

## GIDALARDA İZLENEBİLİRLİK

Sena Özbay-Doğu<sup>1\*</sup>, U. Tansel Şireli<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi, Bilimsel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi, ASÜÇEM, Aksaray

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara

Geliş tarihi / *Received*: 13.01.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 10.02.2015

Kabul tarihi / *Accepted*: 12.04.2015

### Özet

Yaşanan gıda kaynaklı sorunlarla birlikte sıklıkla gündeme gelen ve teknoloji ile hızla gelişen izlenebilirlik kavramı, gıda kalitesi ve güvenliğinin bir anahtarı konumundadır. Ayrıca izlenebilirlik ile tarladan çatala, gıda zinciri boyunca yer alan tüm paydaşlar olumlu sonuçlar elde etmektedir. Üretici, ürünü ile ilgili detaylı bilgi almakta, muhtemel problemlerde hızlı müdahalede bulunabilmekte, ileri ve geriye doğru ürünün tüm bilgilerine erişebilmekte, tüketici ise tükettiği ürün ile ilgili tüm bilgilere bir arada ve hızla ulaşabilmektedir. Diğer paydaşlar olan dağıtıcı ve perakendeciler ise, etkin stok ve tedarik zinciri yönetimi gerçekleştirebilmektedirler. Dolaylı olarak kamu sektörü ve halk sağlığı da bu süreçten olumlu etkilenmektedir. Bilgi teknolojilerindeki hızlı gelişim, gıda izlenebilirlik sistemlerini de etkilemekte, basit, hızlı ve kapsamlı tekniklerin sayısı her geçen gün artmaktadır. Derlememizde, izlenebilirlik kavramı ile araçları incelenmiş ve bu konuyla ilgili literatür bilgisi verilmeye çalışılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** İzlenebilirlik, gıda izlenebilirliği, gıda güvenliği, izlenebilirlik sistemleri

## TRACEABILITY OF FOOD

### Abstract

The concept of traceability, which often came to the fore with foodborne problems and evolving with technology, is a key of food quality and safety. Also positive results are achieved by traceability from farm to fork. Manufacturer, get detailed information about the product, can found the potential problems rapidly and can access all the information of the product. Also consumers reach together and rapidly all the information of consumed products. Distribution and retailers who other stakeholders are able to performed efficient inventory and supply chain management. Indirectly, the public sector and public health are positively affected through this process. Food traceability systems are affected from rapid development in information technology, consequently the quantity of simple, fast and comprehensive techniques are increasing every day. In this paper, the concept and tools of traceability are analyzed. Moreover are given detailed information about this issue.

**Keywords:** Traceability, food traceability, food safety, traceability systems

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ sena\_ozbay@hotmail.com,

☎ (+90) 0382 288 2753,

☎ (+90) 0382 288 2298

## GİRİŞ

İzlenebilirlik, gıda ürünlerinin üretimleri açısından vazgeçilmez bir kalite kontrol aracı olarak kabul edilmekte, izlenebilirlikle, gıda üretimi sürecindeki tüm aşamalar, kişiler, süreçler ve ürüne eklenen tüm içerikler takip altına alınabilmektedir. İzlenebilirliği sağlanmamış bir gıda ürününün güvenliğinden söz etmek imkânsız olmakta, bu bağlamda izlenebilirlik sistemleri her geçen gün önemini artırmaktadır. Küresel ekonominin gelişmesi ve ürünlerin üretildikleri yerlerden çok daha farklı bölgelerde tüketilmesi gerçeği, ürünün her aşamasının daha kontrollü takip edilmesini gerektirmektedir. Bu zorunluluklarla birlikte gıda izlenebilirliği ile ilgili bilimsel çalışmalar ve teknolojik gelişmeler de hız kazanmaktadır. Gelişen teknolojinin de yardımıyla, çok farklı bilgisayar tabanlı yazılımlar, disiplinlerarası yaklaşımlar ve teknolojik cihazlar izlenebilirliğin yeni ilgi alanları haline almaktadır.

### Gıda Endüstrisinde İzlenebilirlik

#### Gıda İzlenebilirliği Kavramı

Codex Alimentarius'a göre izlenebilirlik, gıdanın hareketini, üretim, işleme ve taşımanın aşamaları boyunca izleyebilmek olarak tanımlanmaktadır (1). Farklı bir tanımlamayla izlenebilirlik, üretim, işleme ve dağıtımın tüm aşamalarında yem ya da gıdaya bulaşma riski olan ya da bulaşmış içeriğin takip edilebilmesidir şeklinde tanımlanmaktadır (2). Ülkemizde ise izlenebilirlik 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu çerçevesinde zorunlu hale getirilmiş ve üretim işleme ve dağıtımın tüm aşamalarında gıda ve yemin ve bunlara ilave edilecek her türlü maddenin ve gıdanın elde edildiği hayvanın takibi için gıda ve yem işletmecilerinin izlenebilirlik sistemlerini kurma ve gerekli hallerde Bakanlığa, talep edilen bilgileri sunma zorunlulukları bulunmaktadır (3).

İzlenebilirliğin temel amacı, ileri ve geriye dönük olarak ürünün tarladan çatala tüm tedarik zincirindeki hikâyesine ulaşabilmek (4), farklı ürünlere ait lokasyon (bölge) bilgisini ve ürün hikâyesini elde edebilmektir (5). Bu amaçlar doğrultusunda geliştirilebilecek alt amaçlar ise; gıda güvenliğini artırmak, potansiyel kontaminasyon kaynaklarını tanımlamak, ürün geri çağırma prosedürünü kolaylaştırmak, ürünün tüketiminden kaynaklanan halk sağlığı risklerini kontrol etmek şeklinde sıralanabilmektedir (6). Bu yüzden gıda izleme sistemleri hem tüketiciden hem de üreticiden etkilenmektedir.

İzlenebilirlik yönetimi ise, çiftçiden tüketiciye tüm gıda zinciri boyunca, bilginin, toplanması,

depolanması, işlenmesi ve iletilmesini sağlamaktadır (7). İzlenebilirlik, tehlikeleri ve riskleri azaltmak için önemli bir araç olarak da görülmektedir (8). İki tip gıda izlenebilirliği bulunmaktadır. Bunlar;

**Lojistik İzlenebilirlik;** bu izlenebilirlik, ürünlerin sadece fiziksel hareketini içermektedir.

**Nitel İzlenebilirlik;** ürün kalitesi ve tüketici güvenliği ile ilgili bilgileri (hasat öncesi ve sonrası, depolama, dağıtım vb.) içermektedir (9).

Farklı bir çalışmada ise, altı farklı izlenebilirlikten bahsedilmektedir. Bunlar;

**Ürün İzlenebilirliği;** bir ürünün tedarik zincirindeki fiziksel konumunu saptama işlemidir ve lojistik, geri toplama ve tüm taraflara bilgi sağlamayı kolaylaştırma amacındadır.

**Süreç İzlenebilirliği;** nerede, ne zaman, ne oldu/yapıldı gibi sorulara cevap arayan bir izlenebilirlik biçimidir. Ürünün, üretim, depolama, işleme vb. aşamalarında geçirmiş olduğu uygulama ve işlemlerin türü ve zamanını belirleme amacındadır.

**Genetik İzlenebilirlik;** bir ürünün genetik yapısını saptama amacındadır.

**Girdi İzlenebilirliği;** üretimde kullanılan tohum, gübre, kimyasal ilaçlar, hayvan, hayvan yemi, katkı maddeleri vb. her türlü girdinin özelliklerinin ve bilgilerinin sağlanması amacındadır.

**Hastalık ve Kalıntı İzlenebilirliği;** tarımsal hammaddeden elde edilen ürünleri, gıdayı kontamine edebilen patojenler, bakteriler ve virüsler gibi biyolojik riskleri ve kalıntıların epidemiyolojisini takip etme amacındadır.

**Ölçü İzlenebilirliği;** ölçü ve test elemanlarının kalibrasyonu ve uygunluğunu izleme amacındadır (4).

Kısacası izlenebilirlikle, gıda zincirinde, kullanılan tüm maddeler ve ingredientler, üretim süreci, personel ve nihai ürün takip edilmektedir (6).

Meyve ve sebzelerin izlenebilirliği (10-12), geleneksel gıdaların izlenebilirliği (13), hazır yemek sektöründe izlenebilirlik (14), tahıl tedarik zincirinin (15) ve yağ üretiminin izlenebilirliği (16), helal et (17) ve süt endüstrisinde (18) izlenebilirlik, GMO (Genetically Modified Organisms) izlenebilirliği (19) deniz ürünlerinin izlenebilirliği (20, 21) izlenebilirlik ve marka imajı (22) gibi birçok farklı alanda izlenebilirliğe yönelik uygulamalar yapılmakta olup, önemi her geçen gün artan izlenebilirliğin, gelecek için önemli bir çalışma alanı olacağı düşünülebilmektedir.

#### Gıda İzlenebilirliğinin Avantajları

Gıda izlenebilirlik sitemlerinin farklı paydaşlara, farklı boyutlarda fayda sağladığı bilinmektedir.

Yöneticiler, tüketiciler, tedarikçiler ya da üreticiler fayda sağlayan paydaşları oluşturmaktadır. İzlenebilirlik sistemleri, bu paydaşlara, yönetsel, ekonomik ve kalite kontrolü avantajları sağlamaktadır.

İzlenebilirliğin en temel faydası, gıda ürününün gıda zinciri boyunca nerede olduğu ve ne yöne doğru gittiği bilgisini sağlayarak, kalite sorunları ve problemlerin oluşmasından kaçmak için erken uyarı sistemi ve gerek duyulduğunda ürünü etkin şekilde geri çağırmaı gerçekleştirilmesidir (23). Ayrıca bir kalite yönetimi (24), bilgi, lojistik ve ürün yönetimi (25) aracı olarak da kabul edilmektedir. Yapılan bir çalışmada, izlenebilirliğin temel faydaları, direkt faydalar olarak isimlendirilmiş ve bu faydalar tedarik zinciri optimizasyonu, ürün kalitesi ve pazar avantajı (pazarlamada rekabet avantajı) olarak üç maddede açıklanmıştır (26).

Tedarik zincirinde izlenebilirlik üzerine yapılan bir çalışmada ise, izlenebilirlik sisteminden umulan faydalar, ürün ve üretim süreçlerinde etkin ve doğru risk yönetimi, hammaddeyi optimal kullanma, yüksek stok seviyesini düşürme ve üretim planlamayı optimize etme, ürünün yaşam döngüsünü uzatma ve harcamaları minimize etme, izlenebilirlik verisini otomatik olarak yenileme, etkin bir geri çağırma yönetimi sağlama şeklinde sıralanmaktadır (27). Bu faydalara ek olarak, gıda güvenliği ve kaynağı hakkında tüketiciye garanti verme, enfeksiyon kaynağının tanımlanması, hastalıkların kontrolü ve kalıntıların izlenmesi, standart altı ürünlerin tanımlanması (28) ve sebep sonuç ilişkisini belirleme, kalite yönetiminde geri çağırma verisini kolaylaştırma (29), işletme şeffaflığını artırma, daha etkin lojistik yönetimi sağlama, canlı hayvan hastalık bulaşanlarının etkin kontrolünü, bulaşıcı hayvan hastalıklarının kontrol ve eliminasyonun sağlanması (30), gıda ürününün değerinin artması, gıdanın katma değer kazanarak, kar payının yükselmesi (31), gıda kaynaklı hastalıkların azaltılmasıyla, gıda güvenliği ve halk sağlığının korunmasına yardımcı olması, yeni tehlikelerin daha hızlı tespiti (32) gibi faydaları sıralamak da mümkün olmaktadır.

### **İzlenebilirlik Sistemleri**

İzlenebilirlik sistemleri, son yıllarda gıda güvenliği ve kalitesinin sağlanmasında işletmeler ve denetleyiciler için kilit bir noktada yer almaktadır. Uygulamadaki örneklerin yanı sıra bilimsel literatürde de izlenebilirlik ile ilgili farklı fikirler, yeni uygulamalar ve disiplinlerarası yaklaşımlar bulunmaktadır. Bilgisayar tabanlı gıda zinciri izleme sistemleri modellemeleri (33) gıda ambalajlamasında

geliştirilen yeni yöntemler (akıllı ambalajlama, nanokompozit uygulamaları vb.) (34), gıda izlemede kullanılan kablosuz sensörler (35), moleküler markerlar (36), RFID (Radio Frequency Identification) tabanlı izleme sistemleri (37, 38), HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) sistemi ile entegre kullanılan FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) yöntemi (39) gibi pek çok farklı yeni yöntem bulunmaktadır. Aynı zamanda izlenebilirlikte coğrafi orijini tespit etmeye yönelik spektroskopik yöntemler (40, 41) isotop ve mineral madde temelinde yapılan çalışmalar (11) en yeni yaklaşımlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

### **İzlenebilirlik Sistemi Kurulumu**

Günümüzde izlenebilirlik, kağıt bazlı basit kayıt sistemlerinden, bilgisayar tabanlı bilgi teknolojilerine ve karmaşık biyolojik sistemlere kadar çok çeşitlilik göstermektedir (42) İzlenebilirlik, gıda güvenliği yönetiminde etkili bir yol olarak kabul edilmekte ve (16) iyi geliştirilmiş entegre bir izlenebilirlik sisteminin, kalite yönetimi için bir ihtiyaç olduğu bilinmektedir (43). İşletmelerin izlenebilirlik sistemlerini oluşturmalarında etkili olan motivasyonlar; ürünün, firmanın, endüstrinin ya da şehrin ününü kazanmak ve korumak, izlenebilirliği sağlayan tedarikçilerle farklılaşan ürünler sağlamak, ürün orijinini garantilemek, tedarik yönetimini geliştirmek, ürün ya da süreç metotlarını izlemek, gıda güvenliği ya da kalite problemlerinde ürün geri çağırma etkinliğini arttırmak şeklinde sıralanmaktadır (8).

Bu kazanımlar, işletmelere, maliyet avantajı ve yönetsel etkinlik işlevi, paydaşlarla daha iyi iletişime geçme ve rekabette de avantaj sağlamaktadır. Etkin bir izlenebilirlik sistemi, farklı teknikler ile birlikte entegre bir sistemdir ve bu sistemin tedarik zincirinin her aşamasında verilerin toplanması ve transfer edilebilmesi için bazı kuralları takip etmesi gerekmektedir (9). Etkin izlenebilirlik, gıda üretim ve dağıtımının her basamağında kaydedilen bilginin standardizasyonunu da gerektirmektedir (44). Etkin bir gıda izleme sistemi, üretimden satışa işlemlerin standardizasyonu, üretimden satışa toplam kalite yönetimi, tedarik zincirine dahil olan her olay ve durum için detaylı kayıt tutma, ileri ve geri olmak üzere iki yönlü kayıt yapabilmek (45), tüm ürünlerin yaşam döngüsü bilgilerini muhafaza etme (46) gereksinimlerini karşılamalıdır.

Genel olarak izlenebilirlik sistemi kurulumunda en önemli elementler, benzersiz bir tanımlama (ürün ya da ürün grubu için), ürün transferi, bilgi toplama ve geri çağırma prosedürleri (9, 44, 47,

48) şeklinde sıralanmaktadır. Ürünlerin eşsiz bir sistemle tanımlanması, izlenebilirlik sisteminin temelini oluşturmaktadır. Her bir ürüne ait adeta bir kimlik kartı işlevi gören bu tanımlama metodu (barkod, etiket vb.) tek bir ürüne ait olduğu için sadece o ürün ile ilgili verinin sistemde saklanmasını sağlamaktadır. Ülkemizde de 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu gereği, piyasaya sunulacak gıda ya da yem, uygun şekilde etiketlenerek veya Bakanlıkça belirlenecek bilgi ve belgelerle uygun şekilde tanımlanarak izlenebilirliği sağlanmaktadır (3).

İzlenebilirlik sisteminin dizaynı, tedarik zinciri sürecindeki ilişkilerden de etkilenmektedir. Partnerlerin göreceli gücü, uzaklık–yoğunluk, sağlanan bilgiye tüketicinin verdiği değer gibi faktörler, izlenebilirlik sisteminin maliyeti ve faydaları açısından önem arz etmektedir (32). Ayrıca, izlenebilirlik alanında genişleme, işlem sayısı ve derinliğinde artış, doğruluğun artması, koruma aktiviteleri tanımlama ya da yeni ürün segmentlerinde, yeni prosedürlerin sayısında ve izlenebilirliğin teknolojik zorluklarında artış gibi faktörlerde izlenebilirlik maliyetinin yükselmesine sebep olmaktadır (31). Bu faktörlere ek olarak, izlenebilirlik sistemine dönüşüm, otomasyon ve daha fazla veri depolamanın da maliyet artışına sebep olacağı düşünülmektedir (30).

İzlenebilirlik sistemi kurulurken takip edilmesi gereken yol haritası aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

1. Tarladan fabrikaya ürün akış çizelgelerinin oluşturulması,
  2. Ürün kalitesinden sorumlu olan personelin isimlerinin belirlenmesi,
  3. HACCP prensipleri kullanılarak tedarik zincirinin tehlike analizinin yapılması,
  4. Ürün izlenebilirliğinin benimsenmesi için sebeplerin dokümanite edilmesi,
  5. Tedarik zincirinin her aşamasında geriye izleme ve kayıtların oluşturulması,
  6. Verilerin toplanması ve kaydedilmesi için sorumlu personelin belirlenmesi,
  7. Ürünün tanımlanmasını kolaylaştırmak için eşsiz bir etiketleme ya da barkod sistemi geliştirilmesi,
  8. Geriye doğru izlemenin nasıl yapılacağına dair dokümantasyonun yapılması,
  9. İzlenebilirlik sisteminin test edilmesi, doğrulanması ve onaylanması,
  10. Tüm sonuç ve eylemlerin dokümanite edilmesi (49).
- İşletmelerin teknolojik alt yapısı, ürün çeşitleri ve sayısı, işletme büyüklüğü, personel sayısı gibi

işletme bazı faktörler de kurulacak izlenebilirlik sisteminin çeşidini, kurulma şeklini ve maliyetini büyük oranda etkilemektedir.

İzlenebilirlik sisteminin kurulması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması da önem arz etmektedir. İzlenebilirlik sistemlerine katılımın teşvik edilmesi ve sürekliliği için; perakendecilerin izlenebilirlik sistemine dâhil edilmesi, ürün ambalajlarına izlenebilirlik işaretlerinin basılması, izlenebilirlik için tüketici farkındalığının yaratılması, kamunun ilk kurulum ve geliştirme maliyetlerini üstlenmesi (50) gibi önlemlerin alınması gerekmektedir.

### **İzlenebilirlik Sistemi Uygulama Araçları ve Yöntemleri**

#### **Alfanumerik Kodlar**

Bu tip kodlar, etiket üzerinde yer alan çeşitli boyutlardaki harf ve numaraların dizilimi şeklindedir (26). Sistem çok basit ve ekonomiktir, ancak kodları yazmak ve okumak için belirgin bir insan kaynağı gerektirmesi dezavantajı olarak görülmektedir (51). Ayrıca taşıma esnasında fiziksel zarara uğraması ve solması da kullanımını kısıtlayan faktörlerdendir (52).

#### **Barkod**

Barkodlar, ürün veya malzeme tanıma amaçlı olarak kullanılan veri taşıyıcıların en ucuz ve en popüler olanlarıdır (53). Barkod sisteminin temel prensibini tedarik zinciri boyunca hizmet veya ürünü tanımlamak için kullanılan benzersiz numara şeması oluşturmaktadır. Barkodlar günümüzde en yaygın kullanılan izleme teknikleridir ve genelde üretici ve ürün tipini yansıtan seri numaralarından oluşmaktadır (51). Barkod kullanımında barkodları yazmak için yazıcı ve okuyucu ya da tarayıcı olmak üzere iki temel ekipman gerekmektedir (52).

Günümüzde GS1 olarak bilinen barkod sistemi, dünyada en çok kullanılan barkod sistemi olarak bilinmektedir. Barkodların, lineer kodlar, stacked kodlar ve 2D kodlar gibi çeşitleri bulunmaktadır. Lineer barkodlar, en basit barkod tipleridir ve bu yüzden sıklıkla kullanılmaktadırlar. Stacked barkodlar ise 2-8 arası sıra içermektedir her bir sıra ayırıcı çubuklarla ayrılmaktadır. Data matrix ise, GS1 ile oluşturulur ve sembollerle kare ya da dikdörtgen şeklinde olabilmektedir (51).

#### **RFID (Radio Frequency Identification)**

Gıda izlenebilirliğinde yaygın olarak kullanılan araçlardan biri RFID (Radio Frequency Identification) teknolojisidir. RFID, etiketler, okuyucular, yazılımlar ve uygulama sisteminin kombini olan bir bütündür (45). En basit RFID sisteminde kablosuz

mikroçipler ve etikette anten bulunmaktadır. Bu etiketin okunması için barkod gibi fiziksel temasa gerek duyulmamaktadır (54).

RFID etiketleri dayanıklı olmalarının yanı sıra kirli ve soğuk koşullarda da kullanılabilir. Ayrıca elle tarama işlemi yapılmadığı için işçi maliyetini de düşürebilmektedir (55). RFID teknolojisi, ürün akış yönetimi, kategorize etme ve tanımlama yeteneğinden dolayı tedarik zinciri yönetimi ve izlenebilirlikte kullanılmaktadır (56).

RFID etiketlerinin aktif ve pasif olmak üzere iki tipi mevcuttur. Aktif RFID etiketlerinin maliyeti yüksek olabilmektedir (57).

### **EDI (Elektronik Data Interchange)**

EDI (Elektronik Data Interchange) elektronik medya aracılığıyla verilerin takasını yapan bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemle giren ve çıkan stoklar, otomatik olarak izlenebildiği için lojistik yönetimine de katkı sağlamaktadır. Ayrıca elektronik araçların kullanılmasıyla sistem hızlı ve etkili bir hale gelmektedir (51)

### **Biyotracing (Biyozlenebilirlik) – FMECA (Failure Mode Effect and Critically Analysis)**

Biyotracing, kalite kontrol ve tehlike analizlerini içeren gıda güvenliği ve gıda güvenliği yönetimi elemanları ile yakından ilişkilendirilmektedir (58). Ancak biotracing, risk değerlendirmesi ya da HACCP sistemi ile aynı sistem değildir, ama bu sistemlerden gelen artıları izlenebilirlik sistemine dâhil etmektedir. HACCP sistemi kritik kontrol noktalarına odaklanırken, biotracing, tarladan çatala tüm gıda zinciri ile bağlantı kurmaktadır (59).

Biyotracing, kısaca, gıda zinciri içindeki mikrobiyal kontaminasyon kaynaklarını tanımlayan, (60), potansiyel gıda güvenliği problemlerinin orijinini belirleyen (58) bir disiplin olarak ifade edilmektedir. Gıda kaynaklı salgınlar, HACCP, risk değerlendirmesi, eğitim gibi konular, biyotracingin uygulamaları olarak karşımıza çıkmaktadır (60).

FMECA (Failure Mode Effect and Critically Analysis) ise potansiyel kritik kontrol noktalarını tespit etmek için kullanılan bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir (16). FMECA metodu ile potansiyel hatalar ve potansiyel anomaliler izleme sistemi içerisinde tanımlanabilmektedir. FMECA, ürün hikâyesi boyunca oluşan kayıpların temel sebeplerinin tanımlanması ve risk değerlendirilmesi (39) adımları takip edilerek gerçekleştirilmektedir.

### **Nanosensörler (Elektronik dil)**

Nanosensörler, gıda zinciri boyunca kontaminantları, toksin ve mikroorganizmaları izleyerek kaliteyi elde etmekte, aynı zamanda dokümantasyon ve otomatik kontrol sistemi ile de bilgileri sağlamaktadır

(61). Gıda patojenleri ile temas ettiğinde farklı renkte floresans veren nanoparçacıkları taşıyan nanosensörlerle, gıda bozulmalarının tespit edilebildiği de belirtilmektedir (62). Ayrıca elektronik dil, gıda bozulmaları ve gazlara karşı hassastır ve sensörün rengine göre gıdanın tazeliği hakkında fikir sahibi olunabilmektedir (61).

### **Diğer Araçlar**

Zaman - sıcaklık indikatörleri, gaz sensörleri, biyosensörler, sensör ağları ve yenilebilir barkodlar, gıda izlenebilirliğinde kullanılan diğer araçlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Zaman sıcaklık indikatörleri, tüm gıda zinciri boyunca oluşan sıcaklık değişimlerini, mekanik, kimyasal, enzimatik, elektrokimyasal ya da mikrobiyolojik değişimlere bağlı olarak geri dönüşsüz bir şekilde renk değişimi ile görsel olarak bildiren küçük ölçüm cihazlarıdır.

Gaz sensörleri (kaçak indikatörleri) ise, ortamın gaz içeriğini gösteren, kalite güvenliğinin sürdürülmesini sağlayan araçlardır ve genelde oksijen ve karbondioksit indikatörleri kullanılmaktadır (53). Sensör teknolojisi genelde 'elektronik burun' olarak tanımlanmaktadır. Uçucu içeriklerin seçici absorpsiyonu ve desorpsiyonunun gaz sensörleri ile tespit edilmesi temeliyle kullanılmaktadır (55)

Genel olarak biyosensörler ise, bir biyoreseptör ve enerjiyi dönüştüren bir cihazdan (transducer) oluşmaktadır (57). Gelecekte biyosensörlerin, muhtemel mikotoksin, bakteriyosid, allerjen ya da mikrobiyal kontaminasyonun tespitinde en sık kullanılan yöntem olacağı tahmin edilmektedir (55).

Kablosuz sensörler de alternatif izlenebilirlik araçları olarak karşımıza çıkmaktadır. Gıda endüstrisinde kablosuz sensörler ile ilgili yapılan farklı bir çalışmada ise bu sensörlerin; çevre izleme (çevre, hava vb.), tarımsal izleme (sulama, çiftçiye bilgi sağlama vb.), makine ve süreç izleme (cihaz rehberi, makine yönetimi, robotik kontrol, proses kontrol vb.), işletme otomasyonu izleme (sera gazı kontrolü, hayvan besleme vb.), izlenebilirlik sistemi (hayvan sağlığı, paketleme, taşıma, denetim vb.) gibi (63) işlevlerinin olduğu belirtilmektedir.

Yenilebilir barkodlar, gıda izlenebilirliği teknolojisinde yeni bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu barkodlar direkt gıdanın içine koyularak daha güvenli ve ucuz takip sistemi sağlamaktadırlar. Ancak bu markerların, gıdanın tekstürü ve ağırlığı üzerine fark edilebilir etkileri olmamalıdır (55).

Genel olarak gıda işletmelerinin stratejilerinde, endüstriyel ve rekabetçi çevrelerinde izlenebilirliğin öneminin arttığı belirtilmektedir (64). Aynı

zamanda gıda dağıtım sürecindeki sürdürülebilirlik ve kalite uygulamalarının gıda güvenliğinin ayrılmaz bir parçası olduğu da bilinmektedir (65).

### SONUÇ ve TARTIŞMA

İzlenebilirlik sistemleri, sadece tüketicileri güvence altına almayan aynı zamanda üreticilerin, tedarik zinciri, stok ve kalite kontrol yönetimi gibi yönetsel işlemlerinin etkinliğini arttıran bir araç da olmaktadır. Böylelikle izlenebilirliği sağlanmış gıdayı tüketiciye sunan işletmeler, rekabet avantajı da kazanmaktadır.

Gıda lokasyonu, ingrediyanları, kritik kontrol noktaları ve muhtemel risk bilgilerinin tamamını içeren tam izlenebilirlik sistemlerinin, tüm dünyada, yasaların zorunluluğu haline getirilerek aynı zamanda sıkı takip edilmesiyle hem tüketici hem de üreticiler korunmalıdır. Bu şekilde oluşturulan izlenebilirlik sistemlerinin, küresel gıda pazarında gıda kaynaklı hastalıkları önleme, kalite yönetimini hızla takip etme imkânını da sunacağına inanılmaktadır.

Ülkemizde, 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem kanununun sıkı denetimlerle uygulanmasıyla, tarladan çatala gıda güvenliği sisteminin, zincirin tüm paydaşlarınca garanti edilmesi ve uygulamaların takibi sağlanmalıdır.

Gelişen teknoloji ile gelişmeye açık olan izlenebilirlik sistemlerinin, uygun AR-GE çalışmalarıyla geliştirilmesi ve kamunun da bu konu ile ilgili birimleri ile izlenebilirlik sistemlerini desteklemesi gerektiği düşünülmektedir.

Gelecek çalışmalarda, izlenebilirlik sistemlerinin kalite kontrol sistemleri ile entegre edildiği çalışmalara ağırlık verilmesinin de iyi olacağı düşünülmektedir. Böylece tam izlenebilirlik ve kalite kontrolün sağlanabileceğine inanılmaktadır.

### KAYNAKLAR

1. Anon (2006). Principles for Traceability/Product Tracing As a Tool Within a Food Inspection and Certification System. CAC/GL 60-2006. Codex Alimentarius Commission FAO/WHO.
2. Anon (2002). *Eu Regulation No. 178/2002 of The European Parliament And The Council Of January 2002*. Journal Of The European Communities.
3. Anon (2010). 5996 no'lu Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu. 13/06/2010 tarih ve 27610 sayılı Resmi Gazete. <http://www.resmigazete.gov.tr>

4. Opara, L. U. (2003). Traceability in Agriculture And Food Supply Chain: A Review Of Basic Concepts, Technological Implications, And Future Prospects. *J Food Agric Env* 1: 101-106.
5. Dabbene, F., & Gay, P. (2011). Food Traceability Systems: Performance Evaluation And Optimization. *Comput Electron Agric*, 75: 139-146.
6. Raspor, P. (2005). Bio-Markers: Traceability in Food Safety Issues. *Acta Biochim Pol*, 52 (3): 659-664.
7. Xiaoshuan, Z., Jian, Z., Hu, Z., & Zetian, F. (2009) A Conceptual Framework For Quality Safety Traceability System in Meat Food. *Proceedings Of The 11th Wseas International Conference On Automatic Control, Modelling And Simulation*, (S. 51-60).
8. Pouliot, S., & Sumner, S. A. (2008). Traceability, Liability And Incentives For Food Safety And Quality. *Am J Agric Econ*, 90 (1): 15-27.
9. Folinas, D., Manikas, I., & Manos, B. (2006). Traceability Data Management For Food Chains. *British Food Journal*, 108 (8): 622-633.
10. Kondo, N. (2010). Automation On Fruit And Vegetable Grading System And Food Traceability. *Trends in Food Science And Technology*, 21: 145-152.
11. Bontempo, L., Camin, F., Manzocco, L., Nicolini G., Wehrens, R., Ziller, L., Larcher R., (2011). Traceability Along The Production Chain of Italian Tomato Products on The Basis Of Stable Isotopes And Mineral Composition. *Rapid Commun. Mass Spectrom*, 25: 899-909.
12. Hu, J., Zhang, X., Moga, L. M., & Neculita, M. (2013). Modeling and implementation of the vegetable supply chain traceability system. *Food Control*, 30: 341-353.
13. Özbay, S., Orhan, O., & Topaloğlu, R. H. (2014). Geleneksel Gıdalarda İzlenebilirlik Aracı Olarak CBS Kullanımı. *4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu* (s. 35-38). Adana: Gökçe Ofset Matbaacılık Yayıncılık.
14. Wang, J.-H. (2013). Performance Evaluation of Food Traceability System in Catering Industry. *Pak. J. Statist*, 29(5): 673-680.
15. Thakur, M., Mosher, G. A., Brown, B., Bennet, G. S., Shepherd, H. E., & Hurburgh, C. R. (2009). Traceability in The Bulk Grain Supply Chain. *Agricultural And Biosystems Engineering Publications And Papers*, 20-22.
16. Liu, S., Zheng, H., Meng, H., Hu, H., Wu, J., & Li, C. (2009). Study On Quality Safety Traceability Systems For Cereal And Oil Products. *World Congress On Software Engineering*, (S. 163-166).

17. Zailani, S., Arrifin, Z., Wahid, N. A., Othman, R., & Fernando, Y. (2010). Halal Traceability And Halal Tracking Systems in Strengthening Halal Food Supply Chain For Food Industry in Malaysia (A Review). *Journal Of Food Technology*, 8 (3): 74-81.
18. Morenas, J. d., Garcia, A., & Blanco, J. (2014). Prototype traceability system for the dairy industry. *Comput Electron Agric*, 101: 34-41.
19. Miraglia, M., Berdal, K., Brera, C., Corbisier, P., Holst-Jensen, A., Kok, E., Marvin H.J.P., Schimmel H., Rentsch J., Rie J.P.P.F., Zagonj., (2004). Detection And Traceability of Genetically Modified Organisms in The Food Production Chain. *Food Chem Toxicol*, 42: 1157-1180.
20. Schroder, U. (2008). Challenges in The Traceability Of Seafood. *Journal Of Consumer Protection And Food Safety*, 3: 45-48.
21. Parreño-Marchante, A., Alvarez-Melcon, A., Trebar, M., & Filippin, P. (2014). Advanced traceability system in aquaculture supply chain. *J Food Eng*, 122: 99-109.
22. Pouliot, S., & Sumner, D. A. (2013). Traceability, Recalls, Industry Reputation And Product Safety. *European Review Of Agricultural Economics*, 40 (1): 121-142.
23. Van-Dervorst, J. G. (2006). Product Traceability in Food-Supply Chain. Accreditation And Quality Assurance, 11: 33-37.
24. Laux, C. M., & Hurburgh, C. R. (2010). Using Quality Management Systems for Food Traceability. *Journal of Industrial Technology*, (26)3: 2-10.
25. Ringsberg, H. (2014). Perspectives on food traceability: a systematic literature review. *Supply Chain Management: An International Journal*, (19)5/6: 558 - 576.
26. Regattieri, A., Gamberi, M., & Manzini, R. (2007). Traceability Of Food Products: General Framework And Experimental Evidence. *J Food Eng*, 81: 347-356.
27. Wang, X., & Li, D. (2006). Value Added On Food Traceability: A Supply Chain Management Approach. *Soli'06*, (S. 493-498). Shanghai.
28. Leat, P., Marr, P., & Ritchie, C. (1998). Quality Assurance And Traceability-The Scottish Agri-Food Industry's Quest For Competitive Advantage. *Supply Chain Management*, 3 (3): 115-117.
29. Moe, T. (1998). Perspectives On Traceability in Food Manufacture. *Trends in Food Science And Technology*, 9: 211-214.
30. Meuwissen, M. P., Velthuis, A. G., Hogeveen, H., & Huurne, R. B. (2003). Traceability and Certification in Meat Supply Chains. *Journal Of Agribusiness*, 21 (2): 167-181.
31. Golan, E., Krissoff, B., Kuchler, F., Calvin, L., Nelson, K., & Price, G. (2004). *Traceability in The U.S. Food Supply: Economic Theory And Industry Studies*. Washington: Usda/Economic Research Service.
32. Souza-Monteiro, D. M., & Caswell, J. A. (2004). *The Economics Of Implementing Traceability In Beef Supply Chains: Trends in Major Producing And Trading Countries*. University Of Massachusetts Amherst Department Of Resource Economics Working Paper No. 2004-6.
33. Bello, L. L., Mirabella, O., & Torrisi N. (2004). Modelling And Evaluating Traceability Systems in Food Manufacturing Chains. *13th Ieee International Workshops On Enabling Technologies: Infrastructure For Collaborative Enterprises*.
34. Mahalik, N. P., & Nambiar, A. N. (2010). Trends in Food Packaging And Manufacturing Systems And Technology. *Trends in Food Science & Technology*, 21: 117-128.
35. Ruiz-Garcia, L., Lunadei, L., Barreiro, P., & Robla, J. I. (2009). A Review Of Wireless Sensor Technologies And Applications in Agriculture And Food Industry: State Of The Art And Current Trends. *Sensors*, 9: 4728-4750.
36. Martins-Lopes, P., Gomes, S., Pereira, L., & Guedes-Pinto, H. (2013). Molecular Markers For Food Traceability. *Food Technol Biotechnol.*, 51 (2): 198-207.
37. Huang, L., Yu, P., Luo, Q., & YU, G. (2011). Designing and Planning Agricultural Supply Chain Traceability System Based on Modern RFID Technology. International Conference on Mechatronic Science, Electric Engineering and Computer, (s. 2112-2118). China.
38. Hou, R., & Zhu, X. (2012). The Application of RFID Technology in the Food Traceability System. International Conference on Industrial Control and Electronics Engineering, (s. 788-791).
39. Bertolini, M., Bevilacqua, M., & Massini, R. (2006). FMECA Approach to Product Traceability in The Food Industry. *Food Control*, 17: 137-145.
40. Herrero, M., Simo, C., Garcia-Canas, V., Ibanez, E., & Gifuentes, A. (2012). Foodomics: Ms-Based Strategies in Modern Food Science And Nutrition. *Mass Spectrometry Reviews*, 31: 49-69.
41. Castro-Puyana, M., & Herrero, M. (2013). Metabolomics Approaches Based On Mass Spectrometry For Food Safety, Quality And Traceability. *Trends Anal Chem*, 52: 74-87.

42. Wang, X., Li, D., & O'Brien, C. (2009). Optimisation Of Traceability And Operations Planning: An Integrated Model For Perishable Food Production. *International Journal Of Production Research*, 47 (11): 2865-2886.
43. Hsu, Y.-C., Chen, A.-P., & Wang, C.-H. (2008). A RFID-Enabled Traceability System For The Supply Chain of Live Fish. *Proceedings Of The Ieee International Conference On Automation And Logistics Qingdao*, (S. 81-86). China.
44. Ruiz-Garcia, L., Steinberger, G., & Rothmund, M. (2010). A Model And Prototype Implementation For Tracking And Tracing Agricultural Batch Products Along The Food Chain. *Food Control*, 21: 112-121.
45. Chen, R.-S., Chen, C.-C., Yeh, K., Chen, Y.-C., & Kuo, C.-W. (2008). Using RFID Technology in Food Produce Traceability. *Wseas Transactions On Information Science And Applications*, 5 (11): 1551-1560.
46. Kelepouris, T., Pramataris, K., & Doukidis, G. (2007). RFID-Enabled Traceability in The Food Supply Chain. *Industrial Management & Data Systems*, 107 (2): 183-200.
47. Thakur, M., Sorensen, C.-F., Bjornson, F. O., Foras, E., & Hurburgh, C. R. (2011). Managing Food Traceability Information Using Epcis Framework. *J Food Eng*, 103: 417-433.
48. Zhang, J., & Bhatt, T. (2014). A Guidance Document on the Best Practices in Food Traceability. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13: 1074-1103.
49. Opara, L.U. & Mazaud, F. (2001). Food Traceability From Field To Plate. *Outlook On Agriculture*, Vol. 30, Pp. 239-247. In Aarnisalo, K., Heiskanen, S., Jaakkola, K., Landor, E., & Raaska, L. (2007). *Traceability of Foods And Foodborne Hazards*. Helsinki: Edita Prima Oy.
50. Cebeci, Z., & Kutlu, H. R. (2009). Yumurta İzlenebilirliği İçin Kavramsal Bir Sistem Tasarımı. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 8 (1): 26-33.
51. Dwiyoitno, D., (2009). Traceability Techniques For Fish And Seafood Authentication. *In Indonesian Marine And Fisheries Product Processing And Biotechnology*. Isbn: 978-602-96199-1-1
52. McEntire, J. C., Arens, S., Bernstein, M., Bugusu, B., Busta F.F., Cole, M., Davis A., Fisher W., Geisert H., Jensen H., Kenah B., Lloyd B., Mejia C., Miller B., Mills R., Newsome R., Osho K., Prince G., Scholl S., Sutton D., Welt B., Ohlhorst S., (2010). Traceability (Product Tracing) in Food Systems: An Ift Report Submitted To The FDA, Volume 1: Technical Aspects And Recommendations. *Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety*, 9: 92-158.
53. Kocaman, N., & Sarımehtemoğlu, B. (2010). Gıdalarda Akıllı Ambalaj Kullanımı. *Vet Hekim Der Derg*, 81(2): 67-72.
54. Abad, E., Palacio, F., Nuin, M., Zarate, A. G., Juarros, A., Gomez, J., Et Al. (2009). RFID Smart Tag For Traceability And Cold Chain Monitoring Of Foods: Demonstration in An Intercontinental Fresh Fish Logistic Chain. *J Food Eng*, 93: 394-399.
55. Aarnisalo, K., Heiskanen, S., Jaakkola, K., Landor, E., & Raaska, L. (2007). Traceability Of Foods And Foodborne Hazards. Helsinki: Edita Prima Oy.
56. Ruiz-Garcia, L., & Lunadei, L. (2011). The Role Of RFID in Agriculture: Applications, Limitations And Challenges. *Comput Electron Agric*, 79: 42-50.
57. Özçandır, S., & Yetim, H. (2010). Akıllı Ambalajlama Teknolojisi Ve Gıdalarda İzlenebilirlik. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5 (1): 1-11.
58. Barker, G., Gomez, N., & Smid, J. (2009). An Introduction To Biotracing in Food Chain Systems. *Trends in Food Science & Technology*, 20: 220-226.
59. Hoorfar, J., Wagner, M., Jordan, K., Bouquin, S. L., & Skiby, J. (2011). Towards Biotracing in Food Chains. *Int J Food Microbiol*, 145: 51-54.
60. Nicolau, A. I., Barker, G. C., Aprodu, I., & Wagner, M. (2013). Relating The Biotracing Concept to Practices in Food Safety. *Food Control*, 29: 221-225.
61. Neethirajan, S., & Jayas, D. S. (2011). Nanotechnology For The Food And Bioprocessing Industries. *Food And Bioprocess Technology*, 4: 39-47.
62. Sozer N., Kakini J. L., (2009). Nanotechnology And Its Applications in Food Sector. *Trends Biotechnol.* 27 (2): 82-89 In Kocaman, N., & Sarımehtemoğlu, B. (2010). Gıdalarda Akıllı Ambalaj Kullanımı. *Vet Hekim Der Derg*, 81(2): 67-72.
63. Wang, N., Zhang, N., & Wang, M. (2006). Wireless Sensors in Agriculture And Food Industry— Recent Development And Future Perspective. *Comput Electron Agric*, 50: 1-14.
64. Xiaoshuan, Z., Jian, Z., Feng, L., Zetian, F., & Weisong, M. (2010). Strengths And Limitations On The Operating Mechanisms Of Traceability System in Agro Food, China. *Food Control*, 21: 825-829
65. Akkerman, R., Farahani, P., & Grunow, M. (2010). Quality, Safety And Sustainability in Food Distribution: A Review Of Quantitative Operations Management Approaches And Challenges. *Or Spectrum*, 32: 863-904