

Gıdalarda Akıllı Ambalaj Kullanımı

Nurcay KOCAMAN*, Belgin SARİMEHMETOĞLU**

Öz: Tüketicilerin talepleri ve gıda endüstrisinin eğilimleri doğrultusunda yeni gıda paketleme teknolojileri gelişmektedir. Son yıllardaki yenilikçi gelişmelerden biri, paketlenmiş gıdanın kalitesi ve güvenliği hakkında bilgi vermek ve izlemek amacıyla olan akıllı ambalajlardır. Bu derlemede gıda endüstrisinde akıllı ambalajın kullanımı, yasal düzenlemeleri, maliyeti ve akıllı paketleme araçlarından bahsedilmiştir.

Anahtar sözcükler: Akıllı ambalaj, biyosensör, indikatör, nanosensör, radyo frekanslı tanımlama (RFID) etiketleri.

The Use of Intelligent Packaging in Foods

Abstract: New food packaging technologies are developing as a response to consumer demands or industrial production trends towards. In recent years, one of the most innovative developments in the area of food packaging is the intelligent packaging, which aiming to monitor and to give information about the quality and safety of the packaged food. In this paper the usage, legal aspects and costs of intelligent packaging in food industry and the smart package devices are reviewed.

Key words: Biosensor, indicator, intelligent packaging, nanosensors, radio frequency identification tags.

Giriş

Ürün tedarik zincirinin her aşamasında yer alan ambalajın; ürünü saran, koruyan, güvenliğini sağlayan ve ürünün nakil

bilgisini veren geleneksel fonksiyonlarının yanında iletişim fonksiyonu da oldukça önem kazanmıştır (34).

Akıllı ambalaj, paketlenmiş gıdaların taşınması ve depolanması sırasında kalitesi hakkında bilgi vermek için, paketlenmiş gıdanın şartlarını izleyen sistemlerdir (1). Dış çevre ve sistemdeki bileşenler arasında iletişimi sağlar (34). Gıda güvenliğini ve biyogüvenliği artırmada izlenebilirlik oldukça önemlidir (19). Akıllı ambalaj, izlenebilirlik sistemleri içinde kullanılarak daha etkili iletişimi sağlamaktadır (35). Gıdanın son kullanma tarihinden önce raf ömrünün ölçülmesine imkân verir (9). Gerçek zamanlı veri alma, hızlı yanıtta olanak verme ve uygun karar alma hususlarında yararlı bir araçtır (35).

Akıllı Ambalaj Kavramı

“Akıllı ambalaj” ya da “Akıllı Gıda Temas Madde ve Materyalleri”; paketlenmiş gıdanın ve etrafındaki çevrenin şartlarını izleyen madde ve materyaller olarak tanımlanmaktadır (5). Tüketicieye gıdanın şartları, durumu hakkında bilgi taşımak için dizayn edilir. Esas olarak, ambalajın dış şartlarını gösteren ve gıdanın kalitesini direk olarak ölçen iki tipi mevcuttur. Akıllı ambalaj araçları, iç veya dış ambalaja eklenen ya da ambalaj materyali üzerine basılan etiket veya fişlerdir (8). Sadece fiziksel olarak değil, taşıyabildiği verileri miktarı, tipi ve verileri nasıl yakalayıp dağıttığı yönünden birbirlerinden farklılık gösterir. Ambalaj üzerinde birden fazla akıllı araç bir arada kullanılabilir (35).

Tablo 1: Bazı akıllı ambalajlama araçları, kullanım amaçları ve kullanım alanları (16).

Table 1: Some of intelligent packaging devices, intended use and usage area (16).

<u>İndikatör</u>	<u>Metod</u>	<u>Kullanım Amacı</u>	<u>Kullanım Alanı</u>
Sıcaklık-Süre indikatörü	Mekaniksel, kimyasal, enzimatik	Depolama koşullarını saptamak	Soğuk ve dondurulmuş koşullarda saklanan gıdalar
O ₂ indikatörü	Redoks boyaları, pH boyaları	Depolama koşullarını saptamak	Vakumlu paketleme yapılan gıdalar
CO ₂ indikatörü	Kimyasal	Paket sızıntısı olup olmadığı	Modifiye veya kontrollü atmosferde paketlenen gıdalar
Mikrobiyel üreme indikatörü	pH boyaları, mikrobiyel metabolit boyaları	Gıdaların mikrobiyel kaliteleri	Et, balık ve tavuk gibi çabuk bozulan gıdalar
Patojen	Çeşitli kimyasal ve immünokimyasal metotlar	<i>Escherichia coli</i> O 157 gibi spesifik patojenler	Et, balık ve tavuk gibi çabuk bozulan gıdalar

* Bil. Uzm., Zir. Müh., Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Bşk., Gıda Güvenliği ve Beslenme Araştırma Md., Sıhhiye-Ankara

** Prof. Dr., Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi AD, 06110, Dışkapı-Ankara

Akıllı Ambalaj Araçları

1. Veri İletilmesi ve Depolanmasında Kullanılan Veri Taşıyıcılar:

1.1. Barkodlar

Barkodlar, ürün veya malzeme tanıma amaçlı olarak kullanılan veri taşıyıcıların en ucuz ve en popüler olanıdır. Bilgileri 12 basamak ile ifade eden çizgi ve alandan oluşan, doğrusal bir sembol olan Evrensel Ürün Kodu (UPC) barkodlarda, yetersiz veri depolama kapasitesi nedeniyle sınırlı sayıda bilgi girilebilir. Daha küçük alanlarda daha fazla ürün bilgisi girebilmek için RSS (Reduced Space Symbology) barkodlar, Taşınabilir Bilgi Dosyası (PDF)– 417 gibi 2 boyutlu barkodlar ve doğrusal barkod ile 2 boyutlu barkodun bir arada kullanıldığı “bileşik sembol” denilen barkodlar da geliştirilmiştir (34,35). Böylece tek boyutlu barkodlarda mümkün olmayan besin değeri, pişirme önerileri, üreticinin web adresi gibi fazla bilgi girişi mümkün olmaktadır (34).

Ambalajında PDF 417 gibi barkod bulunduran paketlenmiş gıdaların, mikrodalga fırınlarda akıllı pişirme imkânlarının olduğu bildirilmiştir. Genel ısıtma önerileri ile iyi gıda kalitesi elde etmek zordur. Barkod tarama; gıdanın tipine göre ısıtma imkânı sunar, ısıtma komutlarının manuel olarak girilmesi ihtiyacını ortadan kaldırır, gıda için verilen pişirme önerilerini okumayı ortadan kaldırarak görmesi bozuk olan veya dil anlamada zorlanan kişilere de yardımcı olmaktadır (34).

1.2. Radyo Frekanslı Tanımlama (RFID) Etiketleri

RFID, otomatik ürün tanıma ve ürün izlenebilirliği için bilgi taşıyan kablolu bir sistemdir. Paketlemedeki uygulamaları son yıllarda başlamıştır (35). Sistem; etiket, anten, okuyucu, sorgulayıcı ve denetleyici olmak üzere beş temel bileşenden oluşur (36). RFID etiketin içinde bir antene bağlı mikroçip vardır. Kullandığı güç kaynağına bağlı olarak aktif ve pasif etiketler olarak ayrılırlar. Pasif etiketler; bataryaya sahip değildir, okuyucu tarafından aktive edilirler. Aktif etiketler ise kendi bataryasına sahiptir, kendi enerjisini kendi üretir ve okuyucuya sinyaller gönderir. Bunun yanında günümüzde hem batarya hem de okuyucudan gelen dalgaları kullanan yarı-pasif etiketler de mevcuttur (2). Pasif etiketler 4,5 metreye kadar, aktif etiketler 30 metre ve daha fazla okuma mesafesine sahiptirler. Gerçek okuma mesafesi, okuyucunun gücü ve metal nesnelere olabilen girişim gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. RFID etiketler 1 mega bayt' a kadar bilgi depolama kapasitesine sahiptir (35).

Veri ve enerji transferi, RFID etiket ve okuyucu arasında herhangi bir temas olmadan sağlanmaktadır. Okuyucunun yaydığı elektromanyetik dalgalar etiketteki antenle buluşmakta ve mikroçipteki devreleri harekete geçirmektedir. Mikroçip, dalgaları ayarlayarak okuyucuya geri göndermekte ve okuyucu da yeni dalgayı dijital veri haline dönüştürerek internet veya ağ bağlantısına sahip bilgisayara aktarmaktadır (2).

RFID etiketler (mikroçipler) disk, cam kapsül, etiket gibi biçimlerde olabilir. (31). Etiketlerin, sıcaklık zaman indikatörü

ya da bir sensör ile de birleştirilebildiği belirtilmiştir (35). Etiketler, hızlı bir şekilde eş zamanlı olarak okunabilir, aynı anda 10–100 etiket okunabilmektedir. Okuma hızı ortalama 0,5 saniyedir (31).

RFID kullanımından elde edilen faydaların bazıları; tedarik zincirinde oluşabilecek problemlere karşı önlem alınabilmesi, ürünlerin depo ve dağıtım alanlarında yerleşimin etkin biçimde gerçekleşmesinin sağlanması, ürünlerin çıkışı/ giriş kontrol sürelerinin azalması, ürün satışlarının anında belirlenmesi nedeniyle rafların etkin düzenlenmesi, son kullanım tarihlerinin izlenebilmesi, firelerin azalması, işgücü maliyetlerinde azalma, müşteri hizmetlerinin geliştirilmesi olarak belirtilmektedir (2).

Uygulamada başarı elde etmek için RFID sisteminin tasarımı ve tedarik zincirindeki tüm paydaşların RFID'yi uygulaması önemlidir (19). Dünyanın en büyük perakendecilerinden WalMart, Marks&Spencer, Chevrolet Creative, FedEx, Metro Future Store firmalarının RFID'yi kullandığı belirtilmektedir (2).

2. Zaman-Sıcaklık İndikatörleri (TTIs)

Zaman-sıcaklık indikatörleri; tüm dağıtım zinciri boyunca gıdanın sıcaklık geçişini, geri dönüşümsüz reaksiyonlarla görsel olarak bildirilmesini sağlayan küçük ölçüm araçlarıdır (29). Özellikle balık, süt ürünleri, et, kanatlı eti, dondurulmuş meyve ve sebzeler, dondurulmuş etler gibi çabuk bozulabilen gıdalar için kullanılmaktadır (13, 14, 33). Ürün tipine uygun seçildiği zaman, “tazelik indikatörü” olarak da kullanılabilir (27,35). Sıcaklık geçişini izleme, raf ömrünün kesinliğini doğrulamaya imkân verir ve bazı zamanlar son kullanma günüyle yer değiştirebilir (6).

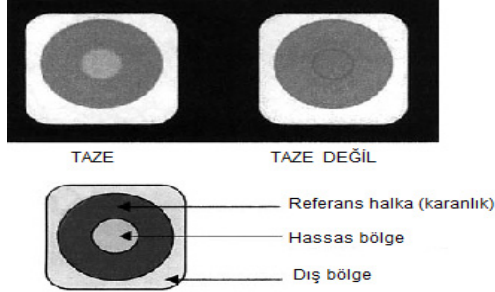
Diğer izleme sistemlerine göre TTI'nın avantajları; düşük maliyet ve ambalaja etkin spesifik yerleştirme imkanı olarak belirtilmektedir. TTI tarafından sunulan başka bir imkân da, stok yönetiminde geleneksel “ilk giren ilk, son giren son çıkar” yerine “zamanında veya en kısa raf ömürlü ürünün sunulması” gibi yeni stratejilerdir (27).

Zaman-sıcaklık indikatörleri, dağıtım sırasında uygulanan sıcaklığı mekaniksel, kimyasal, elektrokimyasal, enzimatik veya mikrobiyal değişikliklere bağlı olarak, renk değişiklikleriyle göstermektedir (27).

Bobelyn ve ark., (6) mantarların kalite kaybının TTI aracılığıyla belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmalarında, TTI'nın çalışma ömrünün ürünün raf ömrü ile eşit olması gerektiğini bu durumda ilgili TTI-ürün kombinasyonu uygulamasının başarılı olabileceğini belirtmişlerdir.

Riva ve ark. (27) çalışmalarında diasetilenik monomerlerin polimerizasyonu reaksiyonuna dayanan ve etiketin merkez kısmında renk değişimi oluşturan Fresh Check etiketleri kullanmışlardır. Yapışkan etiket formunu alabilen ve ambalajın parçası olabilen bu etiketlerin hassas alanları kararır. Dış kısmı, referans renk halkası içeren polimer olmayan bir yapıdadır. İç halkanın rengi dış halka ile karşılaştırılır (Şekil 1). Bu indikatörler, sıcaklıkla aktive olduğu için kullanım öncesi derin dondurucuda depolanır.

İndikatörün 5 °C'de bozulma zamanı 9,36 gün olduğu için, buzdolabı sıcaklığında 1 hafta depolanması gereken tüketime hazır gıdalar gibi taze gıdalarda kullanılması önerilmektedir.



Şekil 1: Zaman sıcaklık indikatör örneği ve çalışma prensibi (27).

Figure 1: Time-temperature indicator model and their working principle (27).

Vaikousi ve ark. (32), mikrobiyal esaslı bir TTI geliştirmişlerdir. Bu TTI tipi, diğer TTI'lerden farklı olarak bozulmayı direk gösterir. Çalışmada; seçilen substrat üzerinde *Lactobacillus sakei* 'nin büyüme ve metabolizmasının sonucu olarak pH daki düşüğe bağlı olarak kimyasal kromatik indikatörün renginin değişmesi prensibi ele alınmıştır.

Birçok ülkede ticari olarak farklı mekanizasyona (polimerizasyon, difüzyon ve enzimatik reaksiyonlar) sahip, 200 den fazla patentli TTI olduğu belirtilmektedir (20).

3. Gaz Sensörleri/İndikatörleri (Kaçak İndikatörleri)

Gaz sensörleri/indikatörleri, ambalaj malzemesinin içindeki ve/veya ortamın gaz niceliğini göstererek kalite ve güvenliğin sürdürülmesini sağlayan araçlardır. Paket içindeki gaz bileşimi; ambalajın niteliği ve ambalajın çevresel şartlarına göre, gıdanın aktivitesinin veya paket kaçaklarının sonucu olarak sıkça değişmektedir (35).

Gıda kalitesini izlemek için daha çok oksijen ve karbondioksit indikatörleri kullanılmaktadır. Ayrıca sızıntı/kaçak indikatörleri olarak, ambalaj bütünlüğünü test etmek amacıyla veya aktif ambalaj sistemlerinde kullanılan oksijen tutucular gibi tutucuların etkinliğini doğrulamak için kullanılabilirler. Bu indikatörler paketin içindeki gazlı çevre ile temasta olmak zorundadır ve böylece gıda ile direk temas halindedir (9). Su buharı, etanol, hidrojen sülfid ve diğer gazlar için de gaz indikatörleri kullanıldığı belirtilmektedir (35).

O₂ indikatörlerin birçok farklı tipi mevcuttur. Son yıllarda, oksijen ve karbondioksit gaz oranlarının izlenmesinde optik sensörlerin kullanımı artmıştır. Bu sensörler analitle direk temas sonucu ışığı absorbe etme veya yansıma özelliği prensibi üzerine çalışır. Bu sensörlerin hidrojen sülfid, amin gibi bileşikler için de kullanım potansiyeline sahip oldukları belirtilmiştir (20).

Mills (23), ultraviyole ışık ile aktive edilmiş kolorimetrik

oksijen indikatörlerinin ticari indikatörlerde yaşanan birçok problemi ortadan kaldırdığını belirtmiştir. Bu sistemlerde indikatör ultraviyole ışık ile aktive olur, karanlık ve oda şartlarında uzun raf ömrüne (genelde 1 yıldan fazla) sahiptir. İndikatörde aerob veya anaerob şartlar altında renk değişimi gözlenmez.

Fitzgerald ve ark. (12) vakum paketlenmiş çiğ ve pişmiş et, modifiye atmosferde paketlenmiş dilimlenmiş jambon ürünlerinde platinyum esaslı tek kullanımlık oksijen sensörlerinin kullanılabilmesini bildirmişlerdir. Hong ve Park (18) Kimchi ürünlerinin depolama ve pazarlanması sırasında fermantasyon derecesini kolayca ve güvenilir olarak ölçmek için karbondioksit indikatörünün kullanılabilmesini belirtmiştir.

4. Biyosensörler

Biyosensörler, biyokimyasal reaksiyonları belirleyen, kayıt eden ve ileten analitik araçlardır. Bu akıllı araçlar hedef örneği tanıyan bir biyoreseptör ve biyokimyasal sinyalleri ölçülebilir elektrik iletive döndüren çeviriciden oluşmaktadır. Biyoreseptörler; enzimler, antijenler, hormonlar ve nükleik asit gibi organik materyallerdir. Çevirici ise ölçülmekte olan parametreye bağlı olarak elektrokimyasal, optiksel, kolorimetrik vb. sistemlerden oluşmaktadır (7).

Toksin indikatörü olarak akıllı ambalajlamada genellikle biyosensör teknolojisi kullanılmaktadır. Toksin indikatörleri tek bir mikroorganizmaya ait toksine spesifik olarak çalışmaktadır. Bu indikatörlerin kullanılmasındaki önemli problem, patojen mikroorganizmaların genellikle gıdaların içinde veya yüzeyinde çok düşük konsantrasyonlarda bulunması, düşük konsantrasyona rağmen tehlikeli olması ve gıda içerisinde homojen olarak dağılmamış olmasıdır. Bu nedenle kullanılacak sensörün, son derece hassas ve tamamen gıda ile temas halinde olması gerekir (9).

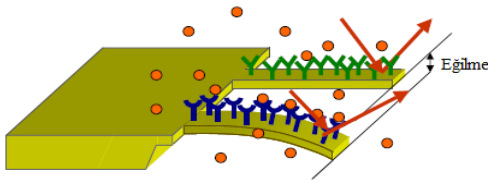
Patojen belirlemek için SIRA Teknoloji (USA), gıda paketlerinde Gıda Gözcü Sistem denilen immunokimyasal reaksiyon prensibine dayanan bir biyosensör/barkod kombinasyonu geliştirmiştir. Bu sistemde spesifik patojen antikoru, barkodun membran kısmına iliştilir, kontamine bakterinin varlığı durumunda barkod üzerinde lokalize koyu çubuğun oluşumuna neden olur ve barkod okunamaz (35, 37). Toxin Alert (Kanada) tarafından geliştirilen, Toxin Guard denilen tanı sistemi, polietilen bazlı plastik ambalaj filmlerinin içinde antikoları içermektedir ve *Salmonella* sp, *Campylobacter* sp, *Escherichia coli* 0157 ve *Listeria* sp, mikroorganizmalarını saptayabilir. Antikolar bir hedef patojene rastladığında ambalaj materyali görsel işaret verir (20, 35).

5. Nanosensörler

Gıdaların bozulma durumlarını belirlemek için ambalaj sistemlerinde nanosensör uygulamalarının olduğu belirtilmiştir (11). Gıda patojenleri ile temas ettiğinde farklı renkte floresans veren nanoparçacıkları taşıyan nanosensörlerle, gıda bozulmalarının tespit edilebileceği belirtilmiştir. "Elektronik dil" olarak adlandırılan sensör,

gıdaların bozulması sonucu oluşan gazlara karşı hassas bir dizi nanosensörden oluşmaktadır ve gıdaların taze olup olmadığını bir renk skalasına göre belirtmektedir. Bu amaçla genelde nano boyutlandırılmış metal oksit içeren yarı iletken sistemler kullanılmaktadır, havada iletkenliği düşükken, karbondioksit gibi gazlarla iletkenlikte artış olmaktadır. Sensörün elektrik direnci ölçülmektedir (30).

Nanokantilever'ler, biyosensörlerin yeni bir sınıfıdır. Tespit prensipleri, antijen-antikor, enzim-substrat gibi biyolojik bağ etkileşimlerini, fiziksel ve/veya elektromekanik sinyallerle belirleyebilmek üzerinedir. Bunlar silikon bazı materyallerin küçük parçalarından oluşur. Bu materyaller proteinleri, patojenik bakteri ve virüsleri tanıma yeteneğine sahiptir. Patojenlerin belirlenmesindeki prensip, organizmanın biyokütlesiyle ilişkili olarak nanokantileverin çeşitli sıklıklarda titreşebilmesidir (30).



Şekil 2: Kantileverin çalışma prensibi (21).

Figure 2: Principle of working of cantilevers (21).

Nanokantilever'in yüzeyi özel kimyasallarla kaplanabilmektedir. Gfeller ve ark. (15), agarose ile kaplı kantileverin yardımıyla E.coli belirleyebilmişlerdir. Bakteriye hücre büyümesi sonucu kütledeki artış nedeniyle salınım sıklığındaki değişimleri esas alan nanokantilever sensörde, E.coli hücreleri agarose kaplı desteğin üzerinde birikir. İnce besleyici tabaka ortamın nemi ile dengede kalır. Bakteri hücresi gelişmeye başlar ve besleyici tabakadan su, protein, tuz, karbondioksit alır. Besleyici tabaka, ortam nemi ile dengelenmek için su absorblamaktadır. Bu dengeleme, sık aralıklarla değişimi hissedebilen destek üzerinde ilave kütle yükü oluşturur.

Günümüzde insan sağlığına ve çevreye nanomateryallerin potansiyel riskleri bilinmemektedir. Gıda ambalaj materyallerinde potansiyel veya beklenmedik riskler olabileceği ifade edilmiştir (10).

6. Bozulma veya Tazelik İndikatörleri:

Tazelik indikatörleri genellikle gıdalara bulaşan mikroorganizmaların ürettikleri metabolitlerin varlığında indikatörün renk değişmesine bağlı olarak işlev görmektedir. Bu metabolitlere glikoz, organik asitler, etanol, uçucu azot bileşikler, biyojenik aminler, karbondioksit, kükürtlü bileşikler örnek gösterilebilir (21,37). Tazelik indikatörleri, ürüne spesifiktir ve bu nedenle hassastır. Hedef metabolitle, ürün tipi, organoleptik kalite ve güven arasında sıkı ilişki gereklidir. Bu nedenle de ambalajın içine yerleştirilir. Ayrıca, her gıda için ayrı ayrı kullanılabilirliklerinin test edilmesi gereklidir (9).

Randell ve ark. (26), modifiye atmosferde paketlenmiş marine edilmiş tavuklarda depolama zamanına bağlı olarak etanol miktarının arttığını, Okuma ve ark. (24), tavuk etlerinde toplam bakteri sayısının artmasıyla diamin konsantrasyonunun da arttığını tespit etmişlerdir.

Hidrojen sülfid ve bazı kükürtlü bileşikler gıdaların duyu kalitelerini önemli oranda etkilemektedirler. Hidrojen sülfid, et ve ürünlerinde miyoglobine birleşerek yeşil renkli sülfomiyoglobine pigmentini oluşturmaktadır. Bu pigment marine edilmemiş piliç parçaları için miyoglobine esaslı tazelik indikatörlerine temel olmuştur (20).

Pacquit ve ark. (25) tarafından balık bozulmalarının izlenmesi için geliştirilen sensörde, temel bozunmaya neden olan uçucu aminler (trimetilamin, dimetilamin, amonyak) ambalaj ortamında oluşurken, meydana gelen pH artışı, sensörde sarıdan maviye değişen, çıplak gözle kolayca görülebilir renk değişimine neden olur. Bu sensörlerin kuru ve karanlık şartlarda tutulduğunda 4 ay stabil olduğu bildirilmiştir.

Akıllı Ambalajlarda Yasal Düzenlemeler

Gıda endüstrisinde kullanılan paketleme materyali, besin maddeleriyle doğrudan veya dolaylı olarak temas halinde olduğu için, gıdanın güvenliğini ya da tüketicinin sağlığını etkileyebilmektedir (17).

Avrupa'da akıllı ambalaj bileşenleri; EC 450/2009 gıda ile temas eden aktif ve akıllı madde ve materyalleri regülasyonu ile bütün gıda ile temas eden madde ve materyaller için geçerli olan ve akıllı paketlemenin güvenliği üzerine genel şartları içeren EC 1935/2004 çerçeve yönetmeliğe uymak zorundadır (4,5). Ayrıca akıllı sistemlerin, ilgili olduğu konularda ulusal yönetmelik ve tebliğlere de uyumlu olması gerekir (5). Ülkemizde EC 450/2009 ve EC 1935/2004 regülasyonları yürürlükte değildir (3).

Akıllı ambalajla ilgili güvenlik konuları; etiketleme, akıllı madde ve materyallerin migrasyonu, paketlemenin etkinliği olarak üç ana başlıkta yer alır. Bu sistemler; insan sağlığını tehlikeye atabilecek miktarlarda, kompozisyonda istenmeyen değişiklikler oluşturabilecek miktarlarda ve organoleptik özelliklerinde bozulma yapabilecek miktarlarda gıdaya bileşen taşımamalıdır. Ayrıca, akıllı madde ve materyalin etiketlenmesi, ilanı ve sunumu tüketicie yanlış fikir vermemelidir. Yenilmeyen kısımların tanımlanmasına imkân veren yeterli etiketleme olmalıdır. Tüketici ve gıda paketçileri, akıllı materyal ve maddeleri nasıl güvenli ve uygun kullanacağı hususunda bilgilendirilmelidir (4,5).

EC 450/2009 gıda ile temas eden aktif ve akıllı madde ve materyalleri regülasyonunda, ilgili otoritenin EFSA (European Food Safety Authority) olduğu bildirilmiştir. Regülasyonda, gıda ile veya çevresi ile direkt temas etmeyen akıllı maddelerden gıdaya olabilecek migrasyonun limit değeri 0,01 mg/kg olarak verilmiştir (5).

Global Pazar Değerlendirmesi ve Akıllı Ambalajlarda Maliyet

Gıdaların paketlenmesi, akıllı ambalaj pazarının küçük bir kısmını oluşturmasına rağmen çok hızlı büyüyen pazar olarak belirtilmiştir. Amerika ve Avrupa endüstrisinde ilginin, 90'ların ortalarında arttığı belirtilmektedir (8).

2002 yılında aktif ve akıllı paketlemenin toplam küresel pazarı yaklaşık 1,4 milyon US\$ olarak belirtilmiştir. Endüstrideki atılımla birlikte 2005 yılı içinde fiyatların uygun ekonomik seviyelere düşürüldüğü bildirilmiş olsa da aslında beklenen tahminlerin kısmen elde edilebildiği görülmüştür. Bunun nedenleri; akıllı paketleme materyallerinin hala tüm paketleme ücretinin %50-100'üne yaklaşması, tüketicilerin ve üreticilerin sistemi benimseme durumları, soğuk zincirin kontrolü ve yönetiminde oluşan muhtemel düzensizlikleri ortaya çıkarabilmesi, "karbon ayak izi" denilen çevreye olan etkinin azaltılması çalışmaları, bu sistemlerin gıdaya spesifik seçilmeden paketleme uygulamalarında kullanıldığı zaman ya sınırlı aktivite göstermesi ya da hiç aktivite göstermemesi olarak belirtilmiştir (8, 9).

Avrupa'da akıllı sistemlerin ticari uygulamaları, genellikle zaman-sıcaklık indikatörlerinin kullanımı ile sınırlıdır (9). TTI'lar pahalı olmayan araçlar olarak bildirilirken, akıllı ambalaj araçları arasında en çok kullanılanıdır (6). TTI birim fiyatı 0,02-0,2 \$ tahmin edilmektedir. Akıllı ambalajlarda oksijen sensörün yaygın kullanılabilmesi için birim üretim maliyetinin 1 cent'ten daha az olması ve ambalajlanmış ürünün maliyetini minimum düzeyde etkilemesi gerektiği belirtilmektedir (20).

Son yıllarda RFID sistemin, akıllı ambalaja eğilimi artırdığı belirtilmektedir (8). RFID pasif etiketlerin fiyatının sipariş edilen miktara bağlı olarak 50 cent ile 1 \$ arasında olduğu, aktif etiketlerde fiyatın 75 \$'a kadar çıktığı belirtilmektedir (34). Etiketlerin fiyatlarının 5 cent'e düşmeden RFID yatırımlarının ekonomik olmayacağı düşünülmektedir (28). RFID yazılım ve hizmetleri de RFID donanımları kadar pahalı olan önemli bir diğer bileşendir (35). Bununla birlikte, RFID teknolojisinin kullanılmaya başlanması ile depolama maliyetlerinin %10, personel maliyetlerinin %5 oranında düşeceği ifade edilmektedir (31).

Akıllı ambalaj araçlarının üretimin artması ve geniş uygulama alanları ile ücretlerin hızla düşeceği belirtilmektedir (9).

Sonuç

Gıdalarda akıllı ambalajın kullanımı ile ilgili teknik araştırmalar ve ticari kullanımı sürekli artış göstermektedir. Teknolojinin ilerlemesi için disiplinlerarası araştırmalara ihtiyaç vardır (20). Ticari çeşitlerinin artırılması ve üreticilerin, tüketicilerin yaygın kullanımlarının sağlanması için etkinlik, güvenlik, yararlık durumlarının daha iyi gösterilmesi gerekmektedir (9).

Akıllı ambalaj araçları, etkin ve sürdürülebilir bir gıda güvenliği için izlenebilirlik sistemlerinin tesis edilmesinde temel araçlardan biri olacaktır. "Son Kullanma Tarihinin" geçerliliğini denetleyerek doğru koşullarda saklanmayan ürünlerin tüketilmelerini engelleyebilecek; ürünlerin tazelik

durumu belirlenebildiği için, gıda kaynaklı zehirlenmeler engellenerek hem tüketicinin sağlığının korunması hem de ekonomik kayıpların önüne geçilebilmesi mümkün olacak; üretici ve tüketici problemlerine etkili çözümler sunulabilecektir.

Kaynaklar

- 1. Ahvenainen R (2003):** Novel food packaging techniques. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd. 5-21
- 2. Angeles R (2005):** RFID Technologies: Supply-Chain Applications and Implementation Issues. Information Systems Management.22(1): 51-65
- 3. Anonim (2002):** Gıda Maddeleri ile Temasta Bulunan Madde ve Malzemeler Tebliği-2002/32. Erişim:http://www.kkgm.gov.tr/TGK/Tebliğ/2002-32.html. Erişim Tarihi: 05.06.2009
- 4. Anonymous (2004):** Regulation (ec) no 1935/2004 of the european parliament and of the council of 27 October 2004 on materials and articles intended to come into contact with food and repealing Directives80/590/EEC and 89/109/EEC. Erişim:http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:338:0004:0017:EN:PDF. Erişim Tarihi: 05.06.2009
- 5. Anonymous (2009):** Commission regulation (EC) No 450/2009 of 29 May 2009 on active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food .Erişim: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:135:0003:0011:EN:PDF. Erişim Tarihi: 20.06.2009
- 6. Bobelyn E, Hertog MLATM, Nicola'i BM (2006):** Applicability of an enzymatic time temperature integrator as a quality indicator for mushrooms in the distribution chain. Postharvest Biol. Technol. 42: 104-114
- 7. Carlo MD, Nistor M, Campagnone D, Mattiasson B, Csoregi E (2006):** Biosensors for Food Quality Assessment. Food Biotechnology. SHETTY, K., PALIYATH, G., POMETTO, A., LEVIN, R.E. 2nd Ed. CRC Taylor&Francis. Chapter 3.11. 1567-1597.
- 8. Dainellia D, Gontard N, Spyropoulos D, Beukend EZ, Tobback P (2008):** Active and intelligent food packaging:legal aspects and safety concerns. Trends Food Sci. Technol . 19: S 103-112
- 9. De Jong AR, Boumans H, Slaghek T, Van Veen J, Rijk R, Van Zandvoort M (2005):** Active and intelligent packaging for food: Is it the future?. Food Addit. Contam., 22(10): 975-979
- 10. Dowling AP (2004):** Development of nanotechnologies. Materials Today., 7(S1): 30-35
- 11. Doyle ME (2006):** Nanotechnology: A brief literature review. Food Research Institute Briefings [Internet]. Erişim: http://fri.wisc.edu/briefs/FRIBrief_Nanotech_Lit_Rev.pdf . Erişim Tarihi: Haziran 2006

- 12. Fitzgerald M, Papkovsky DB, Kerry J P, O'sullivan CK, Buckley DJ, Guilbault GG (2001):** Nondestructive monitoring of oxygen profiles in packaged foods using phase-fluorimetric oxygen sensor. *J Food Sci.*, 66: 105–110
- 13. Fu B, Taoukis PS, Labuza TP (1991):** Predictive Microbiology for Monitoring Spoilage of Dairy Products with Time-Temperature Integrators. *J Food Sci.* 56: 1209–1215
- 14. Giannakourou MC, Taoukis PS (2002):** Systematic Application of Time Temperature Integrators as Tools for Control of Frozen Vegetable Quality. *J Food Sci.* 67: 2221–2228
- 15. Gfeller KY, Nugaeva N, Hegner M (2005):** Micromechanical oscillators as rapid biosensor for the detection of active growth of *Escherichia coli*. *Biosens. Bioelectron.* 21: 528–533
- 16. Gok V, Batu A, Telli R (2006):** Akıllı Paketleme Teknolojisi. Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs, Bolu.
- 17. Heckman JH (2005):** Food packaging regulation in the United States and the European Union. *Regul. Toxicol. Pharm.* 42: 96–122
- 18. Hong SI, Park WS (2000):** Use of color indicators as an active packaging system for evaluating kimchi fermentation. *J Food Eng.* 46: 67–72
- 19. Kelepouris T, Pramatarı K, Doukidis G (2007):** RFID-enabled traceability in the food supply chain. *Industrial Management & Data Systems.* 107(2): 183–200
- 20. Kerry JP, O'grady MN, Hogan SA (2006):** Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. *Meat Science.* 74: 113–130
- 21. Lechuga ML (2006):** Micro- and nanoimmunosenors: technology and applications. *Anal. Bioanal. Chem.* 384: 44–46
- 22. Lewis C (2002):** Food Freshness and 'Smart' Packaging. *FDA Consumer.* 36(5): 25–29
- 23. Mills A (2005):** Oxygen indicators and intelligent inks for packaging food. *Chem. Soc. Rev.*, 34: 1003–1011
- 24. Okuma H, Okazaki W, Usami R, Horikoshi K (2000):** Development of the enzyme reactor system with an amperometric detection and application to estimation of the incipient stage of spoilage of chicken. *Anal. Chem. Acta.* 411: 37–43
- 25. Pacquit A, Lau KT, Mclaughlin H, Frisby J, Quilty B, Diamond D (2006):** Development of a volatile amine sensor for the monitoring of fish spoilage. *Talanta.* 69: 515–520
- 26. Randell K, Ahvenainen R, Latva-kala K, Hurme E, Mattila-Sandholm T, Hyvönen L (1995):** Modified atmosphere-packed marinated chicken breast and rainbow trout quality as affected by package leakage. *J Food Sci.* 60: 667–672
- 27. Riva M, Piergiovanni L, Schiraldi A (2001):** Performances of Time Temperature Indicators in The Study of Temperature Exposure of Packaged Fresh Foods. *Packaging Tech. Sci.* 14: 1–9
- 28. Saatcioglu OY (2006):** Rfid teknolojisi: fırsatlar, engeller ve örnek uygulamalar. *Ege akademik bakış.* 6(1): 24–35
- 29. Shimoni E, Anderson EM, Labuza TP (2001):** Reliability of time temperature indicators under temperature abuse. *J Food Sci.* 66: 1337–1340
- 30. Sozer N, Kokini JL (2009):** Nanotechnology and its applications in the food sector . *Trends Biotechnol.* 27(2): 82–89
- 31. Ustundag A (2005):** RFID Technology: A Paradigm Shift in Business Processes. 35th International Conference on Computers and Industrial Engineering. 20-22.06.2005. Istanbul, Turkey. 2065–2070
- 32. Vaikousi H, Biliaderis CG, Koutsoumanis KP (2008):** Development of a Microbial Time/Temperature Indicator Prototype for Monitoring the Microbiological Quality of Chilled Foods. *Appl. Environ. Microbiol.* May: 3242–3250
- 33. Vainionpää J, Smolander M, Alakomi H, Ritvanen T, Rajamaki T, Rokka M, Ahvenainen R (2004):** Comparison of different analytical methods in the monitoring of the quality of modified atmosphere packaged broiler chicken cuts using principal component analysis. *J Food Eng.* 65: 273–280
- 34. Yam KL (2000):** Intelligent Packaging for the Future Smart Kitchen. *Packaging Tech. Sci.* 13: 83 – 85
- 35. Yam KL, Paul T, Miltz J (2005):** Intelligent Packaging: Concepts and Applications. *J Food Sci.* 70(1): R1–9
- 36. Yuksel ME, Zaim AH (2009):** Yeni nesil teknoloji olarak rfid, rfid sistem yapıları ve bir rfid sistem tasarımı yaklaşımı. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09). 13-15 Mayıs 2009. Karabük, Türkiye.
- 37. Zeuthen P, Bogh-sorensen L (2003):** Monitoring the effectiveness of food preservation. *Food Preservation Techniques.* CRC Press -Boca Raton Boston NewYork Washington, DC. Woodhead Publishing Limited. Chapter 24. 553–565

Geliş Tarihi: 11.03.2010 / **Kabul Tarihi:** 21.01.2011

Yazışma Adresi:

Prof. Dr. Belgin SARİMEHMETOĞLU
Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi
Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı
06110, Dışkapı / ANKARA
E-posta: bsarimeh@veterinary.ankara.edu.tr