektedir. Nano parçacıklarının içerisine doldurulan titandioksit maddesi kakao kreminin içerisine yerleştirilmektedir. Isı artınca harekete geçen koruyucu tabaka çikolatanın erimesini engellemektedir(Yükseltürk 2010).

### **Yağ Dışarıda Kalacak**

Kızartma yağının içerisine yerleştirilen seramik yüklü nano parçacıklar ise sıcaklıkla birlikte açığa çıkmak üzere programlanmıştır. Isının yükselmesiyle birlikte harekete geçen seramik parçacıkları kızartılmak için yağın içerisine atılan gıdaların yüzeyine yapışmaktadır. Seramik parçacıklar gıdaların üzerinde koruyucu bir zar oluşturarak büyük miktarda yağın emilmesini engellemektedir. Nano-gıdaların içerisinde en büyük süksenin ise nano-içecek tarafından yapılacağı tahmin edilmektedir. Bu içeceklerin içerisine yerleştirilen renk ve lezzet parçacıkları da içeceğin hem renginin hem de tadının değişmesini sağlamaktadır. Örneğin bir bardağın içerisindeki sıvı, o bardağı kavrayan elin ısıyla birlikte renk değiştirmekte, bardak bırakıldığında rengin eski haline geri dönmesi düşünülmektedir. Bu özelliğin özellikle gençler arasında büyük ilgi uyandıracacağı tahmin edilmektedir(Yükseltürk 2010).

## **Et Tütsüleme ve Renk Dengesi İçin NovaSol**

Endüstriyel sosis ve tütsülenmiş et üretimi, renk muhafazası ve tadı düzeltmek adına çeşitli katkı maddelerinin ilavesini gerektirir. Alman şirketi Aquanova, C ve E vitaminlerini, koruyucu ve yardımcı olarak kullanabilen yağ asitleri gibi aktif bileşenleri kapsüllemek için 30 nm çaplı taneciklerden oluşan nanoteknoloji temelli bir taşıyıcı sistem geliştirmiştir. Tanecikleri NovaSol adıyla piyasaya sürmüş ve nanoölçekli sistemin, aktif bileşenlerin gücünü ve mevcudiyetini artırdığını iddia etmiştir. Alman sanayi dergisi Fleischwirtschaft NovaSol'un et işlemcileri için önemli avantajlar sunduğunu ileri sürmektedir: Bunlar, daha hızlı işleme, daha ucuz bileşenler, daha yüksek renk muhafazası ve kullanıma hazır likit form gibi durumlardır. Bu katkı maddelerinin nanoformülasyonları Alman üreticileri tarafından 2006'dan bu yana kullanılmaktadır. Avrupalı tüketiciler için tütsülenmiş et ve sosisleri çeşitlendirmede yaygın olarak kullanılabilir. Ürünlerin etiketlerindeki nanobileşenlerin tanımlanmasındaki başarısızlık, takiplerinin yapılmasını da engellemiştir. Ancak tüm dünyadaki tüketicilerin bu nanobileşenlere maruz kalma olasılığı ithalat yoluyla da gerçekleşebilmektedir(Miller ve ark. 2008).

Özellikle ABD'deki nanoteknoloji ile üretilmiş ilk jenerasyon gıda ürünleri sentetik gıda boyaları, kızartmalık yağ koruyucuları ve antimikrobiyal ajanlarla kaplanmış ambalaj malzemeleridir. Aynı ülkede nanoteknolojinin 2012 yılına kadar payının 5,8 milyar ABD Dolarına ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu gelişmelerle birlikte nano skalada üretilen ürünlerin halk sağlığı ve çevre üzerine etkileri konusunda son derece sınırlı çalışma vardır. Buna karşın gıda alanındaki yatırımların ise ağırlıklı olarak gıda prosesleri ve ambalajlama teknolojisi üzerinde olacağı beklenilmektedir. Bu gelişmeler Avrupa Birliği'nde de söz konusudur. Birliğin ihracatı büyümekle beraber, gıda sanayi küreselleşen düzen içinde pazar payını kaybetmektedir. Dolayısıyla rekabet gücünün ancak araştırma ve geliştirmeye ayrılan kaynakların artışı ile birlikte geri kazanılacağı düşünülmektedir. Avrupa Birliğinde gıda sanayinin Ar-Ge'ye ayırdığı pay diğer sanayi kollarına göre en düşük olup, toplam yatırımların %1'ine karşılık gelmektedir. Örneğin 2005 yılında en büyük 15 gıda firmasının Ar-Ge'ye harcadığı 3 milyar Avro'ya karşılık otomobil şirketleri 58 milyar Avro harcamıştır. Buna ilave olarak yenilikçilik büyük şirketlerde yoğunlaşmaktadır. Örneğin Nestlé firması 2005 yılında dünyanın en büyük Ar-Ge yatırımcısı iken bunu Unilever takip etmiştir. Bu nedenle AB özellikle 7.Çerçeve Programları ile küçük firmaların Ar-Ge faaliyetlerini hizmet olarak destek politikaları oluşturmuş ve kobilerin yenilikçilik konusunda daha aktif olmaları için gayret sarf etmektedir. Ayrıca gıda mevzuatı çerçevesinde yeni bir gıda ürününün onay



prosedürünün de hızlandırılması gereği vurgulanmaktadır. Bu onay süresi AB’de 31 ay iken, aynı süre ABD’de 3 ay ve Avustralya’da 2 aydır. AB’de yeni ürün ve teknoloji onaylanırken daha önce rakip ülkelerde zaten pazarda mevcut hale gelmektedir. Bu nedenlerle Avrupa Birliğinde nanoteknolojinin gıda teknolojilerinde kullanımının ABD ve diğer gelişmiş ülkelere göre daha yavaş gelişme kaydedeceği açıktır. Ülkemiz içinde bu teknolojiden yararlanılabilmesinin yolu kuşkusuz araştırma ve geliştirmeye ayrılan kaynaklar ile ilişkilidir(Boyacıoğlu 2008).

Amerikan şirketi Oilfresh Corporation, restaurantlarda ve fast-food dükkanlarında yağ kullanımını yarıya indirecek yeni nanoseramik bir ürünü piyasaya sürmüştür. Geniş yüzey alanının bir sonucu olarak, derin kızartıcılardaki gibi oksidasyon ve yağ toplanmasını önleyerek, yağın ömrünü uzatmaktadır. Aynı zamanda yağın çabuk kızarması da enerji tasarrufu sağlamaktadır(Joseph ve ark. 2006).

Ekmeğimiz, fasülyemiz, pilavımız, marul salatamız, parmak patatesimiz, meyvemiz, ve daha nice tarım ürünlerimiz tüketim amacıyla yemek masamıza gelmeden önce birçok çevresel etki altında kalmakta ve yetiştiricilerin söz konusu bu etkiler altında ekim, sulama, gübreleme, hasat v.b. işlemler ile ilgili çeşitli kararları zamanında vermesi gerekmektedir. Bu ürünlerin yabancı hayvanlara, yabancı otlara, böceklerle, fungal patojenlere ve kötü hava koşullarına ve su ve sıcaklık streslerine karşı zaman kaybetmeden korunması gerekmektedir. Bu nedenle tarladaki ürünlerimizin her gün takibi ve kontrolü sayesinde kritik sağlık problemlerinin önüne geçilebilmekte ve bunun yanı sıra pestisit kullanımında tasarruf sağlanabilmektedir. Ancak, tarlada yapılan benzeri ürün takip işlemleri yetiştiriciler için hem zaman alıcı hem de uzmanlık gerektiren bir görev olarak değerlendirilmektedir. Çeşitli uygulama alanları verilen nanoteknoloji sayesinde tüm bu görevlerin oldukça basite indirgenmesi ve çok daha doğru kararların doğru zamanda verilmesi ve doğru önlemlerin alınabilmesi mümkün olacaktır(Sındır 2008).

Nanoteknoloji, şeffaf krem üretimi amacıyla zaten kullanımdaydı. Nanoteknolojiyi gıda bilimleri alanında kullanan bir firma olan Royal BodyCare, 5 nanometreden daha küçük çapta partiküllerin oluşturduğu bir kolloid(emülsiyon) olan nanosötikal isminde yeni bir ürünü piyasaya sürmüştür. Ürünün serbest radikalleri uzaklaştırdığı, hidrasyonu artırdığı ve vücudun pH dengesini sağladığı iddia edilmektedir. Şirket bir de tüketildiğinde besleyici maddelerin emilimini artıran, besinsel katkılarla birleştirilmiş nano boyutta bir toz olan nanoküme’yi geliştirmiştir. Gıda ve kozmetik şirketleri, vitaminleri doğrudan iletecek mekanizmalar

geliştirmeye çalışmaktadırlar. L'Oreal'de %49 hissesi bulunan Nestle, E vitamininin deriye doğrudan geçişini sağlamak amacıyla şeffaf güneş kremleri geliştirmeye çalışmaktadır. Amaç UV ışınlarından korunmaya ilaven, cilt tarafından emilen ve E vitamininin yavaş yavaş yayılımını sağlayan bir krem geliştirmektir. UV ışınlarını önleyen şeffaf güneş kremleri zaten piyasada mevcut olup, şimdi L'Oreal kremlerini yeni fonksiyonlarıyla piyasaya sürmeyi beklemektedir. Estee Lauder gibi diğer rakipler de nanopartiküllerden yararlanarak yaşlanmayı önleyen formülasyonlar üretmektedirler (Joseph ve ark. 2006).

### **Yenilebilir Nanokaplamalar**

Birçoğumuz elmalar üzerinde uygulanan balmumsu kaplamalara alışkınsınız. Artık nanoteknoloji, insan gözüyle görünemeyecek kadar küçük, 5 nm inceliğinde yenilebilir nanokaplama üretimini mümkün kılmaktadır. Yenilebilir nanokaplamalar et, peynir, meyve ve sebze, şekerleme, un mamulleri ve fast food ürünlerinde kullanılabilir. Bu kaplamalar, rutubet ve gaz değişimine engel olup; renk, tat, antioksidan, enzim ve kararmaya karşı maddeleri taşımada bir araç olarak hareket etmekte ve hatta paketlenip tekrar açılmasından sonra dahi üretilen maddelerin raf ömrünü uzatmaktadır. Amerikan şirketi Sono-Tek 2007 başlarında, un mamullerine doğrudan uygulanabilecek nanokaplama geliştirdiğini açıklamıştır. Şimdi de işlem sürecini müşterileriyle test etmektedir(Miller ve ark. 2008).

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında; nanoteknolojinin tanımı, amaçları, ve sağlayacağı faydalar anlatılmıştır. Nanoteknolojinin Türkiye'deki ve dünyadaki durumu ve uygulama alanları hakkında bilgi verilmiştir. Bu uygulama alanlarından gıdadaki uygulamalar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu kapsamda; nanoteknoloji ile üretilmiş yeni ürünler üzerinde durulmuştur. Elde edilen sonuçlar aşağıda detaylı olarak verilmiştir:

- ❖ Nanoteknoloji kapsamına giren malzemeler; 1-100 nm ( $10^{-9}$ - $10^{-7}$  m) arasındaki herhangi bir büyüklüğe (uzunluk, en,boy) sahiptirler ve bu malzemeler makro ölçekteki malzemelerden farklı ve üstün özelliklere sahiptirler.
- ❖ Nanoteknoloji ile yapılan üretim ucuz ve temiz olmakla birlikte elde edilen ürünlerin finansal karşılığı ve yatırım maliyeti oldukça yüksektir.
- ❖ Nano ürünler çok küçük boyutlarından ötürü beklenmeyen etkileşimlere neden olabilirler. Dolayısıyla sağlık açısından gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.
- ❖ Taramalı prob mikroskopları, özellikle atomik kuvvet mikroskobu ve taramalı tünelleme mikroskobu; nanoteknoloji araştırmalarında kullanılan en önemli araçlardır.
- ❖ Elektronik, malzeme bilimi, matematik, fizik, kimya, biyoloji, eczacılık, tıp, bilgisayar, tekstil vb birçok alanda yapılmakta olan nanoteknoloji araştırmalarının özellikle malzeme ve tıp alanında hızlı bir gelişme göstermiş olduğu tespit edilmiştir.
- ❖ ABD başta olmak üzere, Japonya ve AB nanoteknolojiye en çok yatırımı yapmakta olan ülkelerdir.
- ❖ Pek çok ülke ulusal nanoteknoloji merkezleri ve nanoteknoloji enstitüleri kurmuştur.
- ❖ Türkiye'de Bilkent Üniversitesi'ndeki UNAM, nanoteknoloji konusunda araştırma yapan ana merkez olmakla beraber; ODTÜ, Anadolu Üniversitesi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü de bu konuda araştırma yapan merkezlere sahiptirler.
- ❖ Türkiye'de bazı kamu kuruluşları ve özel sektör kuruluşları da nanoteknoloji konusunda çalışmalar yapmaktadırlar. Fakat bu kuruluşların yapmış oldukları yatırım dünyanın çok gerisindedir.
- ❖ Nanoteknoloji ile ilgili eğitimin Türkiye'deki tüm üniversitelerde yaygınlaşması hatta ilk ve ortaöğretimde dahi nanoteknoloji eğitiminin verilmesi Türkiye'nin nanoteknolojide büyük yollar kat ederek gelişmiş ülkeler arasına girmesinde etkili olabilir. Bu konuyla ilgili devlet yatırımlarının ve bu konuyla ilgilenen özel sektör kuruluşlarının sayısının artması da ayrıca önemlidir.

Gıda ve tarım endüstrisinde, fonksiyonel gıda üretiminde nanoteknolojiden yararlanılarak ürünlerin özellikleri iyileştirilmeye ve yeni ürünler geliştirmeye çalışılmaktadır. Nanoteknoloji ile üretilen ürünler piyasaya sunulmakla birlikte çalışmaların çoğu laboratuvar aşamasındadır. Önümüzdeki 10-15 yıl içinde laboratuvar ölçeğinde yapılan çalışmaların ticari ürüne dönüşebileceği tahmin edilebilmektedir.

Sonuç olarak, ülkemizin teknolojiyi ithal eden değil üreten gelişmiş ülkeler arasında yer alabilmesi için bilişim teknolojileri, biyoteknoloji ve diğer jenerik teknoloji alanlarında olduğu gibi, bir devrim niteliğinde değerlendirilen nanoteknoloji alanında da araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin önünü açacak her türlü desteği vermesi ve bunun için gerek duyulacak tüm kaynakları seferber etmesi kaçınılmazdır. Tüm bunların yanı sıra, ihtiyaç duyulacak araştırmacı kadrosunun yetiştirilmesi, her türlü eğitim-öğretim faaliyetlerine yer verilmesi ve konu ile ilgili toplumsal farkındalığın sağlanması da gerekmektedir.

**Çizelge 4.1.** Nano gıda düzenlemelerini geliştirmek üzere bir dizi öneri(Chau ve ark. 2007)

Parçacık boyut aralığı, hesap yöntemleri, işleme yöntemleri, fiziksel ve kimyasal özelliklerin kriterlerinin belirlenmesi ve güvenlik meseleleri
Daha büyük boyutlarının bileşen ya da katkı maddesi olarak kullanılan nano parçacık içeren nano gıdaların düzenlenmesi
Mikro ya da nano gıda gibi terimler göz önünde bulundurulabilir. Mikro gıda konusunda da daha büyük aralıklarda parçacık boyutları geliştirilmesi(Birkaç mikrona kadar)
Nano gıdalar ve çok küçük parçacıklar için üst limit ürünün türüne bağlı olarak 100 nm ye kadar esnetilmesi
Sağlıklı sınıflandırma ve analiz gerçekleştirebilmek üzere nano gıda ürünlerin likit, toz, aerosol, süspansiyon, emülsiyon ve lipozom gibi farklı kategorilere ayrılması
Boyutlarının azalması ile birlikte bio-aktivite, fizyokimyasal özelliklerde ki değişimlerin dikkate alınması
Üründe ki nano maddeleri tanımlamak üzere etiketleme zorunluluğu ve parçacık boyut aralığı ve güvenlik bilgisi sağlamak
Gıda ve nano teknolojide sosyal ve etik araştırmalar yürütmek
Nano zehir tespiti nano maddelerin fizyo-kimyasal özelliklerini de göz önünde bulundurmak (İn Vivo Araştırmalar)

Kimyasal olarak değiştirilmiş nano ölçek maddelerin güvenlik değerlendirmeleri yada nano zehirlilik çalışmalarının gerekliliği
Doğa da bulunmayan nano ölçek maddeleri yeni maddeler olarak algılanmalı ve bunları daha dikkatli yaklaşılmalıdır
Her bir nano parçacık malzemenin potansiyel zehirliliği tek tek kontrol edilmelidir
Alttan üste sentetik yaklaşımla hazırlanan özellikle de büyük boyutları tüketimi uygun olsa da boyutları 100 nm den küçük nano ölçek malzemelerin güvenlik değerlendirmeleri ve nano zehirlilik çalışmaları gereklidir
Paketleme malzemelerinden gıda malzemelerine de kadar parçacıklarının salınımının risklerinin değerlendirilmesi
Serbest nano parçacıklarının kullanımını kontrol etmek amacıyla var olan gıda ve sağlık düzenleyici çerçevede boşlukları tespit etmek
Nano teknoloji işçileri ve bilim adamlarını sağlık tehlikelerinden korumak amacıyla nano ölçek malzemeleri yönetmek üzere nano teknoloji laboratuvar protokolleri. Eldiven, koruyucu elbise, nano parçacıklardan koruma sağlayabilecek yüksek etkili gaz maskesi gibi standart hijyen prosedürleri ile başlamak önerilmektedir

## 5. KAYNAKLAR

- Anonymous M (2004). Trend Belirleyici Yeni Bir Yaklaşım Nano Teknoloji. Tekstil Teknoloji, 9:186-187.
- Balcı H (2006). Akıllı (Fonksiyonel) Tekstiller, Seçilmiş Kumaşlarda Antibakteriyel Apre ve Performans Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Başaran E (2002). Nanoteknoloji. Dünden Bugüne Türkiye’de Bilim- Teknoloji ve Geleceğin Teknolojileri, Ed: A.Ayhan. Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, 379-388.
- Bayındır M (2007). Türkiye’de Nanoteknoloji, Bilim ve Ütopya, 19-20, [www.fen.bilkent.edu.tr/~mb/GuncelYazilar/Turkiyede\\_Nanoteknoloji.pdf](http://www.fen.bilkent.edu.tr/~mb/GuncelYazilar/Turkiyede_Nanoteknoloji.pdf) (2010).
- \_\_\_\_\_, 2007b. Nanoteknoloji Hayatımızda. Bilim ve Ütopya, 12-18, [www.fen.bilkent.edu.tr/~mb/GuncelYazilar/Nanoteknoloji\\_Hayatimizda.pdf](http://www.fen.bilkent.edu.tr/~mb/GuncelYazilar/Nanoteknoloji_Hayatimizda.pdf) (2010).
- Bouwmeester H, Dekkers S, Noordam M.Y, Hagens W.I, Bulder A.S, Heer C, Voorde S, Wijhnoven S, Marvin H, Sips A (2009). Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 53:52-62.
- Boyacıoğlu D (2008). Nanoteknoloji ve gıda sistemlerine uygulamaları-Süper gıdalara doğru bir yol haritası mı?, [www.utb.org.tr/makaleler/nanoteknoloji-ve-gida-sistemlerine-uygulamalari-super-gidalara-dogru-bir-yol-haritasi-mi.html](http://www.utb.org.tr/makaleler/nanoteknoloji-ve-gida-sistemlerine-uygulamalari-super-gidalara-dogru-bir-yol-haritasi-mi.html) (2010).
- Bozkaya Y (2006). Nanoteknoloji Yüksek Lisans Programı. Anadolu Üniversitesi, İleri Teknolojiler Anabilim Dalı, Nanoteknoloji Bilim Dalı, <http://www.itab.anadolu.edu.tr/itab/pdf/nylp.pdf> (2010).
- \_\_\_\_\_, 2006b. Nanoteknoloji ve Uygulamaları. Anadolu Üniversitesi, İleri Teknolojiler Araştırma Birimi, [www.robotlar.com/NANOTEKNOLOJIVEUYGULAMALARI.pdf](http://www.robotlar.com/NANOTEKNOLOJIVEUYGULAMALARI.pdf) (2010).
- Csrees(Cooperative State Research, Education and Extension Service) (2003). Nanoscale Science and Engineering For Agriculture and Food Systems. USA.
- Chau C, Wu S.H, Yen G.C (2007). The development of regulations for food nanotechnology. Trends in Food Science & Technology, 18:269-280.
- Cireli A, Kutlu B, Onar N, Erkan G (2006). Tekstilde İleri Teknolojiler. Tekstil ve Mühendis, 13:7-20.

- Çelikel G, R&D Coordinator Yasar Paint and Chemicals Group (2008). Nanotechnology in Packaging Industry and its Applications, 112s.
- Çıracı S (2007). 21. Yüzyılda Yeni Bir Sanayi Devrimi: Nanoteknoloji. Bilim ve Ütopya,4-11, [http://nano.bilkent.edu.tr/docs/Nanoteknoloji\\_Devrimi.pdf](http://nano.bilkent.edu.tr/docs/Nanoteknoloji_Devrimi.pdf) (2010).
- Doğan M (2001). Yüzey Analiz Teknikleri Ders Notları, Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü.
- Erkan G, Erdoğan Ü.H, Kayacan O (2005). Tekstil Sektöründe Nano-Teknoloji Uygulamaları, Tekstil Teknolojileri ve Tekstil Makinaları Kongresi, Gaziantep, 19-27.
- Ersan I (2006). Sigorta Sektörü Nanoteknoloji Devrimine Hazır mı?. Best, 32:11-14, [http://nano.bilkent.edu.tr/docs/Best\\_dergisi.pdf](http://nano.bilkent.edu.tr/docs/Best_dergisi.pdf) (2010).
- ETC Group(Action Group on Erosion, Technology and Concentration) (2004). Down on the Farm, [www.etcgroup.org/documents/ETC-DOTFarm2004.pdf](http://www.etcgroup.org/documents/ETC-DOTFarm2004.pdf) (2010).
- Grobe A, Renn O, Jaeger A (2008). Risk Governance of Nanotechnology Applications in Food and Cosmetics, 10:1-9
- Joseph T, Morrison M (2006). Nanotechnology in Agriculture and Food, 3:7-11
- Hasenoğlu M (2009). Nanoteknolojinin Sağlayacağı İmkanlar. <http://www.gelecegindunyasi.com/gelecektebilimveteknoloji.htm> (2009).
- Kut D, Güneşoğlu C (2005). Nanoteknoloji ve Tekstil Sektöründeki Uygulamaları. Tekstil&Teknik, Şubat: 224-230.
- Mileer G, Senjen R (2008). Nanotechnology in Food & Agriculture. Friends of the Earth, 10:3-8
- Özdoğan E, Demir A, Seventekin N (2006). Nanoteknoloji ve Tekstil Uygulamaları. Tekstil ve Konfeksiyon, 16:159-163.
- Özbay E (2006). Nanoteknoloji. Dergi Bilkent, 5: 12-15.
- Özbay E (2007). Dünyada Nanoteknoloji Yatırımları. [www.nano.bilkent.edu.tr](http://www.nano.bilkent.edu.tr) (2007).
- Qian L, Hinestroza J.P (2004). Application of Nanotechnology for High Performance Textiles. Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, 4:1-7.
- Siegrist M, Stampfli N, Kastenholz H, Keller C (2008). Perceived risks and perceived benefits of different nanotechnology foods and nanotechnology food packaging. Appetite, 51:283-290.
- Sındır O (2008). Nanoteknoloji. Tarım ve Gıda Bilimlerindeki Yeri, [www.zeytinci.org/zeytin/fullnews.php?fn\\_id=25](http://www.zeytinci.org/zeytin/fullnews.php?fn_id=25) (2010).

- Sozer N, Kokini J.N (2009). Nanotechnology and its applications in the food sector. Trends in Biotechnology, 27(2):1-8
- Şenol F, Tayyar A.E, Doğan G, Yaman N (2005). Nanolifler ve Uygulama Alanları. Tekstil Maraton, 15:20-25.
- Xin J.H (2006). Nanotechnology for Textiles and Apparel. The Hong Kong Polytechnic University, Institute of Textiles&Clothing, [www.itc.gov.hk/innotech/IFT R&D Center Conference.pdf](http://www.itc.gov.hk/innotech/IFT_R&D_Center_Conference.pdf) (2010).
- Weiss J, Takhistov P, Mcclements J (2006). Functional Materials in Food Nanotechnology
- Yükseltürk A (2010). Gıdalar ve Nanoteknoloji. <http://www.nanoturkiye.net/2009/02/25/gidalar-ve-nanoteknoloji> (2010).



## **ÖZGEÇMİŞ**

1984 yılında Ankara’da doğdum. Ankara’nın Keçiören ilçesinde bulunan İbni Sina İlköğretim Okulu ’ndan 1994 yılında mezun oldum. Ankara’nın Keçiören ilçesinde bulunan Rauf Denktaş Lisesi’nin orta okul bölümünden 1997 yılında mezun oldum. Ankara’da bulunan Özel Arı Fen Lisesi ’nden 2000 yılında mezun oldum. Trakya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümündeki eğitimime 2000 yılında başladım. Trakya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünden 2004 yılında mezun oldum. 2005 yılında askerliğini yaptım. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalındaki yüksek lisans eğitimime 2005 yılında başladım.