



Derleme

Review

# Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar Kavramına Genel Bakış

Özge ÖZGEN ARUN<sup>1\*</sup>, Karlo MURATOĞLU<sup>1</sup>, Funda YILMAZ EKER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, 34320 Avcılar, İstanbul, Türkiye

**\*Sorumlu Yazar /  
Corresponding Author:**

Özge ÖZGEN ARUN  
e-mail: oarun@istanbul.edu.tr

**Geliş Tarihi / Received:**  
06 June 2014

**Kabul Tarihi / Accepted:**  
02 July 2014

**Anahtar Kelimeler:**  
GDO, GD gıda, tespit metotları,  
tüketici tepkisi, yasal mevzuat

**Key Words:**  
GMO, GM food, detection methods,  
consumer reaction, legislation

## Özet

Genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO) uzun yıllardır tüketicilerin dolayısıyla da bilim adamlarının önemli tartışma konularından birini oluşturmuştur. Bu ürünler her tür canlı (hayvan, bitki ve mikroorganizma) üzerinde uygulanabilir olmaları ve gerek hayvan yemi gerekse gıda olarak hayvan ve insan sağlığını etkileme potansiyelleri sebebiyle oldukça önemlidirler. Ancak ilk üretilmeye başladıklarından beri çok yaygın bir tüketici reaksiyonuna maruz kalmışlardır. GDO'ların engellenmesi için aktif çalışan birçok dernek kurulmuş ve lobi faaliyeti yürütülmüştür. Buna karşın meydana gelen tartışmaların çoğu yanlış bilgilendirme dolayısıyla bilimsel tabandan uzak kalmaktadır. Bu tartışmalar ve GDO'ların güvenilirliğine yönelik belirsizlikler dolayısıyla birçok ülkede bu ürünlerin gıda ve yem zincirinde yer almaları ve doğaya salınımlarına yönelik yasal kısıtlamalar getirilmiştir. Bu derleme ile GDO gerçeğine yönelik bir özet bilgi verilmesi amaçlanmıştır. Bunun için GDO'ların genel tanımlaması, üretim ve ticaretlerinin boyutları, bildirilen avantaj ve zararları, bunlarla ilgili yasal mevzuatlar, tüketici reaksiyonları, gıdalarda mevcudiyetlerinin belirlenmesine yönelik metotlar açıklanmıştır.

## Abstract

### General View of Genetically Modified Organisms

Genetically modified organisms (GMO) have been one of major discussion topics of consumer and thus researchers. These products have a special importance because they can be applied to any kind of living organism (animal, plant and microorganisms) and because they can affect the public and animal health through consumption of food and feed products. They have received a strong public reaction since they were first developed. Several unions have been developed and lobby activities have been organised to ban GMOs. However, most of these discussions have been run on an unscientific base because of misinformation. As a result of these discussions and uncertainties on the safety of GMOs several countries published legal requirements on environmental release and presence in food and feed chain of GMOs. The aim of this review is to give general information on GMO reality. For this general introduction, the size of their production and trade, informed advantages and potential hazards related to them, legal requirements for GMOs, consumer reactions, and information on detection methods in food and feed are given.

## Giriş

GDO'lar tüm dünya genelinde en çok tartışılan teknolojik gelişmelerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Gelişen dünyanın her gün yeni bir teknolojiyi yaşamımıza kattığı bir yüzyılda olmamıza karşın, GDO çalışmaları ve ürünleri çok büyük bir tüketici ilgisi ve tepkisi ile karşılanmış, her yaş gurubundan bireyin gündemine, biraz da endişe duygusunu beraberinde getirmek suretiyle, yerleşmiştir.

Biyoteknoloji kanunu kapsamında yapılan tanımlamaya göre GDO'lar "modern biyoteknolojik yöntemler kullanılmak suretiyle gen aktarılarak elde edilmiş, insan dışındaki canlı organizmayı ifade etmektedir (Anonim, 2010a). Burada gerçekleştirilen uygulama, bir canlıya ait DNA'nın başka bir canlıya transfer edilmesidir. GDO'lar tanımından da anlaşılacağı üzere; mikroorganizma, hayvan ya da bitki, her türlü canlı üzerinde gerçekleştirilebilir uygulamalar olup, oldukça geniş bir kapsama sahiptirler. Ancak, bu derlemede sadece gıda güvenliği açısından önem ve büyük bir ticari potansiyele sahip GD bitkiler ele

alınmıştır. Zira bu bitkiler hem hayvan yemi hem de insan gıdalarının önemli bir hammaddesini oluştururlar.

GD bitkilerle ilgili olarak gerçekleştirilen ve gen mühendisliği çalışmaları açısından devrim niteliği taşıyan gelişme, 1980'lerde ülkeler arası bir konsorsiyum tarafından *Agrobacterium tumefaciens* bakterisinin aracılığı ile gen aktarımı teknolojisinin kullanılmasıdır. Bu transformasyonun gerçekleştirilmesi sonrası 1983 ve 1989 yılları arasında geç yumuşayan domates de dahil olmak üzere çok sayıda GD bitki geliştirilmiştir (Bawa ve Anilakumar, 2013). Ancak ticari anlamda GD tahılların pazar payı edinmesi ve gıda zinciri içerisinde yer alması 1996 yılında Monsanto firması tarafından ilk onaylı GD tahıl olan Round-Up Ready® (RUR) soyanın Kanada'da üretimi ile ortaya çıkmaktadır (Ujhelyi ve ark., 2008). Bu tarihten itibaren çeşitli bitkilere herbisit toleransı, virüs ya da pest dayanıklılığı veya geliştirilmiş besleyicilik gibi çok çeşitli nitelikler kazandırılarak üstün ürünler olarak tanıtılmışlardır. Bu tahılların birçok gıda ve yem maddesinin hammaddesi olması ya da bunlardan elde edilen ürünlerin gıda ürünlerinde katkı maddesi olarak kullanılması ile sınırları oldukça geniş bir GD gıda kavramı karşımıza çıkmıştır.

#### **GDO'ların tarihçesi ve boyutları**

GDO'ların tüm dünya genelinde oldukça sert tepkiler ve yoğun lobi faaliyetleri ile karşılaşılır olmalarına karşın, dünya üzerinde hızla büyüyen bir üretim ve kullanım oranına sahip oldukları da bir gerçektir. Bu konuda yoğun araştırmalar yapan bir organizasyon olan "International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA)" her yıl düzenli olarak dünya genelinde ekilen GD tahılların durumuna yönelik detaylı araştırma raporları sunmaktadır.

Bu organizasyonun ilk raporuna göre 1985 yılı ile 1995 yılları arasında dünyanın birçok ülkesinde çok sayıda saha deneme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İlk alan denemeleri 1986 yılında ABD ve Fransa'da GD tütün ile başlamış ve 1995 yılı sonuna kadar sekiz tarım ürününü kapsayan çok sayıda deneme yerine getirilmiştir. Saha denemesi yapılan bu sekiz tarım ürününün oranları şu şekildedir; mısır (%33), kanola (%21), patates (%11), domates (%11), soya fasulyesi (%9), pamuk (%7), tütün (%5) ve kavun ve kabak (%3). Saha denemelerini takiben 1996 yılının Temmuz ayında altı ülke ve Avrupa Birliği (AB), sekiz GD tarım ürününün toplam 35 türüne ekim ve/veya ülkede yem, gıda olarak kullanılmak üzere ithal edilmesi için onay vermiştir (<http://www.isaaa.org/resources>). Bu onaylar sonrası

1996 yılında yapılan ekimlerin hasatları dünya genelinde ilk küresel GD tarım ürünü ticaretinin başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Buna karşın, 1994 yılında ABD'nin tüketicisine, Calgene firmasına ait geç yumuşama özelliğine sahip FlavrSavr™ domatesi sunması da yerel bir ticari girişim olarak değerlendirilebilir. Bu ürünün onayı ABD Hükümeti Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından Mayıs 1994 yılında verilmiştir (Bawa ve Anilakumar, 2013). Bu ilk ticari hasatları takiben GD tarım ürünü ekim alanının düzenli olarak her yıl büyüdüğü ve 1996 yılında 1,7 milyon hektar olan toplam ekim alanının 2013 yılında 175,2 milyon hektar olacak şekilde 100 kattan fazla artış gösterdiği dikkat çekmektedir. 2013 yılında bu geniş sahada ekim yapan ülkelerin sayısı 27'ye ulaşmıştır. Üretimlerin ilk yıllarında ekimi gerçekleştiren ülkelerin çoğunluğunu (%57) endüstrileşmiş ülkeler oluştururken, 2013 yılında bu oranın gelişmekte olan ülkelerde daha yüksek olduğu görülmektedir. 2013 yılı verilerine göre GDO karşıtı lobilerin en kuvvetli olduğu ülkelerden olan AB ülkelerinde dahi 148 milyon hektarlık bir alanda GD mısır ekimi yapılmış ve bu alan, büyük bir kısmı İspanya olmak üzere, Çek Cumhuriyeti, Slovakya, Romanya ve Portekiz'de yer almıştır (<http://www.isaaa.org/resources>). Tüm bu süreç boyunca ABD en büyük üretici olma unvanını korurken, Kanada, Arjantin ve Brezilya takip eden büyük üreticiler olmuşlardır (<http://www.isaaa.org/resources>). Ticari amaçla ekilen GD tarım ürünlerinin oranlarının da yıllara göre önemli değişikliklere uğradığı gözle çarpıcıdır. Küresel ticarileşmenin başlangıcı olan 1996 yılında GD ekim alanlarının büyük kısmını tütün oluştururken, 1997 yılında birinci sırayı soya fasulyesine bıraktığı görülmektedir. GD soya 1997 yılından günümüze kadar yaklaşık ortalama %60'lık alan payını her yıl korurken, takip eden en geniş alan mısır üretimine aittir ve her yıl toplam GD ekim alanının yaklaşık %30'unu işgal etmektedir. Domates ilk ticari ürün olmasına karşın 1997 yılından sonraki yıllarda istatistiki verilerde yer almadığı görülmektedir. Bunun yanında patates, şeker kamışı, yonca, papaya ve kabak, değişen yıllarda istatistiklerde <%1'lik çok düşük seviyeleri korumaktadır. Ülkemizde çok ses getiren vakalarla duyduğumuz pirinç için de benzer durum geçerlidir ve sadece 2006-2008 yılları arasında <%1'lik ekim oranı ile grafiklerde göze çarpmaktadır. Gerek yem gerekse birçok gıda maddesinin hammaddesi dolayısıyla gıda zincirinde önemli bir yer işgal eden soya fasulyesi için dikkate değer bir istatistiki veri de GD soya ekim alanının doğal soya ekim alanına olan oranı olup, bu oran 1996'da %36 iken, 2013'te %79'a

yükselmektedir. Aynı oranlar mısır için; 1996 da %7 ve 2013'te %32'dir (<http://www.isaaa.org/resources>).

GD ürünlerin önemini ve tüketici reaksiyonlarının temelini bu ürünlerin gıda zincirine dahil olması ile karşımıza çıkan GD gıda kavramı oluşturmaktadır. Gıdalarda GD ürünlerin mevcudiyetine yönelik olarak da çok sayıda çalışma yapılmıştır (Aydın, 2004; Greiner ve Konietzny, 2008; Gürakan ve ark., 2011; Taski-Ajdukovic ve ark., 2009; Ujhelyi ve ark., 2008). Polonya'da yapılan bir çalışma, incelenen 45 yem örneğinin 44'ünün (%92,6) GD soya taşıdığı ancak tümünün eşik değerinin altında olduğunu kanıtlamıştır (Sieradzki ve ark., 2006). Buna karşın, Ujhelyi ve ark. (2008), Macaristan'da gerçekleştirilen başka bir çalışmada soya içeren gıda maddelerinin %38'inin GD soya içerdiğini ve bunların %6'sının AB yönetmeliklerinin önerdiği eşik değerinin üzerinde olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer olarak, DiPinto ve ark. (2008) da çalışmalarında mısır içeren tüketime hazır gıdaları incelemiş ve yine çok yüksek oranlarda (10 ürünün 9'u) pozitiflik tespit etmişler ve bu ürünlerin hiç birinin etiketinde GD mevcudiyetine yönelik bir ibare olmadığını bildirmişlerdir. Greiner ve Konietzny (2008) Brezilya'da 2000 ve 2005 yılları arasında her yıl iki farklı dönemde rastgele topladıkları 100 gıda ürününü GD soya ve mısır mevcudiyeti açısından taramaya tabi tutmuşlardır. Bu çalışmanın sonuçları, GDO pozitif soya içeren gıda ürünlerinin sayısının her yıl artış göstererek %13'ten %78'e yükseldiğini, mısır ürünlerinin ise ilk yıllarda çok yakın bir seviyede (%8-9) tespit edilip sadece 2005 yılında %11'lik bir orana yükseldiğini göstermiştir. Bu kez, 2009 yılında Sırbistan'da soya içeren işlenmiş et ürünleri ile yapılan bir çalışmada incelenen 50 ürünün 12 adedinin (%24) GD soya içerdiği tespit edilmiştir (Taski-Ajdukovic ve ark., 2009).

Ülkemizde GDO'ların gıdalarda ve yemlerde mevcudiyetinin incelenmesine yönelik olarak yapılmış sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Aydın (2004)'ün çalışmasında 18'i işlenmiş toplam 28 mısır ürünü GDO mevcudiyeti açısından incelenmiş ve 6 adet pozitif örnek bulunmuştur. Benzer olarak, Gürakan ve ark. (2011), mısır ve ürünlerini GDO mevcudiyeti açısından inceledikleri çalışmalarında inceledikleri 31 örneğin 11'inin (35%) GDO olduğunu tespit etmişlerdir. Özgen-Arun ve Garrett (2009a), çok daha önceki bir tarihe (2001) ait mısır örnekleri ile yaptıkları incelemede 14 örneğin 5'inin (%35,7) GD mısır açısından pozitif olduğunu tespit etmişlerdir. Ozgen-Arun ve ark. (2013a)'nın bu kez üretim tarihleri Ekim 2008 ile Haziran 2011 arasında değişen 100 işlenmiş mısır ve

soya içeren gıda ürünü ile yaptıkları araştırmanın sonuçları bu örneklerin %25'inin GDO pozitif olduğunu göstermiştir. Ancak yine aynı çalışmaya göre üretim tarihi Türkiye'de ilgili mevzuatın yayınlanıp kontrol mekanizmasının işletilmeye başladığı tarih olan Ekim 2009'dan önce olan ürünlerde pozitif GDO oranı %42,3 (26 örnekte 11) iken kontrol mekanizmasının işletilmesini takiben bu oranın %20,3'e (74 örnekte 15 örnek) gerilediği tespit edilmiştir.

### GDO'ların Bildirilen Avantajları

#### **Verimliliğin ve Besleyiciliğin Geliştirilmesi:**

Günümüzde özellikle üçüncü dünya ülkelerindeki nüfus artışı, insan ve hayvanlarda açlığa ve beraberinde ciddi sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Bu problemleri gidermek amacıyla biyoteknolojik yöntemler kullanılarak besin miktarlarının artırılması sağlanmaya çalışılmıştır. Yapılan bazı çalışmalar transgenik yöntemlerle doğal büyüme hormonu üreten genlerin balık yumurtasına aktarılmasıyla daha çok et verimine sahip balık üretimi yapılabileceğini kanıtlamıştır (Maclean, 2003). Gen teknolojisi, biyolojik oksidasyonu yavaşlatabilen veya durdurabilen bileşiklerden olan mineral maddelerin ve doğal oluşan antioksidanların (Vitamin A, C, E, Karotenoid, Flavonoid vs.) miktarlarındaki artış için de kullanılabilir. Gen aktarım teknolojisinin kullanılmasıyla daha fazla A vitamini içeren pirinç olan "Golden Rice" geliştirilerek, özellikle az gelişen toplumların çocuklarında Vitamin A alımının azlığından meydana gelen körlük oranının azaltılması hedeflenmiştir (Uzogara, 2000).

Gen teknolojisinin, sıvı yağlarda, vücutta kolesterol oluşuma neden olan, doymuş yağ ve trans yağ asitlerinin azaltılması amacıyla ve aynı zamanda doymamış yağ asitlerinin artırılması için kullanıldığı bildirilmiştir. Yağlardaki düşük doymuş yağ ve yüksek doymamış yağ oranının yağların daha sağlıklı olmasının yanısıra, yüksek sıcaklıklara dayanıklılığını arttırarak pişirme performansının yükselmesine neden olduğu bildirilmiştir. Bu teknoloji kanola, soya, ayçiçek ve yer fıstığı gibi bitkisel yağlarda kullanılmaktadır (Uzogara, 2000). Bu şekilde üretilmiş olan, Visitiv Gold, Treus-Plenish isimli soya fasulyesi, Lurical isimli kanola gibi ürünler ticari olarak piyasada bulunmaktadır (<http://www.isaaa.org/gmaprovaldatabase>).

#### **Ürünlerin raf ömrü üzerine etkileri:**

kullanılarak, olgunlaşma ve çürümeye başrol oynayan etilen üretiminden sorumlu olan genlerin kontrol altına alınması ve hücre duvarını yıkımlayan ve poligalakturonaz enziminin baskılanarak pektin yıkımlanmasının ertelenmesi ile meyve ve sebzelerde

olgunlaşma geciktirilerek ürünlerin raf ömrü uzatılmaktadır. Böylelikle nakliye ve depolama sürecindeki olumsuzlukların önüne geçildiği bildirilmektedir. Bu amaçla Calgene Şirketi tarafından üretilen Flavr Savr domatesleri ABD tarafından onaylanan ilk genetiği değiştirilmiş ürünlerdendir (Çelik ve Turgut-Balık, 2007).

**Hastalıkların tedavisinde kullanımı:** Genetiği değiştirilen ürünler günümüzde az da olsa bir takım hastalıkların tedavisinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu ürünlere örnek olarak antihipertansif etkisi olan ovokinini içeren soya (Matoba ve ark., 2001) ve laktoz intoleransı olan bireyler için üretilen laktozsuz süt üretimi (Sang, 2003) verilebilir.

**Yenilebilir aşı ve ilaç üretimi:** Tipik olan aşilar öldürülmüş veya zayıflatılmış olan hastalık etkenlerinden oluşmaktadır. Bu tür aşiların, maliyetli olmaları, soğukta saklama gerekliliği ve uygulama sırasındaki zorluklar gibi çeşitli dezavantajları vardır. Bu yüzden transgenik gen teknolojisiyle daha ucuz maliyetli olan, kolay dağıtılabilen ve ısıya dayanıklı yenilebilir aşilar üretilmeye başlanmıştır. Yenilebilir aşilar, antijen içerecek, fakat patojeniteyi oluşturabilen başka hiçbir geni içermeyecek şekilde tasarlanmaktadır (Mishra ve ark., 2008). Günümüzde kızamık, kolera, şap, kuduz, hepatit B, hepatit C, norovirus, rotavirüsler karşı yenilebilir aşiların üretildiği bilinmektedir. McGarvey ve ark, 1995 yılında başarılı bir şekilde kuduz virüsü proteinlerini transgenik domateslere, Wu ve ark. ise 2003 yılında rotavirus proteinlerini transgenik patateslere başarıyla aktarabilmişlerdir.

**İnsektisit Tolerans:** *Bacillus thuringiensis*'in insektisidal etkiye sahip genlerinin patates, soya, mısır gibi bitkilere aktarılarak böcekler karşı direnç elde edilmektedir. Böylelikle çiftçilerin kimyasal insektisitlere ihtiyacı ortadan kalkmaktadır (Çelik ve Turgut-Balık, 2007). İnsektisite karşı tolerans gösteren birçok ticari ürün bulunmaktadır, bu ürünlere, mısırdaki Agrisure 3122 ve Agrisure Durocade, Patateste Lugovskoi Plus ve Elizavela Plus, pirinçte BT Shanyou 63 örnek olarak verilebilir (<http://www.isaaa.org/gm-approvaldatabase>).

**Herbisit Tolerans:** Çeşitli bitkilere herbisit işlemlerine dayanıklı hale gelmesi için işlem yapılmaktadır. Bu işlem toprak florasına faydalı olmakla birlikte, toprağa uygulanan işlemlerin azalmasına erozyon ve su kayıpların önlenmesine neden olduğu bildirilmiştir (Çelik ve Turgut-Balık, 2007). Herbisit tolerans gösteren ticari ürünlere kanola için Optimum Gly Canola,

Roundup Ready Canola, mısır için Herculex RW, Agrisure Viptera 2100, soya için Herbicide Tolerant Soybean Line, Genuty Roundup Ready 2Xtend örnek olarak verilebilir (<http://www.isaaa.org/gmapproval-database>).

#### GDO'ların Bildirilen Zararları

**Olası allerjik reaksiyonlar:** Gıda kaynaklı olmayan veya yeni kombinasyonlarla üretilen genlerin allerjik reaksiyonları tetikleyebileceği ya da yeni tip reaksiyonların oluşmasında başrol oynayabilecekleri endişesi mevcuttur. Bununla ilgili tek somut vaka Brezilya fındığından alınan bir genin, besin içeriğinin zenginleştirilmesi için soyaya aktarıldığı bir üründe yaşanmıştır. Bu genin soyada sentezlediği proteinin Brezilya fındığında allerjiye neden olan proteinlerden biri olduğu ortaya çıkmış ve bu soyanın geliştirilmesine son verilmiştir (Nordlee ve ark., 1996).

**Potansiyel toksisite:** Genetik modifikasyonun, zehirlenmeye neden olabilecek doğal bitki toksinlerinin, zehir oluşmasından sorumlu genlerin yanlışlıkla aktive edilmesiyle gelişebileceğinden endişe edilmektedir. Baklagillerdeki proteaz inhibitörleri, muzdaki pressor aminler gibi doğal toksinlerin genlerinin bu toksin seviyelerindeki artışa neden olabileceği GDO'larla ilgili tereddütlerin altında yatan nedenlerden biridir (Uzogara, 2000).

**Antibiyotik direnç:** İngiliz Tıp Derneği'nin raporlarına göre mahsullere işaretçi olarak yerleştirilen antibiyotik direnç genlerinin, GD gıda ile beslenen insan veya hayvanların bağırsaklarında bulunan patojen mikroorganizmalara ve aynı zamanda, tarlada ekilen GD bitkilerin çürümesi ile bu bitkilerde bulunabilen genlerin toprak vasıtasıyla bazı bakterilere geçebileceği olasılığı üzerinde durulmaktadır (Uzogara, 2000).

**Gen patentleme:** Günümüzde birçok otorite özellikle terminatör gen teknolojisinin tekelleşmesinden endişe duymaktadır. Terminatör gen teknolojisi ekildiği zaman tekrardan filizlenmeyen tohumlar üretmektedir. Bu teknoloji çiftçileri, bir önceki yılın hasatından tohum ekiminin yerine, her yıl çok uluslu firmalardan yeni tohumlar almaya zorlayarak bu firmaların tohumlarına bağımlı kılmaktadır. Başta Hindistan olmak üzere, gelişmekte olan ülkeler terminatör gen teknolojisini şiddetle protesto etmektedir (Uzogara, 2000).

**Biyolojik çeşitliliğin etkilenmesi:** Herbisit ve insektisit dirençli mahsullerin genlerinin, çapraz polenleşme sayesinde yabancı otlara aktarılmasıyla istenmeden de olsa mücadele etmesi zor olan süper

otların ortaya çıkabileceği bildirilmiştir. Kısa vadede herbisit, pestisit, insektisit kullanımının azalacak olmasına karşın böceklerin sürekli olarak pestisit etkili bu bitkilere maruz kalması ile uzun vadede bu ilaçlara dirençli böceklerin çıkması ve çiftçilerin bu kimyasal maddelere olan bağımlılığı arttıracığı ve çevre kirliliği oluşacağı ön görülmektedir. GD bitkilerin, doğal bitkilerle rekabet ederek bunların ortadan kalkmasına neden olabileceği, çapraz tozlaşma sayesinde doğal olmayan yeni türlerin ortaya çıkabileceği bildirilmektedir (Rissler ve Mellon, 1996).

### Tüketici Reaksiyonlarının Kökeni ve Genel Kanı

GDO'lar ve GD gıdalar gündeme geldiği andan itibaren dünyada çok ses getirmiş ve tartışmalara yol açmıştır. Bir önceki bölümde ayrıntılı olarak açıklanan endişeler dolayısıyla tüketicilerin GDO'lara yönelik tereddütleri bulunmaktadır. İnsan sağlığı ve çevrenin korunması, etik kuralların ihlali, bu gıdaların doğaya nasıl karışacağı, sağlığı tehdit eden etkileriyle karşılaşılması halinde neler yapılacağı ve rekombinant teknolojiyle üretilen gıdaların gerçekten yararlı olup olmadığı konuları sıklıkla tartışılan konulardır (Bawa ve Anilakumar, 2013). Doğal kabul edilmeyişlerinden ötürü (doğaya müdahale bazında) hayvan refahı ve üretici-tüketici arasındaki güç dengesinin etkilenebilecek olması kaygıları yapılan çalışmalarla kısmi olarak giderilebilmiş olsa da hala farklı kültür ve coğrafyalarda GDO risk ve yararlılık algısı değişim göstermektedir (Frewer ve ark., 2004).

GDO teknolojisinin kabul edilebilirliği konusunda birkaç nokta özellikle önemlidir;

- GDO etkisine kaç kişi maruz kalacak?
- Olası ve henüz bilinmeyen riskleri neler?
- Doğal olmamaları.

Bu endişelerin kökeninde GDO teknolojisi hakkında halkın yeterli bilgiye sahip olmaması mı yoksa bilim dünyasının bu konu ile ilgili net bilgiye henüz ulaşmadığı gerçeğinin mi yer aldığı henüz açık değildir. Bu noktada tüketicinin bu konu ile ilgili görüşlerinin irdelenmesi önem kazanmaktadır (Rowe, 2004).

GDO'lar ilk olarak 1992'de üç büyük kuruluş (FDA: Food Drug and Administration; USDA: US Department of Agriculture; EPA: Environmental Protection Agency) tarafından koordine edilen bir yapı tarafından denetlenmiştir. Bu çalışmada, FDA; ürünlerin tüketim açısından güvenilirliğini, USDA; ürünlerin yetiştirme açısından güvenilirliğini, EPA; ürünlerin çevre açısından güvenilirliğini incelemiştir (Harlander, 2002). Akabinde gündeme gelen biyoteknolojik uygulamalar ilk olarak

ABD'de çeşitli sivil örgütler tarafından boykot edilmiş, sosyoekonomik kaygılar doğmasına neden olmuştur. Ancak zaman içerisinde bu yargıların kaybolduğu görülmüştür. GDO ile üretim yapmayan firmalar tüketiciyi bilinçlendirmek ve sahip oldukları güvenilirliklerini korumak adına etiketleme uygulamasını (GM free) başlatmış ve ürünlerini izleme ve takip altına almıştır. Tüketicilerin etiketleme ile giderilemeyen kaygıları ve teknolojiyle gıdaların nasıl modifiye edildiğine, bunun nasıl bir yarar sağlayacağına dair meraklarının giderilmesi için ayrıca ücretsiz danışma hatları, bilgilendirme broşürü sağlayan noktalar ve internet siteleri kurulmuştur. Tüm bu çalışmalar neticesinde artık genetiği değiştirilen gıdalar, ABD'de "geliştirilmiş, iyileştirilmiş gıda" olarak değerlendirilmekte ve kullanımının pek çok alanda (zirai ilaçların kullanımının azalması, beslenme kalitesinde iyileşme vb.) yarar sağlayacağı düşünülmektedir (Heffernan ve Hillers, 2002). Yapılan araştırmalar da, ABD'li tüketicilerin GD ürünlere bakış açısının pozitif yönde olduğunu, halkın tepkisinin diğer dünya ülkelerinde olduğu kadar negatif olmadığını göstermektedir (Devos ve ark., 2008; Harlander, 2002).

Bununla beraber, Avrupa ülkeleri ele alındığında, GD gıdalar "gereksiz, bilinmeyen, yararsız, yüksek düzeyde riskli" olarak tanımlanmakta ve yaygın olarak kabul görmemektedir. Yapılan bir çok çalışma da bu bilgiyi destekleyici yönde olup; Danimarka, Almanya, İtalya ve İngiltere gibi hem ekonomik hem de teknolojik açıdan yüksek kalite standartlarına sahip pek çok Avrupa ülkesinde insanların GD gıdaları sağlıksız, güvenilmez hatta etiğe uygun olmayan ürünler olarak algıladıklarını göstermektedir (Bredahl ve ark., 1998).

Türkiye'deki tüketicilerin bakış açısını saptayabilmek adına da birçok anket çalışması yapılmıştır. Yürütülen bu araştırmalar neticesinde halkımızın GD ürünler hakkında bugüne kadar pek fazla bilgi sahibi olmadığını ancak çeşitli kuruluşların, medya organlarının ve üniversitelerin yardımıyla konuya yeni hâkim olmaya başladıkları anlaşılmaktadır. Ayrıca tüketicilerin genel olarak biyoteknoloji uygulamalarından haberdar olmama durumlarının bilgi düzeylerinin düşük olmasından kaynaklandığı saptanmıştır (Kaynar, 2009; Özdemir ve Duran, 2010). Gülbay ve ark. (2006)'nın Marmara bölgesinde yapmış oldukları bir çalışmada tüketicilerin yaklaşık %60'ının GD gıdalara olumsuz yaklaştığı, yine Ankara'daki bir okul personeliyle yapılan çalışmada ankete katılanların %78,7 gibi yüksek bir oranının GDO'nun sağlık için risk taşıdığı fikrine sahip olduğu tespit edilmiştir (Özer ve ark., 2009). Son olarak, Türkiye çapında yapılan başka

bir araştırma sonucunda, katılımcıların çoğunluğunun GDO'lardan ve bunlardan elde edilen GD gıdalardan kısmen de olsa haberdar olduğu, GD gıdaları hormonlu gıdalar ile karıştırmakla beraber, genel olarak sözü edilen gıdaların doğal olmayan gen katkı gıdalar olduğunu bildikleri belirlenmiştir (Özdemir ve Duran, 2010).

Transgenik gıda üretimi sadece yerel halkın tepkisini çekmekle kalmamış, dünya yerleşik dinlerinden üç büyük inanca ait zümrelerce de gündeme alınmıştır. Musevilik (Yahudilik)'e göre Tanrı tarafından direkt yasaklanmadığı ve insanlığa yararlı olduğu kanısına varılmasıyla birlikte, bu ürünlere hoşgörüle yaklaşmıştır. Hatta Musevi kanunları (Halacha), doğanın düzenini bozmadığı müddetçe biyoteknolojik uygulamaların insan hayatının kalitesini arttıracığını ve dünya üzerindeki temel sorun olan açlığı ortadan kaldırdığını kabul etmektedir (Omobowale ve ark., 2009).

Hristiyanlık dininde mevcut İncil versiyonlarında ortak olarak kabul edilen, doğanın Tanrı'ya ait olduğu; ancak ve ancak bilim adamlarının etiğe bağlı kalmak şartıyla, insanoğlunun yararı amaç güdülerek, doğaya müdahale edebilecekleri kaidesi ile karşılaşılmaktadır. Bu konuda karşıt görüşler mevcut olmasına rağmen Vatikan ve diğer büyük dini birlikler, zaman zaman Papa'nın da konuya yönelik yaptığı açıklamalar sayesinde GDO teknolojisini dünya için yararlı olabileceğine inanmış ve olumsuz tepkiler bir miktar yumuşatılabilmektedir (Omobowale ve ark., 2009).

Üç büyük dinden sonuncusu olan İslamiyet'te de temelde Musevilik ve Hristiyanlık ile benzer görüşler hâkim olup, Kur'an-ı Kerim'in genetik modifikasyonu kabul ettiği görülmektedir. Din bilimciler arasında bazı noktalarda fikir uyuşmazlığı mevcut olsa da, bu teknolojinin dünyadaki açlık sorununun çözülmesi ve eşitliğin sağlanmasında Allah'a yardımcı olacağı kanısı tüm negatif yargıları ortadan kaldırmaktadır (Omobowale ve ark., 2009).

İlerleyen zaman ve gelişen dünya ile birlikte tüketicilerin GDO teknolojisine dair bakış açıları da değişim göstermeye başlamıştır. Araştırmacılar, özellikle eğitim seviyesi ve bilgi düzeylerinin artışı ile doğru orantılı olarak tüketicilerin bu konuya karşı tutumlarının da olumlu yönde değiştiğini, ayrıca yapılan istatistiklere dayanarak, cinsiyet gibi kişisel değişkenlerin de bu konuda etkili olabileceğini ifade etmektedir (Özdemir ve Duran, 2010). Ülke yönetiminin gıda güvenliği açısından sergilediği tutum, yapmış olduğu çalışmalar ve sosyal medya ile halkın

bilinçlendirilmesi yönündeki gereklilik de göz ardı edilmemesi gereken diğer önemli noktalar. Bazı araştırmalar, bu konuda yapılacak olan yasal düzenlemeler, gıda zincirindeki açığın kapatılabilmesi olasılığı ve ekonomik kalkınmaya sağlayacağı yararların vurgulanması halinde halkın tereddütleri elimine olabileceğini savunmaktadır (Curtis ve ark., 2004).

### GDO'larla ilgili yönetmelikler

Bilim kuruluşlarının GDO'ların güvenilirliğine yönelik ihtiyatlı yaklaşımı ve oluşan şiddetli tüketici reaksiyonları doğrultusunda birçok ülke GDO'ların ekimi, ticareti ve gıda zincirinde yer almasına yönelik kuralları tanımlayan mevzuatı oluşturmuşlardır. Bu mevzuat çalışmalarının tarihçesi 1975 yılında Asilomar, California'da düzenlenen bir toplantının kararlarına dayanmaktadır. Burada gen mühendisliği ürünlerinin yararlı olduğu kadar zararlarının da olabileceği olasılığı göz önünde bulundurularak, kontrollü uygulanması kararı alınmıştır (Berg ve ark., 1975). Gönüllü uyulacak olan bu kurallar 1976 yılında ABD Ulusal Sağlık Enstitüsü, (US National Institute of Health; NIH) tarafından bir öneri komitesinin oluşturulmasını öngörmüştür. Takiben bu komiteye diğer düzenleyici otoritelerin de (ABD Tarım Dairesi: United States Department of Agriculture; USDA, Çevre Koruma Birimi: Environmental Protection Agency; EPA ve Gıda ve İlaç Dairesi: Food and Drug Administration; FDA) dâhil olması ile bu ürünler yasal kurallarla yönetilir hale gelmiştir (McHughen ve Smyth, 2008). Bu aşamada belirlenen kurallar genellikle ürünlerin geliştirilmesine yönelik olup, güvenilirlik değerlendirmelerine ilişkin kurallar OECD, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Gıda Tarım Organizasyonu (FAO) tarafından 1991-1993 yılları arasında gerçekleştirilen seri toplantıların sonucunu da kapsayan öneri raporunun içerisinde 1993 yılında yayınlanmıştır (OECD, 1993).

Bu öneri raporlarını takiben birçok ülke hızla yasal zorunlulukları belirlemek üzere yönetmeliklerini hazırlamak yoluna gitmiştir. Bertheau ve Davison (2004) GDO'larla ilgili mevzuatların yaklaşımını 2 ana gruba ayırmaktadır. Birinci yaklaşımda geliştirilen GDO'nun, doğal olan emseline büyük ölçüde (halk sağlığına ve çevre sağlığına olan bütün etkilerini kapsayacak şekilde) eşdeğer olup olmadığı değerlendirilmektedir. Eş değer bulunan ürün için genel gıda güvenliği kuralları dışında ek bir kural eklenmemektedir. Bu tarz yaklaşımı benimseyen ülkelerin başında ABD gelmektedir. İkinci yaklaşımda ise gıda zincirinde yer almak üzere onaylama işlemi aynı şartlar ve prensiple gerçekleştirilmekle beraber, hiç bir

zaman tam olarak eş değer kabul edilemeyecekleri ve onaylama sonrasında da mutlaka mevzuatlara tabi olmaları gerekliliği yer almaktadır. Bu ikinci yaklaşımı benimseyen ve GD gıdalarla ilgili en katı kontrol kuralları uygulayan topluluk/ülkelerden biri olarak AB’de GDO’ların gıda zincirindeki izlenebilirlik ve etiketlenmesine ilişkin kurallar çok sayıda yönetmelik ile kontrol altına alınmıştır (Davison ve Bertheau, 2007). Bu yönetmeliklere göre her bir GDO’nun vaka bazında ayrıntılı risk değerlendirmesi yapılarak gıda ve/veya yem olarak ülke sınırlarında kullanımının onaylanmasını ve takiben gıda zinciri içerisinde sıkı bir izlenebilirliğinin sağlanması ile mevcut oldukları tüm ürünlerin etiketlenmesini ön görmektedir. Ancak aynı mevzuatlar, bunlara ait kontrol dışı bulaşmanın önüne geçilmesinin çok güç olması gerçeğinden yola çıkarak, onaylanmış GDO’ların %0,9’u ve onaylanmamış GDO’ların %0,5’i aşmaması halinde etikette beyan edilmelerinin zorunlu olmadığını bildirmektedir (Regulation EC, 2003). Birçok ülke aynı yaklaşım doğrultusunda etiketlenme ve izlenebilirlikle ilgili kuralları uygulamaya alırken kazara bulaşma için verilen eşik değerlerin farklı ülkelerde farklı uygulandığı görülmektedir (Bertheau ve Davison, 2004).

Ülkemizde ise GDO’ların kontrolüne yönelik mevzuatın oluşturulması nispeten yeni bir tarihe dayanmaktadır. Ülkemizde GDO’larla ilgili tüm düzenlemeler uzun yıllar 14.5.1998 tarihinde yürürlüğe giren TGD/TOH-032 nolu ve “Transgenik kültür bitkilerinin alan denemeleri hakkında talimat” başlıklı bir talimat kapsamında kontrol edilmeye çalışılmıştır (Bostan ve Gün, 2013). Bu ürünlerin özellikle gıda ve yem zincirinde yer almasını kontrol altına alan ve kapsamlı rutin kontrolleri tetikleyen ilk mevzuat çalışması olarak 26 Ekim 2009 tarihinde yürürlüğe giren “Gıda ve Yem Amaçlı Genetik Yapısı Değiştirilmiş Organizmalar ve Ürünlerin İthalatı, İhracatı, Kontrol ve Denetimine Dair Yönetmelik” değerlendirilebilir (Anonim, 2009). Bu yönetmelik 26 Eylül 2010 tarihinde 5977 sayılı Biyogüvenlik kanununun yayınlanmasını takiben yürürlükten kaldırılmış olmasına karşın tüketici ve üreticinin konu ile ilgili hassasiyetin artması ve riskli ürünlerde analiz bazında kontrollerin yürütülmesi doğrultusunda ülkemiz için oldukça önemli bir milat oluşturmuştur (Anonim, 2010a; Bostan ve Gün, 2013).

Ülkemizde GDO’lara yönelik denetim ve kontroller 5977 sayılı “Biyogüvenlik Kanunu” ve bu kanun kapsamında hazırlanmış olan “Genetik Yapısı Değiştirilmiş Organizmalar ve Ürünleri Yönetmeliği” ile belirlenen kurallar doğrultusunda yürütülmektedir (Anonim 2010a; Anonim 2010b). Bu kanuna göre, bir

GDO’nun ülkemizde ticari amaçla girebilmesi için Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı’nca oluşturulan “Biyogüvenlik Kurulu” tarafından, vaka bazında risk değerlendirilmesi yapılarak izin verilmesi gerekmektedir. Bu şekilde izin alan bir GDO gıda ve yem içerisinde bakanlıkça belirlenen eşik değeri aşan miktarda mevcut ise etikette beyan edilmesi zorunluluğu bulunmaktadır (Anonim, 2010a; Anonim, 2010b; Bostan ve Gün, 2013). Bu kapsamda ülkemizin yasal mevzuatının AB’nin yaklaşımı ile oldukça paralel olduğunu söylemek mümkündür.

#### **GDO tespit metotları:**

Bir önceki bölümde ayrıntılı olarak verilmiş olan yasal sınırlandırma ve denetimler, GDO’ların tespitinde kullanılacak hassas ve güvenilir metotlara olan ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Bugüne kadar GDO’larla ilgili gerçekleştirilmiş olan çalışmalar, genel olarak bitkiye eklenen yeni DNA ya da bu DNA’nın ürettiği yeni bir proteinin tespit edilmesi prensibinden yola çıkmaktadır (Ahmed, 2002).

**Yabancı protein tespiti:** En yaygın olarak ELISA v.b. antikor reaksiyonu temel alan immunkitler kullanılmaktadır (Ahmed, 2002; Özgen-Arun ve Garrett, 2009b). ELISA metotları gıda endüstrisinde çok farklı amaçlarla kullanılmaktadırlar (Günşen ve ark., 2006; Sezer ve ark., 2014). Bu metotların kolay uygulanabilmeleri ve donanımlı bir laboratuvara gereksinim duymadan hızlı sonuç alabilme olanağının bulunması başlıca avantajları olmakla beraber ürünlerde gıda içerisinde GD proteininin yalnız tespiti değil miktarının belirlenmesi de mümkün olabilmektedir (Asensio ve ark., 2008). Ancak gıda endüstrisinde GDO bulunma ihtimali olan gıda çeşidi çok geniştir ve bu ürünler değişen seviyelerde gıda işleme proseslerine tabi tutulurlar. Bu gıda işleme yöntemlerinin özellikle düşük pH ve sıcaklık gibi uygulamaların proteinler üzerine önemli derecede denatüre edici etkisi mevcuttur (Asensio ve ark., 2008). Günümüzde ısı işlem görmüş proteinlere karşı elde edilmiş antikorlarla hazırlanmış olan kitler söz konusu olsa da bu kitlerle yapılan teşhisin tespit limiti oldukça yükselmekte ve düşük miktarlardaki mevcudiyetinin ve miktarının güvenilir bir şekilde tespit edilmesi engellenmektedir (Asensio ve ark., 2008; Özgen Arun ve ark., 2013b). Bu durum araştırmacıları gıda işleme proseslerine çok daha dayanıklı olan DNA’nın tespit edilmesini temel alan metotlara doğru yönlendirmiştir.

**Yabancı DNA tespiti** amacıyla kullanılan metotların başında PCR metotları gelmektedir. PCR metotları GDO’ların gerek işlenmemiş gerekse işlenmiş gıda

ürünlerinde başarılı bir şekilde tespit edilmelerine olanak vermektedir (Greiner ve Konietzny, 2008; Özgen-Arun ve ark., 2014; Taski-Ajdkovic ve ark., 2009). Kullanılan PCR sistemleri iki farklı prensibe dayandırılmaktadır. Bunlardan ilk grupta özel bir GDO türünü değil ama gen mühendisliğinde kullanılan yaygın elementler olan promotör ve terminatör genleri araştıran tarama metotları yer alır. Bu amaçla en çok karnabahar mozaik virüsünden elde edilen 35S promotör ve *Agrobacterium tumefaciens* bakterisinden elde edilen NOS terminator geni hedef alınmaktadır (Gachet ve ark., 1998).

Bu yolla ürün içerisinde GDO mevcudiyeti belirlenmiş olur ve bir sonraki adım olan GDO'nun türünün tespiti ya da miktarının belirlenmesi aşamasına geçilir. Bu aşamada tespit edilen GDO'nun onaylı bir türe ait olup olmadığının belirlenmesi amacıyla GDO'nun türüne spesifik olan bir dizilim taranır ve elde edilen sonuçlara göre tespit edilen GDO'nun izin verilmiş bir GDO olup olmadığı belirlenmiş olur (Hübner ve ark., 1999).

**GDO'larda miktar tespiti** özellikle etiketleme kurallarının belirli bir eşik değerini üzerinde GDO mevcut olması durumunda uygulanacak olması sonrası önemli bir araştırma konusu haline almıştır. Bu amaçla en yaygın olarak Real-time PCR metotları kullanılmaktadır (Chaouachi ve ark., 2013; Di Pinto ve ark., 2008). Diğer tespit metotlarına göre çok daha yakın bir tarihesi olan bu metotlarla GDO'ların nisbi miktar tayini gerçekleştirilmektedir. Bu tespit için PCR reaksiyonu sırasında aynı DNA ile iki farklı reaksiyonun meydana gelmesi gerekir. Bunların biri bitki taksonuna spesifik dahili bir geni hedef alırken diğeri, GDO spesifik bir gen bölgesini hedef alır. PCR reaksiyonu sonunda tespit edilen DNA kopya sayıları üzerinden GDO DNA kopya sayısının, toplam bitki spesifik DNA kopya sayısına olan oranı hesaplanmış olur (Chaouachi ve ark., 2013; Weighardt, 2007).

**DNA ekstraksiyonu:** Her iki PCR metodundan da önce analiz için yeterli kalite ve miktarda DNA elde edilmesi gereklidir (Ahmed, 2002; Gryson, 2010). DNA'nın ekstraksiyonu olarak ifade edilen bu aşama da DNA'nın analiz edilecek örnek matriksinden alınması ve protein, yağ polisakkarid gibi diğer moleküllerden saflaştırılması aşamalarını içerir. Bu amaçla kullanılan ve çok farklı prensiplerle çalışan metotlar ve hazır kitler olduğu gibi bu işlemleri otomatik olarak yerine getiren robotik cihazlar da söz konusudur (Gachet ve ark., 1998). Ekstraksiyon aşamasında kullanılacak metodun seçiminde en önemli kriterlerden birini kullanılacak olan gıda matriksinin niteliği oluşturur. Yapılan bir çok

çalışma farklı gıda matrikslerinin ve farklı partikül büyüklüklerinin ekstraksiyon performansı üzerine oldukça etkili olduğunu göstermiştir (Gryson, 2010).

Bunun yanında her ne kadar DNA proteine karşı oldukça dayanıklı olarak ifade edilse de gıdaların işlenmesinin DNA bütünlüğü ve buna bağlı olarak elde edilecek amplifiye olabilir kalite ve uzunluktaki DNA miktarı üzerine önemli etkisi vardır (Bauer ve ark., 2003). Ek olarak bazı gıda matrikslerinde bulunan bazı maddelerin (kakao gibi) PCR reaksiyonunu inhibe ettiği bilindiğinden bu tür ürünler için seçilecek metodun yeterli verimlilikle DNA ekstrakte etmek yanında çok iyi bir saflaştırma sağlaması da gereklidir (Gachet ve ark., 1998; Gryson, 2010).

Elde edilen DNA'nın bütünlüğünün ve degradasyon seviyesinin nicel olarak incelenmesi amacıyla elde edilen DNA agar jel elektroforezine tabi tutulur. Bu aşamada bütünlüğünü koruyan DNA belirgin bir bant verirken, degradasyona uğramış DNA bir yayma (smear) görüntüsü verir (Gachet ve ark., 1998).

DNA miktar ve saflığının kontrolü için en yaygın kullanılan metot spektrofotometrik olarak  $A_{230}$ ,  $A_{260}$  ve  $A_{280}$  UV absorbans ölçümleridir.  $A_{260}$  ölçüm sonuçları ile DNA miktarı hesaplanırken  $A_{260}/A_{280}$  veya  $A_{260}/A_{230}$  UV absorbans oranı ile elde edilen DNA'nın RNA kontaminasyon seviyesine bakılabilir. Bu değer  $A_{260}/A_{280}$  için 1,5 ve 2,0 ve  $A_{260}/A_{230}$  için 1,7'den büyük olması arzu edilir (Gryson, 2010).

**Metotların limitleri:** GDO tespitinin en önemli aşamalarından birini doğru örnek alımı oluşturmaktadır. Özellikle ithalat ve ihracat ürünlerinde analiz yapılması gerektiğinde binlerce tonluk partilerden örnek alınması söz konusu olabilmektedir. Ek olarak hasat, taşıma ve depolama aşamalarında GDO olmayan ürünlerin ya da onaylı GDO'ların onaysızlarla kontamine olması mümkündür. Bu noktada istatistiksel planlar doğrultusunda yeterli miktarda örnek alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Alınan örneklerden de analiz ekstraksiyon aşamasına geçmeden önce titiz ve kapsamlı bir homojenizasyon işlemi gerçekleştirilmesi gerekir (Hübner ve ark., 1999).

PCR metotları gerek ekstraksiyon gerekse PCR aşamasında kolaylıkla ortaya çıkabilecek bir kontaminasyon sonucu yanlış pozitif olarak değerlendirilebilmektedir. Bu sebeple gerek laboratuvar tasarımlarının yapılması gerekse deneylerin gerçekleştirilmesi aşamasında çok sayıda önlemin yerine getirilmesi gerekir (Hübner ve ark., 1999). Bu önlemlerle ilgili çok sayıda kaynak günümüze değin hazırlanmış olmakla beraber ISO 24276, 2006 standardı



genel kabul gören uluslararası bir kılavuz olarak değerlendirilebilir. Genel tarama metotları sırasında ortaya çıkabilecek bir başka yanlış pozitiflik nedeni de ürünlerin karnabahar mozaik virüsü ile doğal olarak kontamine olması durumunda elde edilebilecek olan pozitif sonuçtur. Bu durum özellikle *Criciferae* familyasına (karnabahar, lahanası, brokoli, v.b.) ait bitkileri içeren gıdalar için söz konusudur. Bu gibi bitkileri içeren gıdalarda tür spesifik bir tarama yaparak pozitiflik kesinleştirilmelidir (Ujhelyi ve ark., 2008).

Gerçekleştirilen PCR metotlarının yanlış negatif sonuç vermesi de sıklıkla ortaya çıkan bir durumdur. Bunun en yaygın nedenlerinden biri yeterli DNA'nın elde edilememesine bağlı olarak ortaya çıkan yanlış negatif sonuçlardır. Bu nedenle negatif sonuç elde edilen işlenmiş ve karışık ürünlerde mutlaka bitki spesifik bir tarama gerçekleştirilerek negatifliğin konfirmasyonu yapılmalıdır. İnhibitör varlığına bağlı bir yanlış negatif sonuç riskinin eliminasyonu ise DNA ekstraktına yapılacak bir pozitif DNA aşılması ile kontrol edilebilir (Hübner ve ark., 1999; ISO 24276, 2006).

Gerek yukarıda sözü edilen kalite kontrol faaliyetleri gerekse PCR prosesinin doğrulanması için yapılacak testlerde Sertifikalı Referans malzemeler kullanılarak gerekli kalite kontroller mutlaka gerçekleştirilmelidir (Hübner ve ark., 1999; ISO 24276, 2006).

### Sonuç

GD tarım ürünlerinin üretim potansiyelleri günümüze kadar çok büyük bir hızla artış göstermiştir. Tüketicilerin sert tepkilerine karşın bu büyümenin uzun bir süre daha aynı hızla devam edeceği aşikârdır. Bu koşullar altında GDO ürünlerin gıda zincirinde yer almalarının engellenmesi neredeyse imkânsızdır. Bu gerçekten hareketle yola çıkan mevzuatların 'tüketiciye tüketim kararı inisiyatifinin verilmesi ve gıda zinciri içerisinde mevcudiyetlerinin izlenmesi' prensibi uygulanabilir tek yöntem gibi görünmektedir. Ancak bu noktada mevzuatlara uyumun sıkı bir şekilde kontrolü ve tüketicinin konuda bilinçlenmesi mutlaka gereklidir. Gerek tespit metotlarında ortaya çıkabilen yetersizlikler gerekse örneklemeden gelecek belirsizlikler göz önüne alındığında etkin bir izlenebilirlik sistemi en geçerli korunma yöntemlerinden biridir.

### KAYNAKLAR

**Ahmed, F.E., 2002.** Detection of genetically modified organisms in foods. Trends in Biotechnology 20, 215-223.

- Anonim, 2009.** T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı'nın "Gıda ve Yem amaçlı Genetik Yapısı Değiştirilmiş Organizmalar ve Ürünlerin İthalatı, İhracatı, Kontrol ve Denetimine Dair Yönetmeliği; 26.10.2009 tarih ve 27388 sayılı Resmi Gazete.
- Anonim, 2010a.** Türkiye Cumhuriyeti Biyogüvenlik Kanunu: Kanun Numarası 5977. 26.03.2010 tarih ve 27533 sayılı Resmi Gazete.
- Anonim, 2010b.** T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın Genetik Yapısı Değiştirilmiş Organizmalar ve Ürünleri Yönetmeliği; 13.08.2010 tarih ve 27671 sayılı Resmi Gazete.
- Asensio, L., González, I., García, T., Martín, R., 2008.** Determination of food authenticity by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Food Control 19, 1-8.
- Aydın, G., 2004.** Detection and quantification of genetically modified maize via polymerase chain reaction (Doctoral Dissertation, Middle East Technical University).
- Bauer, T., Weller, P., Hammes, W.P., Hertel, C., 2003.** The effect of processing parameters on DNA degradation in food. European Food Research Technology 217, 338-343.
- Bawa, A.S., Anilakumar, K.R., 2013.** Genetically modified foods: safety, risks and public concerns-a review. Journal of Food Science and Technology 50, 1035-1046.
- Berg, P., Baltimore, D., Brenner, S., Roblin, R.O., Singer, M.F., 1975.** Summary statement of the asilomar conference on recombinant DNA molecules. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 72, 1981-1984.
- Bertheau, Y., Davison, J., 2004.** The theory and practice of European traceability regulations for genetically modified food and feed." International Traceability Symposium (RDA) pp. 23.
- Bostan, A., Gün, S., 2013.** Türkiye'de genetiği değiştirilmiş gıda ve yem konusunda mevzuat uygulamaları ve denetimler. Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty 10, 90-98.
- Bredahl, L., Grunert, K.G., Frewer, L.J., 1998.** Consumer attitudes and decision-making with regard to genetically engineered food products – a review of the literature and a presentation of models for future research. Journal of Consumer Policy 21, 251-277.
- Chaouachi, M., Bérard, A., Said, K., 2013.** Relative quantification in seed GMO analysis: state of art and bottlenecks. Transgenic Research 22, 461-476.
- Curtis, K.R., McCluskey, J.J., Wahl, T.I., 2004.** Consumer acceptance of genetically modified food products in the developing world. The Journal of Agrobiotechnology Management & Economics 7, 70-75.

- Çelik, V., Turgut Balik, D., 2007.** Genetiği değiştirilmiş Organizmalar (GDO). Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 23, 13-23.
- Davison, J., Bertheau, Y., 2007.** EU regulations on the traceability and detection of GMOs: difficulties in interpretation, implementation and compliance. CAB reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources 2, 14.
- Devos, Y., Maesele, P., Reheul, D., Speybroeck, L.V., De Waele, D., 2008.** Ethics in the societal debate on genetically modified organisms: a (re)quest for sense and sensibility. Journal of Agricultural and Environmental Ethics 21, 29-61.
- Di Pinto, A., Alfano, F., Giordano, A., Capuano, F., Valentina Tantillo, G. 2008.** Quantitative real-time polymerase chain reaction for the presence of genetically-modified maize in breaded "ready-to-cook" food products. Food Control 19, 1002-1005.
- FAO/WHO, 1991.** Strategies for assessing the safety of foods produced by Biotechnology Report of Joint FAO/WHO Consultation World Health Organization Geneva.
- Frewer, L., Lassen, J., Kettlitz, B., Scholderer, J., Beekman, V., Berdal, K.G., 2004.** Societal aspects of genetically modified foods. Food and Chemical Toxicology 42, 1181-1193.
- Gachet, E., Martin, G.G., Vigneau, F., Meyer, G., 1998.** Detection of genetically modified organisms (GMOs) by PCR: a brief review of methodologies available. Trends in Food Science & Technology 9, 380-388.
- Greiner, R., Konietzny, U., 2008.** Presence of genetically modified maize and soy in food products sold commercially in Brazil from 2000 to 2005. Food Control 19, 499-505.
- Gryson, N., 2010.** Effect of food processing on plant DNA degradation and PCR based GMO analysis: A review. Analytical and Bioanalytical Chemistry 396, 2003-2022.
- Gülbay, D., Özçelik, B., Kahveci, D., 2006.** Türk Tüketicisinin Genetiği Değiştirilmiş Gıdalar Hakkındaki Görüşleri. In: Türkiye 9. Gıda Kongresi (24-26 Mayıs 2006) Bildiriler Kitabı, Bolu, Türkiye, pp. 845-848.
- Günşen, U., Aydın, A., Ovalı, B.B., Coşkun, Y., 2006.** Çiğ et ve ısı işlemi görmüş et ürünlerinde ELISA tekniği ile tür tespiti. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 32, 45-52.
- Gürakan, G.C., Aydın, G., Yılmaz, R., 2011.** Qualitative detection GM maize (Bt11) in food and feed commercially sold in Turkey by PCR based methods. Indian Journal of Biotechnology 10, 143-146.
- Harlander, S.K., 2002.** Safety assessments and public concern for genetically modified food products: the american view. Society of Toxicologic Pathology 30, 132-134.
- Heffernan, J.W., Hillers, V.N., 2002.** Attitudes of consumers living in Washington regarding food biotechnology. Journal of American Dietetic Association 102, 85-89.
- <http://www.isaaa.org/gmaprovaldatabase/default.asp>. (Erişim. 20.05.2014).
- <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/default.asp>. **James, C.** Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 1997-2013. (Erişim. 29.05.2014).
- Hübner, P., Studer, E., Häfliger, D., Stadler, M., Wolf, C., Looser, M., 1999.** Detection of genetically modified organisms in food: critical points for quality assurance. Accreditation and Quality Assurance 4, 292-298.
- ISO 24276, 2006.** Foodstuffs: Methods of analysis for the detection of genetically modified organisms and derived products -- General requirements and definitions. Geneva, Switzerland.
- Kaynar, P., 2009.** Genetik olarak değiştirilmiş organizmalar (GDO)'a genel bir bakış. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi 66, 177-185.
- Maclean, N., 2003.** Genetically modified fish and their effects on food quality and human health and nutrition. Trends in Food Science & Technology 14, 242-252.
- Matoba, N., Doyama, N., Yamada, Y., Maruyama, N., Utsumi, S., Yoshikawa, M., 2001.** Design and production of genetically modified soybean protein with anti-hypertensive activity by incorporating potent analogue ofofokinin (2-7). FEBS Letters 497, 50-54.
- Mcgarvey, P.B., Hammond, J., Dienelt, M.M., Hooper, D.C., Fu, Z.F., Dietzschold, B., Koprowski, H., Michaels, F.H., 1995.** Expression of the rabies virus glycoprotein in transgenic tomatoes. Biotechnology (NY) 13, 1484-1487.
- McHughen, A., Smyth, S., 2008.** US regulatory system for genetically modified [genetically modified organism (GMO), rDNA or transgenic] crop cultivars. Plant Biotechnology Journal 6, 2-12.
- Mishra, N., Gupta, P.N., Khatri, K., Goyal, A.K., Vyas, S.P., 2008.** Edible Vaccines: A new approach to oral immunization. Indian Journal of Biotechnology 7, 283-294.
- Nordlee, J.A., Taylo, S.L., Townsend, J.A., Thomas, L.A., Bush, R.K., 1996.** Identification of a Brazilian nut allergen in transgenic soybeans. The New England Journal of Medicine 344, 688-392.
- OECD, 1993.** Safety Evaluation of Foods Derived by Modern Biotechnology: Concepts and Principles. Paris.
- Omobowale, E.B., Singer, P.A., Daar, A.S., 2009.** The three main monotheistic religions and GM food technology: an overview of perspectives. BMC International Health and Human Rights 9, 1-8.

- Özdemir, O., Duran, M., 2010.** Biyoteknolojik uygulamalara ve genetiği değiştirilmiş organizmalara (GDO) ilişkin tüketici davranışları. *Akademik Gıda* 8, 20-28.
- Özer, B.C., Duman, G., Çabuk, B., 2009.** Turkish preschool staff's opinions about hormones, additives and genetically modified foods. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 1, 1734-1743.
- Özgen Arun, Ö., Garrett, S., 2009b.** İşlenmiş Ürünlerde Düşük Miktardaki Genetiği Değiştirilmiş Organizma Protein ve DNA'sinin Tespit Edilme Olanakları. 3. Ulusal Veteriner Gıda Hijyeni Kongresi, Bursa, 14-16 Mayıs 2009, pp.226
- Özgen Arun, Ö., Yılmaz, F., Muratoğlu, K. 2014.** The effect of heat processing and pH on PCR detection of genetically modified (GM) soy in meat products. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 20, 765-771.
- Özgen Arun, Ö., Yılmaz, F., Muratoğlu, K., 2013a.** PCR detection of genetically modified maize and soy in mildly and highly processed foods. *Food Control* 32, 525-531.
- Özgen Arun, Ö., Yılmaz, F., Muratoğlu, K. 2013b.** Gıdaların İşlenmesinin Genetiği Değiştirilmiş Soyanın ELISA İle Tespiti Üzerine Etkisi. 5. Ulusal Veteriner Gıda Hijyeni Kongresi, Antalya, 3-6 Nisan 2013, pp.83-8.
- Özgen-Arun Ö., Garrett S., 2009a.** GMO detection in commercial heat processed food products. 3. Ulusal Veteriner Gıda Hijyeni Kongresi, Bursa, 14-16 Mayıs 2009, pp.87.
- Regulation (EC) No 1830/2003** of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 concerning the traceability and labeling of genetically modified organisms and the traceability of food and feed products produced from genetically modified organisms and amending Directive 2001/18/EC. *Official Journal L* 268, 18/10/2003, 0024 – 0028.
- Rissler, J., Mellon, M., 1996.** The ecological risks of engineered crops. Union of Concerned Scientists. Cambridge, MA. The MIT Press.
- Rowe, G., 2004.** How can genetically modified foods be made publicly acceptable? *Trends in Biotechnology* 22, 107-109.
- Sang, H., 2003.** 6. Genetically modified livestock and poultry and their potential effects on human health and nutrition. *Trends in Food Science & Technology* 14 253-263.
- Sezer, Ç., Aksoy, A., Vatanserver, L., Bilge, N., 2014.** Kars ilinde satışa sunulan dondurmalarda aflatoksin M1 varlığının belirlenmesi. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 40, 90-94.
- Sieradzki, Z., Walczak, M., Kwiatek, K., 2006.** Occurrence of genetically modified maize and soy bean in animal feedingstuffs. *The Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy* 51, 567-570.
- Taski-Ajdukovic, K., Nikolic, Z., Vujakovic, M., Milosevic, M., Ignjatov, M., Petrovic, D., 2009.** Detection of genetically modified organisms in processed meat products on the Serbian food market. *Meat Science* 81, 230-232.
- Ujhelyi, G., Vajda, B., Béki, E., Neszlényi, K., Jakab, J., Jánosi, A., Némedi, E., Gelencsér, E., 2008.** Surveying the RR soy content of commercially available food products in Hungary. *Food Control* 19, 967-973.
- Uzogara, S.G., 2000.** The impact of genetic modification of human foods in the 21st century: A review. *Biotechnology Advances* 18, 179-206.
- Weighardt, F., 2007.** GMO quantification in processed food and feed. *Nature biotechnology* 25, 1213-1214.
- Wu, Y.Z., Li, J.T., Mou, Z.R., Fei, L., Ni, B., Geng, M., Jia, Z.C., Zhou, W., Zou, L.Y., Tang, Y., 2003.** Oral immunization with rotavirus VP7 expressed in transgenic potatoes induced high titers of mucosal neutralizing IgA. *Virology* 313, 337-42.