



Gülsüm ÖKSÜZTEPE
Pelin BEYAZGÜL

Fırat Üniversitesi,
Veteriner Fakültesi,
Gıda Hijyeni ve Teknolojisi
Anabilim Dalı,
Elazığ, TÜRKİYE

Geliş Tarihi : 01.09.2014
Kabul Tarihi : 06.12.2014

Yazışma Adresi
Correspondence

Gülsüm ÖKSÜZTEPE
Fırat Üniversitesi,
Veteriner Fakültesi,
Gıda Hijyeni ve Teknolojisi
Anabilim Dalı,
Elazığ - TÜRKİYE

gulsumoksuztepe@hotmail.com

DERLEME

F.Ü.Sağ.Bil.Vet.Derg.
2015; 29 (1): 67 - 74
<http://www.fusabil.org>

Akıllı Ambalajlama Sistemleri ve Gıda Güvenliği

Gıda güvenliği ve kalite kavramındaki gelişmelerle birlikte az işlem gören, kolay hazırlanabilen, tüketime hazır, ambalajlanmış gıdalara olan talep artmıştır. Buna paralel olarak eskiden sadece gıdayı korumayı amaçlayan pasif ambalajlama teknolojileri yerini, gıdaların korunmasında, satılmasında, özelliklerinin iyileştirilmesinde, çevresel atık değerlerinin azaltılmasında önemli rol oynayan, aktif ve akıllı ambalajlama teknolojilerine bırakmıştır. Bu derlemede, akıllı ambalajlama sistemleri ve bu sistemlerin gıda güvenliği açısından önemi vurgulanmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı ambalajlama, gıda güvenliği, halk sağlığı.

Intelligent Packaging Systems and Food Safety

Food safety and quality together with the concept of development that can be easily traded, less than the consumption of ready, packaged foods, the demand has increased. In paralel, it used to be just passive aiming to protect food packaging Technologies in the preservation of foods, locating, realisation, the properties of reducing environmental waste in improving values play an important role, active and intelligent packaging technology has left them behind. In this review, smart packaging systems and the importance of food safetyin those systems were focused.

Key Words: Smart packaging, food safety, public health.

1. Giriş

Günümüz şartlarında ürün çeşitliliğinin artmasına paralel olarak tüketiciler de tercih yaparken seçici davranışlar sergileyebilmektedirler. Satın alacakları ürünlerin sağlıklı olmasına ve hijyenik şartlarda üretilmiş olup olmamasına dikkat etmektedirler. Bu noktadan baktığımızda ürünlerin ambalajları, gıdaların tüketiciler tarafından tercih edilmesinde önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır (1). Günümüzde ambalaj, bir iletişim aracı olarak ürünün önemli boyutunu oluşturmaktadır. Doğru yerde doğru zamanda yapılan iyi bir ambalajlama şekli, satışları ve karlılığı önemli ölçüde artırırken kötü bir ambalajlama da iyi bir ürünün başarısına önemli bir sekte vurabilir (2). Gıdaların kaliteleri, raf ömürleri ve gıda güvenlikleri anlamında ambalajın tarifini yapacak olursak; gıdanın hava, ısı, ışık, kimyasal etki, mikroorganizma ve darbe gibi çevresel etkilerden korunmasını sağlayan sargı ya da kaplardır. Ambalajlama ise, gıdaların korunması, performansının artırılması ve bilgi verme işlevlerinin yerine getirilmesi amacıyla koruyucu malzeme kullanılarak standartlarda belirtilen şekilde sarılmaları veya kaplara yerleştirilmeleridir (3).

Ambalaj teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak çok farklı özelliklere sahip çeşitli ambalaj materyalleri kullanılmaya başlanmıştır. Gıda endüstrisinde cam, kağıt, karton, mukavva, alüminyum, çeşitli plastikler ambalaj materyali olarak kullanılabilir. Bu materyallerin hepsi sahip oldukları özellikler doğrultusunda az veya çok oranda gıdaya kimyasal madde geçişine (migrasyon) neden olmaktadır (4).

Akıllı ambalajlama sistemleri gıdanın raf ömrü boyunca iç ve dış durumunu gösterebilen diğer bir deyişle ürün kalitesi ile iletişim kurabilen ambalajlama sistemleridir (4, 5). Akıllı ambalajlar, Amerika ve Japonya'da yaygın olarak kullanılmaktadır. 2004 yılına kadar Avrupa'da, bu tür ambalajlar için bir yasal düzenleme bulunmamaktadır. Daha sonraları hazırlanan 1935/2004/EC yönetmeliği ve daha spesifik olan 450/2009/EC yönetmeliği ile birlikte Türk Gıda Kodeksi Gıda ile Temas Eden Madde ve Malzemeler Yönetmeliği 29.12.2011/28157 akıllı ambalajların doğru kullanımı, güvenliği ve pazarlanmasına yönelik düzenlenen yönetmelikleri oluşturmaktadır (6- 8).

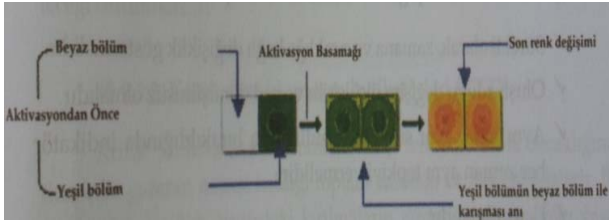
Akıllı ambalajlar; gıdanın güvenliği ve kalitesi bağlamında tüketiciye bilgi sağlayan ambalaj sistemleridir. Hissetme, izleme ve işaret etme potansiyelleri olan akıllı ambalajlara; zaman-sıcaklık indikatörü olan ambalajlar, biyosensörlü ve özel barkodlu ambalajlar örnek verilebilir. Zeki ambalajlar olarak adlandırılan ambalajlar ise; içindeki ürünün durumunu izleyerek nakliye ve depolama sırasında ürünün kalitesi hakkında bilgi verirler. Günümüzde tedarik zincirinde ürün akışını "anında görüntü" ile izleyebilmek için istif raflarında ve konteynırlarda radyo frekansı ile tanıma yöntemi kullanılmaya başlanmıştır (3).

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ambalaja Akıllı İşlevini Kazandıran Parçalar (Smart Package Devices)

2.1.1. İndikatörler

Gıdaya özgü seçilmiş indikatörler iki bölümden oluşan bir poşete (etikete) konur. İki bölümü birbirinden ayıran kısım aktivasyondan sonra çözünür ve bölümler birleşir, ardından renk değişimi görünür. Şekil 1'de görüldüğü gibi aktivasyondan önce etiketin ilk kısmı beyaz, indikatörün bulunduğu kısım ise yeşildir. Etiket ambalaja yerleştirilmesi ile iki bölümü ayıran kısım çözünür ve her iki bölümde de renk yeşil olur. Ürün istenmeyen koşullara maruz kaldığında yapıştırılan etikette renk değişimi gözlenir ve geri dönüşümsüz son renk elde edilir. Bu rengin oluştuğu gıda tüketilmemelidir (9, 10).



Şekil 1. İndikatörlerde meydana gelen renk değişimi (3).

2.1.1.1. Zaman-Sıcaklık İndikatörleri (Time Temperature Indicators, TTI)

Bu indikatörleri içeren sistemler sayesinde soğuk zincirin denetimi etkin olarak yapılabilir. Özellikle dondurulmuş gıdalar, taze etler, kanatlı eti, dondurulmuş meyve ve sebzeler, balık, süt ve süt mamülleri sıcaklığın artmasından kaynaklanan mikrobiyal bozulmalara, enzimatik ve biyokimyasal tepkimelere ve fiziksel deformasyonlara karşı son derece duyarlı ürünlerdir (3, 11, 12). Zaman-sıcaklık indikatör (TTI) sistemleri çalışma prensiplerine ve piyasada patentli olmalarına göre şu gruplara ayrılırlar.

2.1.1.1.1. Kritik Sıcaklık İndikatörleri (CTI)

Faz değişim sonucu meydana gelen geri dönüşümsüz yapısal bozulmaların veya kritik sıcaklığın üzerinde meydana gelen protein denatürasyonu, patojen mikroorganizmaların gelişmesi gibi olumsuzlukların önlenmesi bu tip indikatörlerin kullanılabilirdiği durumlardır (3, 8).

2.1.1.1.2. Kritik Zaman-Sıcaklık İndikatörleri (CTTI)

Bu indikatörler soğuk zincirdeki kırılmaların gösterilmesinde, mikrobiyal üreme veya istenmeyen enzimatik reaksiyonlar gibi kritik sıcaklık değerlerinin üzerindeki değerlerde kaliteyi ve gıda güvenirliliğini etkileyen reaksiyonların tespitinde kullanılmaktadır (3, 13).

2.1.1.2. Difüzyon Bazlı (Moleküler Difüzyona Dayalı) İndikatörler

Dünya Sağlık Örgütü tarafından ilk olarak çiçek aşısının nakliyesinin kontrolünde kullanılmıştır. İndikatörün çalışma ilkesi; mavi boyalı esterinin bir fitil boyunca diffüze olarak yayılmasıdır. Bu etiket sıcaklığa bağlı olarak renk değiştirmekte ve sıcaklık sapmalarını göstermektedir. Şekil 2'de görülen 3M Monitor Mark ® indikatörleri ticarileştirilmiş ve geniş kullanım alanına sahip olan örneklerdir (14-18).



Şekil 2. Moleküler difüzyona dayalı indikatörler (3).

2.1.1.3. Enzimatik Zaman-Sıcaklık İndikatörleri

Bu tip indikatörlerde ticarileşmiş ve en iyi çalışan marka Vitsab® markasıdır. Poşetlerin birinde sıvı süspansiyon içinde herhangi bir lipaz substratı ve pH indikatör boyası, diğerinde ise lipaz enzimi bulunmaktadır. Sıcaklık etkisiyle içsel basınç oluşmakta iki küçük poşet arasındaki duvar yıkmakta ve içeriklerin birbirlerine karışması sonucunda TTI indikatör aktif hale gelmektedir. Ortaya çıkan lipit bileşenleri hidroliz olmakta ve kaproik asit benzeri asitler oluşmaktadır. Bunun sonucunda pH düşmekte ve pH indikatörünün rengi yeşilden parlak sarıya dönüşmektedir (Şekil 3). (12, 15, 17)



Şekil 3. İstenilmeyen sıcaklığa maruz kalındığında indikatörün renk değişimi (3).

2.1.1.4. Polimer Bazlı Zaman-Sıcaklık İndikatörleri

Bu tip indikatörlere örnek Fransa'da bazı marketlerde 400'e yakın üründe başarılı bir şekilde uygulanan Fresh Check® markalı olanlardır. Bunlar daha ziyade sıcaklığa duyarlı dondurulmuş ya da soğutulmuş gıdalar, derin dondurulmuş ve et gibi ürünlerin istenmeyen sıcaklıklara maruz kaldığını gösteren indikatörlerdir. Ayrıca dondurulmuş sandviç ve hamburger gibi hazır yemekler, soğukta saklanması gereken çeşitli süt ürünleri ve dondurulmuş meyveler içinde kullanılmaktadır. Şekil 4'de görüldüğü gibi indikatör aktif olmadan önce ortası beyaz renklidir. Ürün istenilen sıcaklığa ulaştığında indikatör aktifleşir ve dairenin içindeki beyaz renk yeşile dönüşür. Soğuk zincirde herhangi bir aksaklık meydana geldiğinde veya ürün istenmeyen bir sıcaklıkla karşılaşır bu renk ilk önce sarıya ardından turuncu-kırmızıya dönüşür ve ürünün raf ömrünün azaldığı konusunda tüketiciye bilgi verir. Ayrıca tüketicinin doğru anlayabilmesi için poşetin üzerinde hangi renk olduğunda nasıl davranılması gerektiği yazılmaktadır. Bugün birçok ülkede farklı

mekanizasyonlarla çalışan (polimerizasyon, difüzyon ve enzimatik reaksiyonlar) 200 den fazla patentli TTI olduğu ifade edilmektedir (3).



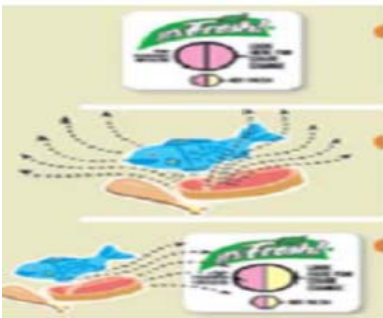
Şekil 4. İndikatörün tüketici bakımından anlaşılması için uyarı ve renk değişiminin gerçekleşmesi (3).

2.1.1.5. Tazelik İndikatörleri

İndikatörlerin çalışma prensibi; mikrobiyal bozulma sonucu oluşan metabolitlerin varlığında ambalaj üzerindeki etiketin renk değişmesine dayanmaktadır. Bu metabolitlere glikoz, organik asitler, etanol, uçucu azot bileşikler, biyojenik aminler, karbondioksit, kükürtlü bileşikler, toksinler, enzimler ve sülfür miktarları örnek verilebilir. Bu tip indikatörler ürüne oldukça hassastır ve ürüne özgüdür (19, 20). Ayrıca, laktik asit bakterilerince gerçekleştirilen glikozun fermentasyonu sonucu oluşan laktik asit miktarı sürekli arttığı için laktik asit, asetik asit gibi organik asitler indikatör olarak kullanılabilir. Bununla beraber fermentasyon sonunda oluşan diğer bir ürün olan etanolün konsantrasyonu da sürekli artış içinde olduğu için bu madde de kullanılan indikatörler arasında sayılmaktadır (3). Amonyak, dimetilamin ve trimetilamin gibi uçucu azot bileşenleri balıklarda bozulmanın bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bu tip etiketler MAP (modifiye atmosfer paketlenme) tekniğini kullanan ürünlerde kullanılmaktadır. Tazelik indikatörleri çalışma prensiplerine göre dörde ayrılırlar (17, 20).

2.1.1.5.1. pH Değişimine Duyarlı Tazelik İndikatörleri

Çoğunlukla bromotimol mavisi, ksilenol mavisi, bromokresol yeşili, bromokresol moru, kresol kırmızısı, fenol kırmızısı, metil kırmızısı ve alizarin gibi çeşitli kimyasallar kullanılmaktadır. Ambalajın tepe boşluğunda toplanan uçucu aminlerin veya sülfidlerin etkisiyle pH değişmekte ve pH indikatörleriyle bu durum renk değişiminin olmasıyla anlaşılmaktadır. Örn; kırmızı renk: asidik ortam, sarı: bazik ortam olarak ifade edilebilir. Bu tip etiketlere örnek olarak et ve deniz ürünlerinde kullanılan **It's Fresh®** etiketleri verilebilir (Şekil 5) (15, 17, 21, 22).



Şekil 5. It's Fresh marka pH değişimine duyarlı indikatörler (14).

2.1.1.5.2. Uçucu Azot Bileşiklerine Duyarlı Tazelik İndikatörleri

Bu tip indikatörler Fresh Tag® isimli ticari marka adıyla COX Records tarafından üretilmektedir. Fresh Tag® balık, tavuk ve diğer et ürünlerinde de başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu tip etiketlerde bir plastik çip içinde reaktif içeren fitil bulunmakta, bu yapı ambalaja birleştirilmekte ve indikatörün çengel şeklindeki keskin ucu ambalaj filminin içine yerleşmekte ve böylece ambalajın tepe boşluğunda biriken uçucu azot bileşenleri fitilden geçmekte ve fitil boyunca renk açık pembeye dönüşmekte ve bozulduğuna işaret ederek tüketicileri uarmaktadır. Özellikle balıkların bozulması sonucu ortaya çıkan uçucu azot bileşenleri fitilin içinde bulunan asidokromik boya ile reaksiyona girmekte ve oluşan renge göre durum tespiti yapılabilmektedir (Şekil 6) (3, 20).



Şekil 6. Renk değişimini gösteren indikatörler (3).

2.1.1.5.3. Hidrojen Sülfüre (H₂S) Duyarlı Tazelik İndikatörleri

Modifiye atmosfer paketlenme yapılan tavuk ve tavuk ürünlerinin kalite kontrolünde tercih edilen bir indikatördür. H₂S (hidrojen sülfür) ile miyoglobin arasındaki reaksiyonlardan yararlanılarak hazırlanmaktadır. İndikatörler ticari miyoglobinin sodyum fosfat çözeltisinde çözülmekte ve bu çözelti Agarose'a immobilize edilerek renk değişimi burada izlenmektedir (Şekil 7) (3, 18).



Şekil 7. Miyoglobin bazlı indikatörlerin renk değişimi (Kahverengiden parlak kırmızıya).

2.1.1.5. 4. Çeşitli Mikrobiyal Metabolitlere Duyarlı Tazelik İndikatörleri

Bu tip indikatörler iki çeşit maddeye karşı duyarlıdır. Birincisi etanol, ikincisi diasetil gibi mikrobiyal metabolitlerdir. Etanole duyarlı olan indikatörlerin çalışma prensibi; ambalajın tepe boşluğunda biriken etanol miktarının alkoloksitaz, peroksidaz ve bir kromojenik substrat yardımı ile tespit edilmesi esasına dayanmaktadır. Diasetile duyarlı olanlar ise, diasetil bazlı boya içeren ve diasetil mevcudiyetinde

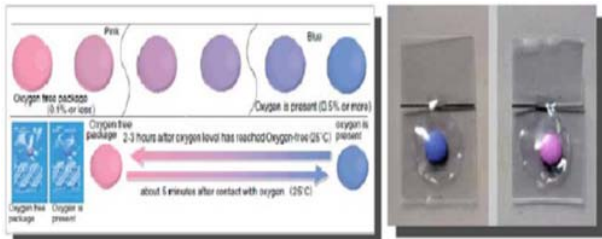
renk değiştirmektedirler. İndikatörler gazı geçirebilen ambalajların yüzeyine yerleştirilmekte ve böylece diasetil, diasetile duyarlı olan indikatöre geçmekte ve renk değişimi tüketiciler tarafından gözlenebilmektedir (20). Tazelik indikatörlerine örnek olarak Ripe Sense® markalı etiketler gösterilebilir. Şekil 8'de görüldüğü gibi bu indikatör tipi ilk olarak farklı olgunluklarda tüketiciler tarafından talep edilen armut üzerinde denenmiştir. Armut örneğinde olduğu gibi kırmızı renk ürünün sert olduğunu, sarı renk ise sulu bir yapıda olduğunu ifade etmektedir (18, 21, 23).



Şekil 8. Olgunluk indikatörü (Ripe sense®) (18).

2.1.1.6. Sızıntı İndikatörleri

Sızıntı indikatörleri; oksijen ve karbondioksit indikatörü olarak iki gruba ayrılır. Oksijen indikatörler, oksijen absorbe edicilerin doğru bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Bunlar oksidatif enzimler açısından zengindir. Bu ana bileşenlere ek olarak çözücüler (su ve alkol), hacim artırıcı ajanlar (zeolit, silikajel, selülozik maddeler ve polimerler) indikatöre eklenir. Bu tip indikatörler daha ziyade modifiye atmosfer paketlemede kullanılan gazların sızıntıları hakkında bilgi vermektedirler. Ticarileşmiş oksijen indikatörüne örnek olarak Ageless-Eye® markalı etiketler verilebilir. Bu indikatörler ambalajın içerisindeki oksijen gazının seviyesi %0.1'in altına düştüğünde pembe renge, %0.5'in üzerine çıktığında ise mavi renge dönüşmektedirler. Bunlara ilave olarak Vitalon®, Samsco-Checker® ve OxySense Inc.® gibi markaların etiketleri de örnek verilebilir (Şekil 9) (3, 24, 25).



Şekil 9. Ageless-Eye® marka O₂ sızıntı indikatörleri (14).

Sızıntı etiketlerinde ise ambalajın içerisindeki oksijen gazı sızıntısı olması halinde üçgen şeklinde olan beyaz renkli etiket mavi renge dönüşmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Sızıntı indikatörü (14).

Karbondioksit sızıntı indikatörü ise daha çok ilaç sektöründe uygulanmakta ve bu indikatör polipropilen reçine içerisine yerleştirilmiş bir redoks indikatörü ve kalsiyum hidroksitten (karbondioksit emici) ibarettir (15).

2.1.1.7. Patojen İndikatörleri

Bu tip etiketler ürünlere sonradan bulaşmiş *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *E.coli* O157:H7 ve *Listeria* spp. gibi patojen mikroorganizmalar için daha çok kullanılmaktadır. Toxin Alert Inc. tarafından üretilen Toxin Guard® ticari etiketi şu anda kullanılmaktadır. Bunlar polietilen bazlı ambalaj materyallerinden yapılmışlardır. Ambalajın içerisinde bulunan immobilize antikorlar vasıtasıyla üründe bir kontaminasyon olması durumunda antikorlar bu bakterilerle reaksiyona girmekte ve ambalajın dış yüzeyinde tüketiciler tarafından görülebilecek şekilde uyarı olmaktadır (20). Diğer bir patojen indikatörü ticari olarak Sıra Teknoloji tarafından üretilen Food Sentinel System TM®'dir. Barkodun bir kısmını oluşturacak şekilde membran formuna antikorlar yerleştirilmekte, kontamine olan bakteri ortamda var ise immünokimyasal reaksiyonlar oluşmakta ve reaksiyon sonunda barkod gölgesel olarak koyu renk olarak okunamaz duruma gelmektedir. Bu durum tüketiciler tarafından gözle görülebilmekte ve tehlikeli olduğu anlaşıldığı için ürün satışı yapılamamaktadır (Şekil 11) (15, 26).



Şekil 11. Patojen indikatörü (Food sentinel system TM®) (18).

2.1.2. Barkodlar (Çizgi Kod)

Barkod; farklı kalınlıktaki dik çizgi ve boşluklardan oluşan, verinin otomatik olarak ve hatasız bir biçimde başka bir ortama aktarılması için kullanılan bir yöntemdir (26). Ambalaj üzerine özel aygıtlarla basılan çizgi kod, optik okuyucu bir kalem yardımıyla okunabilen bir şifredir. Dünya genelinde kabul edilen EAN (European Article Number) ve UPC (Universal Product Code) olmak üzere iki sistem bulunmaktadır.

Ülkemizde kullanılan sistem EAN sistemidir ve ülke kodumuz 869'dur. EAN (Avrupa Mal Numaralama Sistemi). Ürünlerin tanımlanması için standart bir sistem oluşturmak amacıyla 12 Avrupa ülkesinin öncülüğünde bu sistem geliştirilmiş ve üyeler arasında organizasyonu sağlayacak bir birlik kurulmuştur. "Merkezi Bürksel'de olan birliğin, Türkiye'nin de dahil olduğu 37 üye ülkesi bulunmaktadır" (3). Tüketim birimleri için "EAN-8" ve "EAN-13" olmak üzere 2 barkod sistemi vardır. Şekil 14'de görüldüğü gibi 13 haneli bir barkod sisteminin ilk 3 hanesi ülke kodunu, sonra gelen 4 hane firma kodunu, bunu takip eden 5 hane ürün kodunu oluşturmaktadır

(üretici ya da satıcı tarafından ürünü tanıtmak amacıyla verilen ürün kod numarası). Sistemde yer alan 13. sayı ise kontrol basamağıdır. Bu 13. sayının yardımıyla ilk 12 sayının doğru okunup okunmadığı kontrol edilir (Şekil 12).



Şekil 12. On üç haneli çizgi kod sistemi (3).

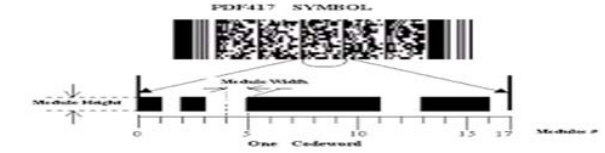
EAN-8 çizgi kod sisteminde ise ürün kodu 4 ve kontrol sayısı 1 hanelidir. Burada işlem kodu bulunmamaktadır (Şekil 13).



Şekil 13. Sekiz haneli çizgi kod sistemi (3).

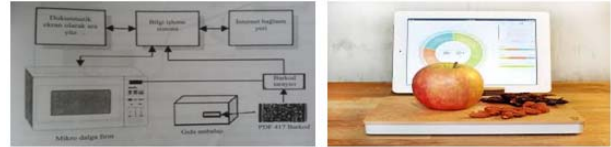
Kural olarak çizgi ve boşluklardan oluşan işaretler basılacağı yüzeyin %25'ini aşıyorsa 8 haneli çizgi kod kullanılır. Günümüzde kullanılan en ucuz ve en popüler veri taşıyıcı sistem barkod sistemidir. İlk olarak 1970'li yıllarda mağazaların mal ve stok kontrolleri, yeniden ürün istenmesi ve bazı ihtiyaçların giderilebilmesi için evrensel standartlara uygun olan UPC (Universal Product Code) sistemi geliştirilmiştir. Bilgileri 12 basamak ile ifade edebilen alan ve çizgilerden oluşan doğrusal bir semboldür. Bellek hacimleri zayıf olduklarından dolayı sadece üreticinin kimlik numarasını, stok ve mal sayısını saklayabilecek kadar limiti azdır. Ek bilgileri saklayabilecek hafızası yoktur. Bu nedenle daha küçük alanlarda daha fazla bilgi girebilmek için Uniform Code Council tarafından RSS (Reduced Space Symbology) barkod sistemi geliştirilmiştir. Bu tip barkodlar büyük mağazalar için ürün kimliğini tanıma ve ürünün izlenebilirliği için tasarlanmıştır. RSS barkodlar iki gruba ayrılır. Birincisi, RSS-14 adı verilen 14 tane rakam yazılabilen sistemdir. Daha ziyade işlenmemiş meyve ve sebzeler gibi çok fazla spesifik özellik içermeyen ürünler için kullanılmaktadır. İkincisi ise, RSS 74 denilen barkod sistemidir. Genelde et ve deniz ürünleri gibi özel ürünlerde kullanılmaktadır. Alan geniş olduğu için bu ürünlerde ambalaj tarihi, parti numarası, tartım ağırlığı gibi spesifik özellikleri de içermektedir (3, 26, 27).

Gelişen teknolojiye paralel olarak barkod okuyucularının özellikleri de artmış ve iki boyutlu denilen PDF 417 (Portable Data File) barkod sistemi geliştirilmiştir. Bu barkod hacmi 1.1 Kb kadardır. Şekil 16'da görüldüğü gibi lineer barkodlarda olmayan beslenme özelliklerini, kalori değerlerini, pişirme talimatlarını, üretici firmanın adresini, web adresini gibi spesifik bilgileri bulmak mümkündür (Şekil 14) (27).



Şekil 14. PDF 417 barkodun okunması ve elde edilen verilerden örnekler (3).

Yine ilerleyen teknolojiyle beraber olarak barkod okuyucu fırınların üretilmesi ve bu fırınların barkodları okuyarak gerekli pişirme talimatlarını gerçekleştirebilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır (Şekil 15). Bu sistemin özellikle gözü bozuk olan veya dil anlamada zorlanan kişilere de yardımcı olabileceği düşünülmektedir (3, 27).



Şekil 15. Akıllı mutfak sistem uygulamaları (3).

Uniform Code Council tarafından çok yönlülüğü sağlayabilmek adına PDF 417 ile lineer barkod olan UPC kombine edilmiş ve Birleşik Semboloji denilen yeni bir barkod türü geliştirilmiştir (Şekil 16) (3).

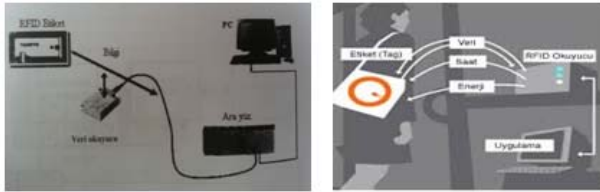


Şekil 16. Barkod çeşitleri (3).

2.1.3. RFID Etiketler (Radio Frequency Identification Tags)

Radyo dalgalarını kullanarak etiket okumayı sağlayan ve ürünü uzaktan izleme imkanı veren bir teknolojidir (22). Çalışma prensibi; mikroçiplerin ürünlere yerleştirilerek, fiziksel etkileşim yerine, ürünlerin kimliklerinin radyo dalgalarıyla okunabilmesidir. Sistem etiket, anten, okuyucu, sorgulayıcı ve denetleyici olmak üzere beş temel bileşenden oluşmaktadır (28). RFID etiketinin içinde antene bağlı bir mikroçip bulunmakta ve antenli bir okuyucudan (reader) oluşmaktadır. Ayrıca, radyo dalgaları ile aktarılabilen verilerin analizleri için oluşturulan bir bilgisayar yazılımı da bu sisteme aittir. Pasif etiketlerde pil yoktur ve okuyucu tarafından sağlanan enerji ile aktive olurlar. Aktif etiketler ise kendi

bataryasına sahiptir ve kendi enerjisini kendi üreterek okuyucuya sinyaller gönderir. Bunun yanı sıra hem batarya hem de okuyucudan gelen sinyalleri kullanan yarı-pasif etiketler de mevcuttur (29). Aktif etiketler 30 metre ve daha fazla okuma mesafesine sahip iken pasif etiketler ise 4.5 metreye kadar okuma özelliğine sahiptir. Gerçek okuma mesafesi okuyucunun gücü ve metal nesnelere olabilen işlemler gibi çeşitli etkenlere bağlı olarak değişebilmektedir. Ayrıca bu tip etiketlerin 1 mega bayt'a kadar bilgi depolama kapasiteleri bulunmaktadır (15, 26). Şekil 17'de görüldüğü gibi RFID sistemi etiket veri okuyucu, okuyucudan gelen radyo dalgalarıyla temas kurmasını sağlayan bir anten düzeneği ve ara yüz olmak üzere 4 bileşenden oluşmaktadır. Bu sistem ürünleri takip etmek ve kimliklerini belirtmek için kullanılan verilerin istenilen nesne, ürün veya canlı üstünde depolanmasını ve sonradan uzak bir mesafeden erişilerek okunabilmesini mümkün kılmaktadır (3).



Şekil 17. RFID etiketlerin çalışma ilkesi (3).

RFID etiketler (mikroçipler) disk, cam kapsül, etiket şeklinde olabilir. Etiketlerin zaman-sıcaklık indikatörü yada bir sensör ile de birleştirilebildiği belirtilmektedir. Etiketler hızlı bir şekilde eş zamanlı olarak okunabilmekte ve aynı zamanda 10-100 etiket okunabilmektedir. Okuma hızının ortalama olarak 0,5 saniye olduğu bildirilmektedir (26, 30). RFID etiketler mağaza içi güvenlik sistemlerinden stok takibine kadar birçok alanlarda kullanılmaktadır. Bir RFID okuyucusuyla büyük bir deponun ortasında durup cihaz çalıştırıldığında stokta nelerin olup olmadığı aynı anda ekranda görüntülenebilmektedir (3). RFID sisteminde başarılı olabilmek için tasarım ve tedarik zincirinde olan tüm paydaşların bu sistemi kullanması gereklidir. Dünyanın en büyük perakendecilerinden olan Wal Mart, Marks & Spencer, Chevrolet Creative, FedEx, Metro Future Store firmalarının bu sistemi başarıyla kullandıkları bildirilmektedir (29, 31).

2.1.4. Sensörler

Gıda ambalajlamada kullanılan sensörler ürünlerin tazelikleri, mikrobiyolojik olarak bozulma olup olmaması, oksidatif acılaşıma ve sıcaklık nedeniyle oluşan değişimler hakkında bilgi verirler (32). Sensörler temel olarak reseptör ve çevirgeç (transducer) olmak üzere iki kısımdan ibarettir. Reseptörler kaynaktan aldıkları fiziksel ve kimyasal bilgileri çevirgeç ölçümüne uygun olan enerjiye çevirmektedirler. Sensörler elektriksel, optiksel, termal ve kimyasal olarak sinyalleri algılamaktadır (33).

2.1.4.1. Gaz Sensörler

Bu tip sensörler analizi yapılan gazın bulunması durumunda sensörün fiziksel parametrelerini değiştirerek cevap veren ve dışarıdan bir aygıt tarafından izlenebilir cihazlardır (26). Şekil 18'de yarı iletken olan bir gaz sensörü gösterilmektedir. Bu sensörlerin kullanımında ambalajın yırtılması gerektiği için bu sistemin ticari ürünlerde kullanılması mümkün değildir. Daha ziyade çok temel araştırmalarda kullanılmaktadır (34).



Şekil 18. Gaz sensörü (19).

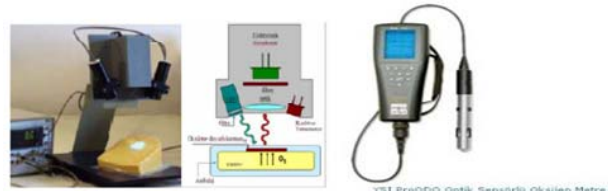
Sensörlerin amperometrik oksijen sensörleri, potensiyometrik karbondioksit sensörleri, polimer bazlı sensörler ve pizeoelektrik kristal sensörleri gibi çeşitleri bulunmaktadır. Gıdaların kalitesini izlemek için daha çok oksijen ve karbondioksit sensörleri kullanılmaktadır. Ayrıca sızıntı/kaçak sensörleri ambalaj bütünlüğünü bozmak amacıyla oksijen tutucuların doğruluğunu kanıtlamak için kullanılmaktadırlar. Bu sensörler paketin içindeki gazlı ortam ile temas etmek zorundadır ve böylece gıda ile direkt temas halindedir. Su buharı, etanol, hidrojen sülfid ve diğer gazlar için de gaz sensörlerin kullanıldığı belirtilmektedir (Şekil 19) (5, 26).



Şekil 19. Ticari oksijen sensörleri (17).

2.1.4.2. Floresans Bazlı Sensörler

Gıda ambalajında bulunan oksijen polimere difüzyonla nüfuz ederek ambalajın ışıldamasını sağlamaktadır. Ortamda bulunan oksijen düzeyi ışıldama parametrelerinin ölçülmesiyle belirlenir. Bu tip sensörlerde ruthenium, fosforan palladium (II) ve platinyum (II)-forfirin kompleksleri kullanılmaktadır. Bu tip sensörlerin bir çoğu geniş bir sıcaklık aralığında (-20°C ve +30 °C) çalışabilirler (Şekil 20) (33, 35).



Şekil 20. Optik oksijen sensörleri (14) .

2.1.4.3. Biosensörler

Biyolojik moleküller veya biyolojik sistemlerin modern elektronik teknik sistemlerle birleştirilmesiyle geliştirilen biyoanalitik cihazlar olarak ifade edilebilir (3). Bunlar da bir biyoreseptör ve enerjiye dönüştüren çevirgeçten (transducer) ibarettir (15, 26). Biyoreseptörler enzimler, antijenler, hormonlar ve nükleik asit gibi organik materyallerdir. Transducer ise elektrokimyasal, optiksel veya kalorimetrik sistemlerden oluşmaktadır. Gıdalarda görülen bozulmaların bir sonucu olan biyojen amin varlığı tespiti amaçlı birçok enzimatik biosensör geliştirilmiştir. Örneğin; amperometrik hidrojen peroksit elektrotlarıyla kombine edilmiş putresin oksidaz reaktörleri ile kanatlı etlerindeki diaminler (putresin, kadaverin ve spermidin) saptanabilmektedir (36).

2.1.4.4. Nanosensörler

Gıdaların bozulma durumlarını belirlemek için ambalajlama sistemlerinde nanosensör uygulamalarının da olduğu bildirilmektedir. Bu alandaki başlıca uygulamalar; gelişmiş tat, renk, aroma, doku ve kıvamda gıdaların üretilmesi, besin öğelerinin biyoyararlılıklarının artırılması, gelişmiş mekanik, bariyer ve antimikrobiyal özelliklere sahip yeni gıda ambalajlama materyallerinin üretilmesi, taşıma ve depolama sırasında gıdanın durumunu gösteren nanosensörlerin geliştirilmesi ve suların arıtılması olarak sayılabilir (37). Türkiye'de nanoteknolojinin önemi UNAM (Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi) projesi ile gündeme gelmiş, dikkatleri üzerine toplamıştır. TÜBİTAK tarafından hazırlanan 2023 vizyon programında nanoteknoloji yer almış ve yol haritası belirlenmiştir (38). Nanoteknolojinin gıda alanında uygulamaları dört ana başlık altında ifade edilebilir. Bunlar: gıda işleme ve fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesi; biyoaktif maddelerin ve nutrasötiklerin taşınması ve kontrollü salınımı; patojenlerin tespiti ve gıda güvenliğinin artırılması; ürün kalitesi ve raf ömrünün olumlu yönde etkileyecek ambalajlama sistemlerinin geliştirilmesidir (38).

3. SONUÇ

Gıda maddelerinin satışlarının daha çok büyük alışveriş merkezlerine yönelmesi, gıda ürünlerinin paketlenerek satışa sunulmalarının yasal zorunluluk haline gelmesi ve gıda maddelerinin muhafazasında kullanılan enerji maliyetlerinin gün geçtikçe artması gibi nedenlerden dolayı gıda paketlenme teknolojisinde yeni teknolojilerin kullanılması gündeme gelmiştir. Gıdaların tazeliklerinin ve diğer kalite parametrelerinin korunması ve kontrolü her zaman mümkün olmamaktadır. Gıda ürünlerinin üretimden tüketime kadar olan tüm aşamalarında gerekli kontrol önlemlerinin alınması, hem tüketicilerin sağlığının korunması hem de ekonomik

Kaynaklar

1. ITO. İstanbul Ticaret Odası. Avrupa Birliğine Giriş Sürecinde Ambalaj Sektörü. Yayın No: 2004-37, İstanbul, 2004.
2. Meyers HM, Lubnier MJ. Başarılı Ambalaj ve Başarılı Pazarlama. Üsdiken Z (Çeviren). 2. Baskı, İstanbul: Rota Yayınları, 2004.

kayıpların önüne geçilmesi anlamında akıllı ambalajlama teknolojisi kullanılmaya başlanmıştır.

Ambalajlama sektöründe; akıllı ambalajlama sistemleri mikrobiyolojik bozulmaların ve toksik maddelerin hızlı ve etkin bir şekilde tespit edilmesi ve bu ürünlerin tüketiminin önlenmesini sağlayabilmelerinden dolayı büyük önem kazanmıştır. Bu tür yeni teknolojilerle etiket ve ambalajlara akıllılık özelliği yüklenerek gıda güvenliğinin sağlanması, izlenebilirliğin daha etkin hale gelmesi ve böylece kaliteli, güvenilir gıdaların temin edilmesi hedeflenmektedir.

Akıllı ambalajlama sistemlerinin avantajı; tüketicinin bozulmuş bir ürünü satın almadan önce fark edebilmesi, hem manevi olarak hem de maddi olarak zarara uğramamasıdır. Üretici veya perakendeciler ise ürünlerin depolanması, taşıma ve satış aşamalarında kalite ve sağlık açısından bir riskin olup olmadığını fark etmekte, 2-3 üründe meydana gelen olumsuzluklardan dolayı tüm parti malı geri toplamak zorunda kalmamaktadır. Böylelikle olumsuzlukların önceden tespit edilme imkanından dolayı tüketici gözünde prestij ve güven kaybetme korkusunu yaşamamaktadır. Bu teknolojilerin desteği sonucunda tüm gıda sektörü için geçerli olan hem israf hem de ekonomik kayıpların önlenmesi mümkün olabilecektir. Bu teknolojinin dezavantajları olarak ise; akıllı ambalajların belirli gıdalara veya belirli metabolitlere karşı spesifik olması, bazı patojen mikroorganizmaların ürettikleri çok küçük dozdaki toksinleri algılayamaması ve maliyetlerinin oldukça yüksek olmasını sıralamak mümkündür.

Akıllı ambalajlama uygulamalarından genel anlamda ana beklentiler ambalaj malzemesinin maliyetinin düşürülmesi, dağıtım ve sevkiyat sırasında ambalajlarda oluşabilecek hasarların engellenmesi, ürünün raf ömrünün uzatılmasının temini, depolama veya taşıma sırasında ürünün durumu ile ilgili bilgilere online olarak ulaşabilmektir. Bu yönde yapılan çalışmalar günümüzde giderek artmaktadır. Bunlar içerisinde en önemlisi malzeme bilimindeki gelişmeler olarak görülmektedir. Ayrıca elektronik teknolojisinde özellikle silikon teknolojisindeki gelişmeler ambalaj uygulamalarında akıllı teknolojilerin yaygınlaşmasına yol açacaktır. Bu alanda yapılan çalışmaların pratik hayata aktarılmasıyla daha sağlıklı ürünler yanında bilinçli bir toplum kültürünün ortaya çıkması da sağlanacaktır.

Gerek halk sağlığının korunması, gerekse gıdaların raf ömrünün uzatılması, daha sağlıklı ve güvenli gıda arzının temini için büyük önem taşıyan akıllı ambalaj teknolojilerinin yakın bir gelecekte üretim maliyetlerinin düşürülmesi ile hayatımızda daha yaygın bir biçimde kullanılacağına inanılmaktadır.

3. Üçüncü M. Gıda Ambalajlama Teknolojisi. İstanbul: Ambalaj Sanayicileri Derneği İktisadi İşletmesi, 2011.
4. Kosikowski FV. Cheese and Fermented Milk Foods. New York: Great Falls Virginia, 1982.

5. De Jong AR, Boumans H, Slaghek T, et al. Active and intelligent packaging for food: Is it the future. *Food Addit Contam* 2005; 22: 975-979.
6. Toni T. Novel ideas in food packaking. *Food Tech* 2008; 10: 54-59.
7. Restuccia D, Spizzirri UG, Parisi OI. New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. *Food Control* 2010; 21: 1425-1435.
8. TKG. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği. Gıda ile Temas Eden Madde ve Malzemeler Yönetmeliği 29.12.2011/28157.
9. Dainella D, Gontard N, Spyropoulos D. Active and intelligent food packaging: Legal aspects and safety concerns. *Trends Food Sci Technol* 2008; 19: 103-112.
10. Bente F, Hellstorm T, Henrysdotter G. Active and intelligent Food Packaging a nordic report on legislative aspects. *Nordic Concil of Ministers Copenhagen* 2000; 13-21.
11. Shimoni E, Anderson EM, Labuza TP. Reliability of time temperature indactors under temperature abuse. *J Food Sci* 2001; 66: 1337-1340.
12. Galagan Y, Su WF. Fadable ink for time-temperature control of food freshness: Novel new time-temperature indicator. *Food Res Int* 2008; 41: 653-657.
13. Suppakul P, Miltz K, Sonneveld KJ. Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications. *J Food Sci* 2003; 68: 408-413.
14. Kokangül G, Fenercioğlu H. Gıda endüstrisinde akıllı ambalaj kullanımı. *Gıda Tekno Elekt Derg* 2012; 7: 31-43.
15. Kerry JP, Hogan SA, O'Grady MN. Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. *Meat Sci* 2006; 74: 113-130.
16. Aday MS, Caner C. Ambalajlamada Yeni Teknolojiler. *Bilim ve Teknik Dergisi* 2010; 43: 86-95.
17. Gök V. Gıda paketleme sanayiinde akıllı paketleme teknolojisi. *Gıda Tek Derg* 2007; 1: 45-58.
18. Özçandır S, Yetim H. Akıllı ambalajlama teknolojisi ve gıdalarda izlenebilirlik. *Gıda Tek Elekt Derg* 2010; 5: 1-11.
19. Lechuga ML. Micro and nanoimmunosenors: Technology and applications. *Anal Bioanal Chem* 2006; 384: 44-46.
20. Smolander M. The use of freshness indicators in packaging. In: Ahvenainen R. (Editor). *Novel Food Packaging Techniques*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2003; 127-143.
21. Robertson GL. *Food Packaging: Principles and Practice*. London: Taylor & Francis Group, 2006.
22. Turhan KN. Gıda Ambalajlamada Yeni Teknolojiler. *Dünya Gıda Dergisi* 2009.
23. Anonim. "Ripe Sense, How It Works". http://www.ripesense.com/ripesense_howitworks.html/ 02.09.2010.
24. Otles S, Yalçın B. Intelligent food packaging. *Log Forum* 2008; 4: 3.
25. De Jong AR, Van Zanvoort MMJ. From the best before date to freshness indicator. *Food and Bev Int* 2004; 28-33.
26. Yam KL, Takhistov PT, Miltz J. Intelligent packaging: Concepts and applications. *J Food Sci* 2005; 70: 1-9.
27. Yam KL. Intelligent packaging for the future smart kitchen. *Packaging Tech Sci* 2000; 13: 83-85.
28. Yüksel ME, Zaim AH. Yeni Nesil Teknoloji Olarak RFID, RFID Sistem Yapıları ve Bir RFID Sistem Tasarımı Yaklaşımı. 5.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09). Karabük: Türkiye, 13-15 Mayıs 2009.
29. Angeles R. RFID technologies, supply-chain applications and implementation issues. *Inf Sys Man* 2005; 22: 51-65.
30. Üstündağ A. RFID Technology: A Paradigm Shift in Business Processes. 35th International Conference on Computers and Industrial Engineering, İstanbul, Turkey 2065-2070, 20-22 Haziran 2005.
31. Kelepouris T, Pramatarı K, Doukidis G. RFID-enabled traceability in the food supply chain. *Ind Man & Data Sys* 2007; 107: 183-200.
32. Kerry JP, Papkovsky DB. Development and use of non-destructive, continuous assessment, chemical oxygen sensors in packs containing oxygen sensitive foodstuffs. *Res Adv in Food Sci* 2002; 3: 121-140.
33. Kress-Rogers E. Instrumentation for food quality assurance. In: Kress-Rodgers E, Brimelow CJB. (Editors). *Instrumentation and Sensors for the Food Industry*. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd 2001: 581-669.
34. Yezza IA. Active / Intelligent backaging: Concept, applications and innovations. Technical Symposium, New Packaging Technologies to Improve and Maintain. *Food Safety September 18-19, Toronto, 2008*.
35. Papkovsky DB, Ovchinnikov AN, Ogurtsov VI: Biosensors on the basis of luminescent oxygen sensor: The use of icroporous light-scattering support materials. *Sen and Acta B* 1998; 51: 137-145.
36. Smolander M, Hurme E, Latva-Kala K. Myoglobin-based indicators for the evaluation of freshness of unmarinated broiler cuts. *Innov Food Sci and Emer Tech* 2002; 3: 279-288.
37. Doyle ME. "Nanotechnology: A brief literature review. Food research institute briefings". http://fri.wisc.edu/briefs/FRIBrief_Nanotech_Lit_Rev.pdf/ 12.06.2006.
38. Yüksel NY. Gıda ve tarım sektöründe nanoteknoloji. *Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü*, 2011; 1-4.