

Gıda Endüstrisi ve Nanoteknoloji: Durum Tespiti ve Gelecek

Özge Süfer, Sibel Karakaya

Ege Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir

Geliş Tarihi (Received): 28.11.2011, Kabul Tarihi (Accepted): 28.12.2011

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): ozgesufer@yahoo.com (Ö. Süfer)

☎ 0 232 388 23 95 📠 0 232 342 75 92

ÖZET

Genellikle 10-100nm ya da daha küçük boyutlardaki materyallerle ilgilenen nanoteknoloji son yıllarda çarpıcı bir biçimde gelişmiş ve bu gelişmesine gelecekte de devam edecek gibi görünen bir teknolojidir. Nanoboyutta materyallerin davranışları değişmekte ve kütleli malzemedeki daha büyük yapılarla karşılaştırıldığında, tamamen yeni ya da gelişmiş özellikler (boyut, dağılım, morfoloji vb.) ortaya çıkmaktadır. Nanoteknolojik araştırmaların çoğu, biyobilimler ve mühendislikteki uygulamaların gelişmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Nanobilimi gıda endüstrisinde uygulayacak stratejiler, nanoteknolojinin geleneksel uygulamalarından oldukça farklılık göstermektedir. Gıda işleme, çok fazla çeşit hammaddeyi, yüksek canlı güvenliğini, iyi düzenlenmiş teknolojik prosesleri içeren, multi teknolojik üretim endüstrisidir. Gıda üretiminde dört büyük alan nanoteknolojiden yarar sağlayabilir. Bunlar, yeni fonksiyonel gıda ve materyallerin geliştirilmesi, mikro ve nano ölçekte işleme, ürün geliştirme ve gıda güvenliği için gelişmiş yöntemler ve düzenlemelerdir.

Anahtar Kelimeler: Nanoteknoloji, Nanoparçacık, Gıda Endüstrisi

Food Industry and Nanotechnology: Recent Situation and Future

ABSTRACT

Nanotechnology, which is generally interested in particles that are between 10-100 nm or less, has grown dramatically in recent years and promises to continue to grow in the future. Apart from mass materials, structures in the nanoscale have been shown to have unique and novel functional properties (size, distribution, morphology etc). Most of the nanotechnological studies have been intensified on biosciences and the development of engineering applications. The strategies that incorporate nanosciences into food industry are completely different from conventional ones. Food processing is a multitechnological production industry including many types of raw materials, food safety and well-designed technological processes. Nanotechnology has great opportunity in four major areas in food production technology. These areas can be classified as the development of new functional materials, new delivery systems processed at micro and nano scales, food product development and food safety.

Key Words: Nanotechnology, Nanoparticle, Food Industry

GİRİŞ

Araştırma-geliştirme (Ar-Ge) ve endüstriyel aktivitenin bilim dalları arasında geniş alanına sahip olan nanoteknoloji, 100 nm veya daha küçük boyuttaki bir ya da daha çok materyalin üretimini, prosesini ve uygulamalarını içerir. Nanoteknoloji, Ar-Ge'de; tıp,

kozmetik, tarım ve gıda gibi birçok bilimi kapsayan, yeni pek çok alanın oluşmasına imkân tanıyan bir teknolojidir ve nanoboyuttaki maddelerin yapısının, dokusunun ve kalitesinin nasıl değişebileceğini anlayabilmek için nanoteknoloji kullanılır. Nanoteknolojinin, diğer bilimlerle bir noktada birleşmesi, gıdaların; üretimi, güvenliği, prosesi, depolanması ve

taşınmasında büyük etkiler yapması beklenen yeniliklere yol açmaktadır. Örneğin biyoteknoloji, nanoteknoloji ve bilgi teknolojisinin birleşimi, gıdalarda patojen ve kontaminantların tanımlanması için kullanılan nanobiyosensörlerin gelişimi için yeni fırsatları oluşturmuştur. Teknolojilerin bu şekilde birleşimi, tat reseptörleri ve aroma algısının anlaşılması ile birleştirildiğinde olduğu gibi, gıdaların tat özelliklerinin tanımlanması için kullanılan "elektronik dil" in geliştirilmesine neden olmuştur [1].

Gıda sektöründe nanoteknoloji uygulamaları, henüz yeni ortaya çıkmıştır, ama ileriki yıllarda hızla artacağı tahmin edilmektedir. Dünyanın pek çok büyük gıda firması, gıdalarda ya da gıda ambalajlarında kullanılmak üzere, nanoteknolojiyi aktif olarak araştırdıklarını rapor etmişlerdir [1, 2]. Bu alandaki gelişmeler; gıda maddelerinin gelişmiş tat, renk, aroma, doku ve kıvamı, besin öğeleri ve ek sağlık bileşenlerinin artırılmış absorpsiyon ve biyoyararlılıkları, gelişmiş mekanik, bariyer ve antimikrobiyal özelliklere sahip yeni gıda ambalajlama materyalleri ve taşıma ve depolama sırasında gıdanın durumunu gösteren nano-sensörler sayılabilir [1].

Gıda nanoteknolojisine önemli oranda finansal yatırımlar yapılmaktadır. Gıda nanoteknolojisi ürünlerinin değerinin dünya çapında 2012 yılında 5,8 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir [2, 3]. Nano-türevli ambalajlama, 2008 yılında 4,2 milyar dolar seviyesinde seyrederken, 2014 yılında 7 milyar doları aşması beklenmektedir [2].

NANOTEKNOLOJİNİN ÖNEMİ

Bugüne kadar nanoteknoloji alanında yapılan çalışmalar daha çok ambalaj malzemeleri ve nanosensörler üzerine olmuştur. Yapılan araştırmalar sonucunda suyun saflaştırılmasında, hücre duvarının hasarında, mikro enkapsülasyonda, koku gidermede, dezenfeksiyonda, antimikrobiyal ve antifungal uygulamalarda ve raf ömrünün artırılmasında nanoteknolojiden yararlanılmaya başlanmıştır [4].

Örnek olması açısından yapılan bazı çalışmalarda elde edilen yenilikler şu şekilde sıralanabilir: (i) besin öğelerinin ve biyoaktif bileşenlerin doğrudan hedef bölgeye gönderilmesine olanak sağlanmaktadır, (ii) yeni bir çeşit kanola yağında bulunan nano düzeyde

parçacıklar, kolesterolün kana girişini engelleyebilmektedirler ve (iii) Işığa duyarlı nanopartiküller içeren mürekkep, UV ışığı ile devreye alındığında yalnızca oksijen varlığını sezmekte ve ambalaj içinde oksijen bulunduğunda mürekkep renk değiştirmektedir [4].

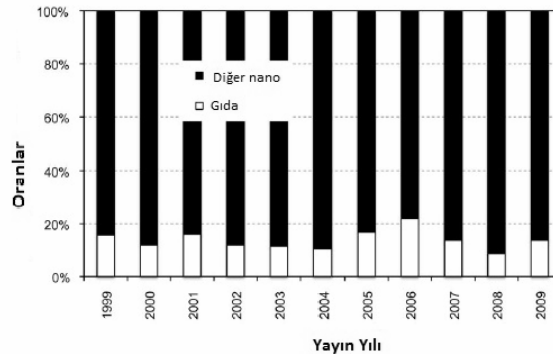
Diğer taraftan toksisite ile ilgili yeni çalışmaların yapılmasına gerek bulunmaktadır. Bazı çalışmalarda genetik olarak modifiye edilmiş organizmalar (GMO) ile nanoteknolojinin geleceği hakkında benzerlik kurulmaya çalışılmakta ve olası tehlikelere dikkat çekilmektedir. Önümüzdeki günlerde bizim göremediğimiz boyutlarda yapılan çalışmalar ile bugüne kadar görmediğimiz uygulamaların karşımıza çıkması şaşırtıcı olmayacaktır [4].

NANOTEKNOLOJİNİN DÜNYADAKİ DURUMU

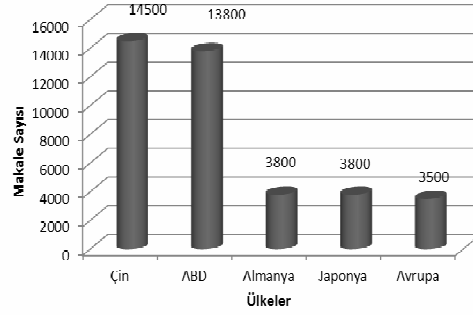
Pek çok büyük gıda firmasının, gıdalardaki nanobilimin potansiyel avantajlarını araştırdığı ya da izlediği şüphesizdir. "Kraft Gıda", 1999 yılında ilk nanoteknoloji laboratuvarını kurmuş ve 2000 yılında dünya çapında 15 üniversite ve ulusal araştırma laboratuvarının yer aldığı "Nanotek Konsorsiyumu"nu düzenlemiştir. Renk, aroma ya da içeriğini, tüketicilerin diyet ihtiyaçlarına, alerjilerine veya damak tatlarına göre değiştirebilme yeteneğine sahip olan gıdaların (interaktif gıdalar) geliştirilmesi, Kraft ve Nestle'nin araştırma alanında yer almaktadır [5, 6].

Kraft, Nestle, Unilever ve diğerleri, gıdanın yapısını değiştirmek, renk ve aromayı değiştirebilen nanokapsül içeren "etkileşimli" içecekler yaratmak (Kraft) ve dokuyu geliştirmek için nanopartikül emülsiyonlu sürülebilir ürünler, çikolata, cips ve dondurmalar (Unilever, Nestle) üretmek için nanoteknolojiden yararlanmaktadır. Diğer firmalar ise besin öğeleri ve aromaları vücuda taşıyacak küçük nanokapsüller dizayn etmektedir [5, 6].

Şekil 1'de 1999-2009 yılları arasında, Amerikan gazetelerinde yer alan gıda nanoteknolojisi ile ilgili haberlerin nanoteknoloji ile ilgili olan diğerlerine oranları gösterilmektedir. Şekil 2'de ise 2008-2009 yılları arasında akademik alanda nanoteknoloji ile ilgili en çok makale yayınlayan 5 ülke ve de makale sayıları yer almaktadır.



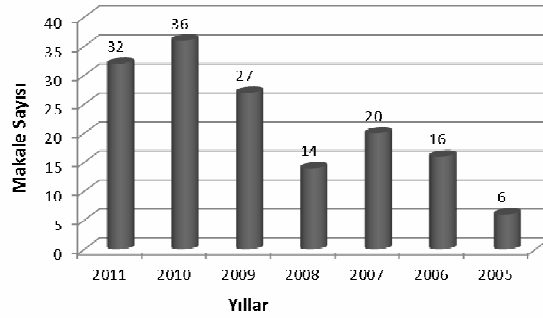
Şekil 1. Yıllara göre Amerikan gazetelerinde yer alan gıda nanoteknolojisi ile ilgili haberlerin nanoteknoloji ile ilgili olan diğerlerine oranları [2]



Şekil 2. Yayınlanan akademik makale sayılarının ülkelere göre dağılımı [7]

Web of Science veritabanında, gıda nanoteknolojisi konusunda yayınlanmış makalelerin yıllara göre dağılımı incelendiğinde 2005-2011 yılları arasında 151 makalenin yayınlandığı belirlenmiştir (Şekil 3). 2010 ve 2011 yıllarında sırasıyla 36 ve 32 adet

makale yayınlanmıştır. Bu rakamlar gıda alanındaki nanoteknoloji ile ilgili çalışmaların diğer alanlardaki nanoteknoloji çalışmalarına göre çok daha az olduğunu göstermektedir.



Şekil 3. Gıda nanoteknolojisi konusunda Web of Science veritabanında yayınlanmış makalelerin yıllara göre dağılımı

NANOTEKNOLOJİNİN TÜRKİYE'DEKİ DURUMU

Geleceğin teknolojisi olarak kabul gören nanoteknoloji dalında çağın gerisinde kalmak istemeyen Türkiye, çeşitli ulusal programlar ve yatırımlar ile henüz dünya çapında emeklemekte olan bu teknolojiye rekabet edebilecek düzeye gelmek istemektedir. Bu kapsamda kamu ve özel sektörüyle birçok ciddi yatırım yapmış, bu teknolojinin geliştirilmesi devlet tarafından desteklenmiştir. Türkiye'de nanoteknoloji şu anki haliyle genel olarak medikal ve tekstil alanlarında ilerlemekte ve bu sektörlerle ilgili araştırmalara öncelik verilmektedir [8]. Ülkemizde nanoteknoloji alanında yapılmakta olan çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Vizyon 2023 Strateji Belgesi, bilimsel ve teknolojik gelişmelerin yol ayrımına getirdiği Türkiye'yi geleceğin önemli teknolojilerinde egemenlik sağlayarak uluslararası toplumun önemli bir üyesi olmasını sağlayacak ve yarınlarını garantiye alacak teknoloji ve bilim politikaları için stratejik bir yol haritası ortaya koymaktadır. 2023 yılına yönelik bu çalışma, bilim, teknoloji ve yenilikte yetkinleşmiş; üreten; net katma değerini kendi beyin gücüne dayanarak artırabilen bir Türkiye vizyonu ortaya koymuştur. Bu vizyonun öğeleri olarak eğitim, sağlık, tarım-gıda, ulaştırma ve savunma

gibi çeşitli alanlar tanımlanmış ve vizyonu destekleyecek sosyo-ekonomik hedefleri ortaya koymuştur [9].

UNAM Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi, Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı'nın katkısıyla Bilkent Üniversitesi tarafından sunulan ve 3 yıla yayılan bir projeye UNAM Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi kurulmuştur. Yaklaşık 9000 m² kapalı alanda 62 adet laboratuvarı bulunmaktadır. Nanoteknolojideki genel gelişmelere ve eğilimlere de paralel olarak nanobiyoteknoloji, nanomalzeme ve kimya, enerji ve hidrojen ekonomisi, nanotriboloji, yüzey kaplama, katalizör tasarımı gibi güncel konularda da çalışmalar yürütülmektedir [9].

Bu iki gelişmenin dışında Türkiye'de birçok üniversitede nanoteknoloji alanında çalışma yapılmaktadır. Sabancı Üniversitesi'nde kimya, malzeme bilimi ve mühendisliği, elektronik, mekatronik ve biyoloji mühendisliklerinin ortak çalışmalarıyla nano büyüklükte karbon maddeler, jeller ve sensör teknolojisinde, seramik ve optik maddeler ile lineer olmayan optik polimerler üzerine çalışmalar yürütülmektedir. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarı ve Ar-Ge Merkezi, Hacettepe Üniversitesi Nanoteknoloji ve Nanotıp Anabilim Dalı Yüksek Lisans ve Doktora Programları, Gebze Teknoloji Enstitüsü, MAM-Marmara Araştırma

Merkezi ve İzmir Teknoloji Enstitüsü nanoteknoloji alanında çalışmalar yapılan önemli akademik merkezlerdir. Bunlara ek olarak bazı şirketler de Ar-Ge faaliyetleri aracılığı ile kendi çalışmalarını yürütmektedirler [9].

NANOTEKNOLOJİNİN GIDA ENDÜSTRİSİNDEKİ KULLANIM ALANLARI

Nanoteknoloji, gıda ve ziraat sistemlerinin pek çok yönünü etkileme potansiyeline sahiptir. Gıda güvenliği, moleküler ve hücre biyoloji için yeni aletler, patojen tanımlaması için yeni materyaller ve çevrenin

korunması, nanoteknolojinin ziraat ve gıda sistemleri mühendisliği ve bilimine önemli katkılarına örnektir [10].

Nanoteknolojik araştırmaların çoğu, biyobilimler ve mühendislikteki uygulamaların gelişmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Nanobilimini gıda endüstrisinde uygulayacak stratejiler, nanoteknolojinin geleneksel uygulamalarından oldukça farklılık göstermektedir. Gıda işleme; çok fazla çeşit hammaddeyi, yüksek canlı güvenliğini, iyi düzenlenmiş teknolojik prosesleri içeren, multi teknolojik üretim endüstrisidir [10]. Tablo 1'de gıdaların işlenmesinde yararlanılan nanoteknolojik uygulamalara yer verilmiştir.

Tablo 1. Gıda üretim zincirinde nanoteknoloji uygulamalarının özeti [11]

Zincir Evresi	Uygulama	Nanoteknoloji	Fonksiyon	Nanopartiküllerin Tüketiciye Ulaşma Olasılığı*	
Tarımsal Üretim	Nanosensörler	Gıda maddelerinde nanospreyler	Mikroorganizmalara bağlanma ve onları renklendirme.	+	
		El yapımı aletler	Kontaminantların, mikotoksinlerin ve mikroorganizmaların tanımlanması	-	
	Pestisitler	Nanoemülsiyonlar, enkapsülatlar	Arttırılmış etki ve suda çözünürlük	++	
		Nanogözenekli filtreler	Patojen/Kontaminant uzaklaştırılması	-	
Gıdaların Prosesi ve Üretimi	Su Arıtma/Toprak Temizleme	Nanopartiküller	Kontaminantların uzaklaştırılması/ katalizasyonu/ oksidasyonu	-/+	
		Gıda üretimi	Geniş, reaktif yüzey alanı	-/+	
	Buzdolapları, saklama kapları, gıda hazırlama ekipmanları	Nanoseramik aletler	Birleştirilmiş nano ölçekteki partiküller, çoğunlukla gümüş ve bazen çinko-oksit	Antibakteriyel kaplama	-/+
		Gıda Ürünleri	Nano ölçekteki gümüş spreylere	Antibakteriyel davranış	++
Koruma	Ambalajlama Materyalleri	Birleştirilmiş Sensörler	Gıda bozulmalarının tanımlanması, depolama koşullarının görüntülenmesi	-/+	
		Birleştirilmiş Nanopartiküller	Bariyer özelliklerini artırma, materyallerin dayanıklılığını artırma	-/+	
	Birleştirilmiş Aktif Nanopartiküller	Oksijen toplama, patojenlerin gelişimini engelleme	-/+		
Fonksiyonel Gıda Tüketimi	Destekler	Kollodial metal nanopartiküller	Metallerin alımını artırma	++	
		Taşıma sistemleri "nanodemetler"	İçeriği koruma ve hedeflenen dağılım	++	
		Nano-ölçekli/ -demetli/ gıda/ içecekler	Arttırılmış alım iddiası	++	

*-: Nanoteknolojinin gıda ile teması yoktur. -/+: Üretim sırasında gıda ile temas var, ancak tüketicinin nanopartiküllere, beklenen direkt maruzu yoktur. +: Nanopartiküller direkt olarak tüketici ürünlerine eklenir.

Özet olarak, nanoteknolojinin gıda endüstrisi ile ilişkili mevcut birçok uygulaması olmakla birlikte bunların çoğunun ticari olarak uygulamaya konmasının,













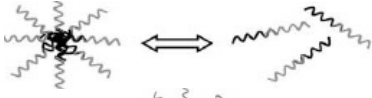


endüstriyel ölçekte kullanım düzeyinde ya çok pahalı ya da pratik olmamaları nedeniyle biraz zor olabileceği öngörülmektedir [10].

Gıda Nanoteknolojisinde Fonksiyonel Maddeler

kullanılan partikül çeşitleri ve bunların özellikleri verilmiştir [11].

Gıda nanoteknolojisindeki fonksiyonel maddelerin temeli partiküllere dayanmaktadır. Tablo 2’de, nanoteknolojide

Tablo 2. Nanoyapıdaki partiküllerin farklı biçim ve şekilleri [11]

Partikül Çeşidi	Tanım
“Katı” Nanopartiküller	
	Bileşimi itibariyle homojen olan küresel partiküller
	Bileşimi itibariyle homojen olan tüpsü partiküller
	Bileşimi itibariyle homojen olan karmaşık, küre şeklinde olmayan partiküller
	Bileşimi itibariyle heterojen olan, çekirdeği ve yüzey kompozisyonu farklı olan partiküller
	
	Bileşimi itibariyle heterojen olan, farklı kompozisyon dağılımı olan partiküller
	
	Tek bir sınıf partikül içeren, homojen agregatlar/aglomeratlar (topluluklar, yığınlar)
	Çeşitli partikül tiplerini içeren, heterojen agregatlar / aglomeratlar (topluluklar, yığınlar)
Lipid temelli nanotaşınım sistemleri	
	Nanolipozomlar/arkaeozomlar: Çift tabakalı lipid vezikülleri
	Misel: Tek tabakalı lipid vezikülleri
	Nanokoşelatlalar: Lipid tabakanın, spiral biçimde sarıldığı yapılar.
Polimer temelli nanotaşınım sistemleri	
	Misel: Yığın halindeki kopolimerler
	Nanoküre: Yığın halindeki kopolimerler; katı, merkezi bir çekirdek oluşturur.
	Nanokapsül / Polimerzom: Merkezi bir boşluğu çevreleyen polimer membran
	Nanokapsül: Kapsül boşluğunda yağ fazı olan tek tabakalı membran
	Polimerzom: Kapsül boşluğunda su fazı olan çift tabakalı membran (nanolipozoma benzer)

Lipid ve polimer temelli nanotaşınım sistemlerinin yanında, emülsiyon temelli nanotaşınım sistemleri de bulunmaktadır. Esansiyel yağların enkapsülasyonu için olan bu sistemlerin gıdalarda antimikrobiyal olarak kullanılabileceği bildirilmiştir [12]. Gıda nanoteknolojisinde fonksiyonel bileşenlere ait uygulamalar arasında nanotüpler de yer almaktadır. Bunlar arasında süt proteinlerinden özellikle α -laktalbümin ve β -laktoglobulinin enzimatik hidrolizi ve

daha sonra açığa çıkan daha küçük protein ünitelerinin kendiliğinden bir araya gelip yeniden düzenlenmeleri ile (self assembly) elde edilen tübül yapılar dikkat çekmektedir. Bu çalışmaların sonuçları nanotaşınım sistemlerinin gıda endüstrisi ve farmakoloji alanında çeşitli uygulamaların olacağını göstermektedir [13, 14, 15].

Nanoteknoloji ve Gıda Ambalajlama

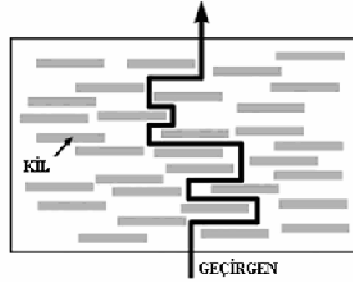
Nanoteknolojinin kullanıldığı gıda ambalajlama materyalleri, günümüzde gıda sektöründeki nanoteknolojik uygulamaların başlıca alanını oluşturmaktadır. Gıda ambalajında gıda ile temas eden materyalde (Food Contact Materials = FCMs) nano boyuttaki malzemenin kullanımına ait başlıca uygulamalar;

- Nanoboyuttaki malzemenin eklenmesiyle geçirgenlik, gaz tutuculuğu, sıcaklık/nem stabilitesi gibi özelliklerin güçlendirilmesi,
- Antimikrobiyal veya oksijeni tutma özelliği taşıyan nanoparçacıkların temas yüzeyine eklenmesi,
- Nanosensörler içeren akıllı gıda ambalajları,
- Biyobozunur polimer–nanomateryal kompozitler şeklinde özetlenebilir [1].

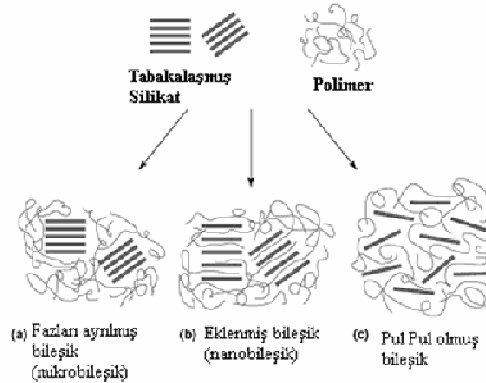
Biyonobileşenler, gelişmiş mekanik, ısıl ve gaz engelleme özellikleri ile bilinen hibrid nanoyapıdaki maddelerdir [16]. Biyonobileşenlerin gıda ambalajlamada kullanılması sadece gıdayı korumakla kalmayıp, raf ömrünü de uzatmaktadır. Ayrıca ambalajlamada plastik materyalin kullanımını azalttığı için çevre dostu bir çözüm olarak değerlendirilmektedir [17, 18]. Ambalajlama materyalinin biyobozunur olabilme özelliği kil gibi inorganik partiküllerin

biyopolimerik matrikse (hücreler arası sıvı) girişi ile artırılabilir ve ayrıca tabakalı silikatın modifikasyonunda kullanılan yüzey aktif maddeler ile kontrol edilebilir [17, 18].

Biyobozunur ambalaj materyallerinin üretiminde proteinler önemli bir yere sahiptir. Mısır proteininin başlıca bileşeni olan "zein", bu amaçla kullanılan proteinlerin başında yer almaktadır. Etanol veya aseton içerisinde çözündürülmüş zeinden iyi gerilme özelliğine sahip biyobozunur filmler ve su geçirmeyen bariyerler oluşturabilir [18, 19, 20]. Silikat kompleksleri kullanarak zein polimerlerinin bariyer özelliklerini arttırmak mümkündür. Tabakalaşmış yapıya benzer özellikler gösteren silikat kompleksleri, polimer matriks içerisinde dağılmakta ve böylelikle düşük seviyelerde (hacimsel olarak %1 ile %5) kuvvet, sıklık, su ve gaz geçirgenliğinin artmasını sağlamaktadır. Silikatlar 1 nm kalınlığında ve 30 ila 2000 nm çap aralığındaki kristal tabakalardan oluşur [17, 21]. Nanobileşenlerdeki kristal tabakalar difüzyon hızını kontrol etme yeteneğine sahiptir (Şekil 4) [17, 22]. Matriks içerisinde fazları ayrılmış, eklenmiş veya pulcuk bileşikler olmak üzere 3 farklı şekilde çökeltme olabilir. Pulcuk şeklindeki nanobileşikler, birbiri içerisinde geçmiş filmin gerilme kuvvetini artırma yeteneğine sahiptir (Şekil 5) [17, 23].



Şekil 4. Bir kil nanobileşeni içinde bir geçirgenin izlediği yol [17]



Şekil 5. Tabakalaşmış silikat ve polimerler arasındaki etkileşimden ortaya çıkan farklı tipteki bileşiklerin şematik gösterimi [17]

Biyobozunur bir ambalaj materyalinin polimer matrislerinin geliştirilmesinde nanogüçlendiricilerden faydalanılmaktadır. Bu nanogüçlendiriciler selüloz temelli olabildikleri gibi, silika, nişasta nanokristaller ile kitin / kitosan nanopartikülleri de olabilir [24]. Katyonik kitosan içerisine daldırılmış LDPE (düşük yoğunluklu polietilen) filmlere ilave edilen gümüş nanopartiküller ile aktif ambalajlama yapılabilir. Aktif ambalajlama, yalnızca gıdanın kalitesini korumakla kalmayıp, ürünün raf ömrünü uzatan, ürün özelliklerini geliştiren bir teknolojidir [25].

Nanosensörler

Gıdaların ambalajlanmasına ek olarak, gıdaların korunması da gıda sektörü için önem teşkil etmektedir. Gıda bozulmaları, nanosensörler ile tespit edilebilir. Örneğin; nanopartiküllerin binlercesinin bir dizisi gıda patojenleri ile temasta bulunarak farklı renklerde ışık yayarlar. Gıda mikrobiyolojisinde zamanın çok önemli olduğu dikkate alındığında, nanosensörlerin esas amaç olan patojenlerin tanımlanması için gerekli olan süreyi günlerden saatlere hatta dakikalara düşürmesi önemli bir sonuçtur [17, 26]. Gıda bozulmaları sırasında açığa çıkan kimyasalları tespit eden elektronik burun [28] veya diller gibi nanosensörler ambalaj materyaline direkt olarak yerleştirilebilir [17, 27].

Nano Ölçekte Enzim İmmobilizasyon Sistemleri

Geçen on yıl içinde, enzim immobilizasyonu ambalajlama uygulamaları için de dikkate alınmıştır. Laktöz ya da kolesterol redüktaz gibi enzimlerin ambalaj içinde birleşimi, gıda ürünlerinin değerini arttırabilir ve enzim ile ilişkili sağlık problemi olan tüketicilerin ihtiyaçlarına cevap verebilir [24].

Nano ölçekte immobilizasyon sistemlerinin performansı mevcut yüzey alanının artması, kütle transferinin modifikasyonu nedeniyle artacak ve dolayısıyla, sistemlerin verimliliğini etkileyebilecektir. Biyomoleküller için destekleyici olarak pek çok materyal geliştirilmiştir. Kil gibi inorganik destekler protein adsorpsiyonu için yüksek bir duyarlılığa sahiptir ve verimli enzim taşıyıcıları olarak bildirilmiştir [24].

Nanofiltrasyon Teknolojisi

Nanofiltrasyon ile su arıtımı, bir sıvı ayırma membran teknolojisidir. Nanofiltrasyon; minerallerin ayrılması, renk maddelerinin ayrılması ve suyu tuzdan arıtma gibi ayırma uygulamalarını mümkün kılmaktadır. Nanofiltrasyonun tipik bazı uygulamaları;

- Gıda, süt ürünleri ve içeceklerden ya da yan ürünlerden tuzun uzaklaştırılması,
- Peynir altı suyunun kısmi desalinasyonu (tuz ayırma işlemi),
- Yerinde temizlik (Clean in Place = CIP) sisteminde kimyasallarının saflaştırılması,
- Gıda ürünlerinde renk maddelerinin indirgenerek, uzaklaştırılması,

- Gıda, süt ürünleri ve içecekler ya da yan ürünlerin konsantre edilmesi olarak sıralanabilir [5].

NANOTEKNOLOJİNİN GELECEKTEKİ DURUMU

Dünya çapında 200'ün üzerinde firmanın, Ar-Ge çalışmalarını nanoteknolojinin; gıdaların ve gıda desteklerinin mühendisliğinde, işlenmesinde, paketlenmesinde ya da dağıtılmasında kullanımına taşıdığı tahmin edilmektedir. Ayrıca, birçok nanoteknolojik ürünün ve uygulamanın, geliştirilmenin farklı aşamalarında olduğu anlaşılmaktadır. Patent veritabanlarında yapılan bir araştırmada, 450'den fazla başvurunun gıdalarda veya gıda ile temas eden ambalaj materyallerindeki nanoteknoloji uygulamalarıyla ilişkili olduğu görülmüştür. Yine de bunların büyük bir çoğunluğunda amaç analitik, tedavi edici ve sağlık uygulaması olarak belirlenmiştir. Bu araştırmaların yalnızca 79 tanesi, direkt gıda ya da gıda ile temas eden materyallerle ilişkili olan uygulamalardır [1].

Şimdilerde Ar-Ge'nin temel odak noktası; gıdanın renk, aroma, doku ya da kıvam gibi özelliklerini değiştirme ya da optimize etme, aroma ve gıda bileşenlerinin salınımını kontrol etme, besin öğeleri veya nütrosetiklerin absorpsiyonunu zenginleştirme, raf ömrünü uzatma ve dayanıklılığını geliştirme, nanofiltrasyon sayesinde gıdalardan istenmeyen molekülleri uzaklaştırma, nanosensör kullanarak gıda ürünlerinin güvenliğini artırma, akıllı ya da fonksiyonel gıdaları geliştirme ve tüketicinin kendi besinsel ihtiyaçları veya tatlarına göre tüketiciye gıdayı modifiye edebilme imkanı sunmaktır. Bugünkü araştırmaların büyük hamlesi, yeni ve gelişmiş gıda ambalajlama materyallerinin gelişimine yönelmektir. Bu amaçla "akıllı" ambalajlamada kullanım için; nanopartiküller, nanosensörler ya da antijen – tanımlayan biyosensörler içeren polimer filmler geliştirilmektedir. Kullanılabilir olduğunda, ambalaj filmi içerisine yerleştirilmiş sensörler gıdada bozulmaya neden olan mikroorganizmaları tanımlayacaklar ve bir renk değişimi olmasını sağlayarak, gıdanın raf ömrünün bittiğini / biteceğini tüketiciye haber verecektir. Gıda ürünlerine ve paketlerine iliştilmiş nano ölçekte duyarlı aletler geliştirilmektedir ve bunlar gıda ya da gıda bileşenlerinin elde edildiği kaynağın belirlenmesine olanak sağlayacaktır. Bu alandaki daha ileri gelişmeler, gıdanın durumunu sinyal yoluyla belirten bir dizi sensörden yapılmış "Elektronik Dil" teknolojisidir. Meyveyi etkileyen küfler ya da et veya tavukta zararlı bakterilerin varlığını ortaya koyabilecek DNA temelli biyosensörler geliştirilmektedir [1].

SONUÇ

Gıda alanında nanoteknoloji; gıda ambalajlamada, filtrasyonda, fonksiyonel gıdalarda başarılı bir şekilde kullanılabilir. Süt proteinlerinden elde edilen nanotüpler sayesinde nanotaşınım sistemleri oluşturulmakta; bu da nütrosetiklerin ve desteklerin vücut içerisinde hedef bölgelere ulaşımı açısından yeni bir boyut kazandırmaktadır. Akıllı ambalaj üretiminde kullanılan nanosensörler sayesinde gıda bozulmaları

erken seviyede tespit edilerek, bu gıdaların tüketilmesi önlenilebilmektedir.

Dünyada nanoteknoloji ile ilgilenen ülkelerin başında Çin ve ABD gelmektedir. Bunu Japonya ve Avrupa ülkeleri takip etmektedir. Türkiye’de ise nanoteknoloji çalışmaları ve uygulamaları son yıllarda gündeme gelmeye başlamıştır. Bu amaçla ilk olarak, Devlet Planlama Teşkilatı tarafından alınan kararla Bilkent Üniversitesi bünyesinde Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (UNAM) kurulmuştur.

Yeni gelişmekte olan nanoteknolojinin 2025 yılı itibariyle yaşamı büyük ölçüde etkileyeceği düşünülmektedir. Diğer her yeni teknoloji gibi, halkın inancı, güveni ve kabulü, gıda sektörü için nanoteknoloji uygulamalarının başarısını ya da başarısızlığını tanımlamada anahtar faktörler olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesindeki katkılarından dolayı, Gıda Mühendisi Betül Tanç’a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] 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 and Contaminants* 25(3): 241-258.
- [2] Dudo, A., Choi, D., Scheufele, D.A., 2011. Food nanotechnology in the news. Coverage patterns and thematic emphases during the last decade. *Appetite* 56: 78–89.
- [3] House of Lords, Science and Technology Committee, 2010. Nanotechnologies and food (Volume I. Report). London: U.K. Retrieved February 3, <http://www.publications.parliament.uk/pa/ld200910/ldselect/ldsctech/22/22i.pdf> Erişim: 20.08.2011
- [4] Devres, O. Y., 2007. Nanoteknoloji ve gıda sanayi. *Dünya Gıda Dergisi* Mart: 29.sayfa
- [5] Sangamithra A., Thirupathi V., 2009. Nanotechnology in Food, Science Tech Entrepreneur Ezine, January. <http://www.techno-preneur.net/information-desk/sciencetech-magazine/2009/jan09/nanotechnology.pdf> Erişim: 20.08.2011
- [6] Neethirajan, S., Jayas, D.S., 2011. Nanotechnology for the food and bioprocessing industries. *Food Bioprocess Technol.* 4:39–47
- [7] Shaphira, P., Wang, Y., 2010. Comment – follow the money. *Nature* 468: 627-628.
- [8] Kahraman D., 2010, Türkiyede Nanoteknoloji Alanında Yapılmış Çalışmalar Üzerine, Kocaelli, 13p. http://kocaelli.academia.edu/DenizKahraman/Papers/539974/Turkiyede_Nanoteknoloji_Alaninda_Yapilan_Calismalar_Uzerine, Erişim: 20.08.2011
- [10] Menceloğlu, Y. Z., Kırca M. B., 2008. Uluslararası Rekabet Stratejileri: Nanoteknoloji ve Türkiye, TÜSIAD Yayınları, TÜSIAD-T/2008-11/474, 202p.
- [11] Weiss, J., Takhistov, P., McClements, J., 2006. Functional materials in food nanotechnology. *Journal of Food Science* 71(9): 107-116.
- [12] Bouwmeester, H., Dekkers, S., Noordam, M.Y., Hagens W.I., Bulder, A.S., de Heer, C., 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 production. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 53: 52–62.
- [13] Donsi, F., Annunziata, M., Sessa, M., Ferrari, G., 2011. Nanoemulsion – based delivery systems for the encapsulation of essential oils to be used as antimicrobials in foods. *International Food Congress, Novel Approaches in Food Industry, NAFI 2011, May 26-29, 2011, Izmir, Turkey, Book of Proceedings*, 16-21p.
- [14] Graveland-Bikkera, J.F., and de Kruijff, C.G., 2006. Unique milk protein based nanotubes: Food and nanotechnology meet. *Trends in Food Science & Technology* 17: 196–203
- [15] Tarhan, Ö., Gökmen, V., Harsa. Ş., 2011. Alpha – lactalbumin protein nanotubes. *International Food Congress, Novel Approaches in Food Industry, NAFI 2011, May 26-29, 2011, Izmir, Turkey, Book of Proceedings*, 106-109p.
- [16] Baş, N., 2009. Alfa-laktalbumin Nanotüplerinin Eldesi ve Model Sindirim Sistemindeki Davranışı. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Bornova, Izmir.
- [17] Darder, M., 2007. Bionanocomposites: a new concept of ecological, bioinspired and functional hybrid materials. *Adv. Mater.* 19: 1309-1319.
- [18] Sozer, N., Kokini, J.L., 2009. Nanotechnology and its applications in the food sector, *Trends in Biotechnology* 27(2): 82-89.
- [19] Ayyıldız, S.S., 2007. Ambalaj ve nanoteknoloji. *Dünya Gıda Dergisi*, Kasım, 29-33p.
- [20] Lawton, J.W., 2002. Zein: a history of processing and use. *Cereal Chem.* 79: 1-18.
- [21] Shukla, R., Cheryan, M., 2001. Zein: the industrial protein from corn. *Ind. Crops Prod.* 13: 171-192.
- [22] Bharadwaj, R.K., 2002. Structure-property relationships in crosslinked polyester-clay nanocomposites. *Polymer (Guildf.)* 43: 3699-3705
- [23] Sorrentino, A. et al., 2007. Potential perspectives of bionanocomposites for food packaging applications. *Trends Food Sci. Technol.* 18: 84-95
- [24] Alexandre, M., Dubois, P., 2000. Polymer-layered silicate nanocomposites: preparation, properties and uses of a new class of materials. *Mater. Sci. Eng.* 28: 1–63
- [25] Azeredo, H.M.C., 2009. Nanocomposites for food packaging applications. *Food Research International* 42: 1240-1253.
- [26] Jokar, M., Rahman R. A., 2011. Characterization of self assembled silver nanocomposite as an active packaging. *International Food Congress, Novel Approaches in Food Industry, NAFI 2011, May 26-29, 2011, Izmir, Turkey, Book of Proceedings*, 89p.
- [27] Bhattacharya, S., 2007. Biomems and nanotechnology based approaches for rapid detection of biological entities. *J. Rapid Methods Auto. Microb.* 15: 1-32.
- [28] Garcia, M., 2006. Electronic nose for wine discrimination. *Sensors Actuators B* 113: 911-916.