



GENETİĞİ DEĞİŞTİRİLMİŞ ORGANİZMALAR (GDO)

Venhar ÇELİK^a, Dilek Turgut-BALIK^{b,*}

^a Fırat Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fak., Biyoloji Böl., Moleküler Biyoloji Anabilim Dalı, Elazığ, TÜRKİYE

^b Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE

ÖZET

Organizmaların genetik yapısının değiştirildiği genetik mühendisliği konusu, bilimsel platformlarda hâlâ tartışılmaktadır. Genetiği değiştirilmiş organizmaları destekleyen gruplar, bu teknolojinin besin kalitesinin ve sağlığa yönelik faydalarının artırılmasında, meyve ve sebzelerin raf ömürlerinin ve organoleptik kalitelerinin iyileştirilmesinde, bitkisel ve hayvansal ürün veriminin artırılmasında, yenilebilir aşı ve ilaç üretiminde, insan hastalıklarının tedavisi ve organ nakli için kullanılmasında ve çevresel olarak bir çok faydaları olacağı görüşündedirler. Bu organizmaları eleştirenlere göre ise besin kalitesindeki değişiklik, gıda güvenliği, allerjik reaksiyonlar ve bunların toksik etkileri ile ilgili önemli riskleri olabileceği ve genetiği değiştirilmiş ürünlerin etiketlenmesi, çevresel ve çeşitli grupların kaygıları ile dini, kültürel ve etik sorunların olduğunu/olacağını düşünmektedirler.

Anahtar Kelimeler: Genetiği değiştirilmiş organizmalar, Gen aktarım teknolojisi, GDO, GD.

GENETICALLY MODIFIED ORGANISMS (GMO)

ABSTRACT

Genetic engineering has been debated in the scientific community for years. Groups that support the use of genetically modified organisms claim that this technology is useful in increasing the food quality, have advantages for health, help to extend the shelf life of the fruits and vegetables, increase the organoleptic quality, increase the vegetable and animal product yield, allow to produce edible vaccines and drugs, can be used in the human diseases and organ transplantation as well as they have environmental advantages. Groups that oppose to the use of these organisms think that there might be risks in the change of food quality, food safety, allergenic reactions and their health effects. They also worry that there are some concern about the labeling of the genetically modified products, environmental problems, religious, cultural and ethical issues.

Keywords: Genetically modified organisms, Gene delivery technology, GMO, GM.

*E-posta: dilekbalik@gmail.com

1. GİRİŞ

Son yıllarda biyoteknolojik uygulamalar arasında en çok tartışılan konular arasında genetik mühendisliği ve bu teknik ile elde edilen genetiği değiştirilmiş organizmalar yer almaktadır [1]. Genetik materyali değiştirme veya bir türden diğerine transfer etme işlemi biyoteknolojinin temeli olup klonlama gibi diğer biyoteknolojik işlemlerin potansiyeli ile birlikte kamuoyunda ateşin keşfi, matbaanın icadı ve atomun parçalanması ile eşdeğer görülmüştür [2].

Genetik mühendisliği teknolojisi kullanılarak üretilen organizmalar literatürde genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO), genetiği değiştirilmiş ürünler (GD), genetik olarak modifiye edilmiş organizmalar (GMO), genetik olarak modifiye edilmiş ürünler (GM), gen aktarımlı organizmalar, transgenik organizmalar, bio-mühendislik organizmaları vb. adlarla tanımlanmaktadır [2]. Bu organizmalara aktarılan genler ise transgen olarak ifade edilmektedir [3].

ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-Biotechnology Applications) verilerine göre, 2004 yılında GD ürün ekim alanının 81 milyon hektar olduğu, 17 ülkede yaklaşık olarak 8,25 milyon çiftçinin bu ürünleri yetiştirdiği ve bu sayının gelecek 4 yıl içerisinde iki katına çıkacağı tahmin edilmektedir [4, 5]. Ancak ticari olarak üretimine 1996 yılında başlanmış olmasına rağmen GD ürün üretimi küresel değildir [6, 7, 8, 9]. Tarımsal ticari GD ürün üretiminin %96'sı ABD (%59), Arjantin (%20), Kanada (%7), Brezilya (%6) ve Çin (%4) olmak üzere sadece 5 ülkede yapılmıştır. Dünya ticaretinde ise soya, mısır, kanola ve pamuk olmak üzere sadece 4 ürünün üzerinde yoğunlaşmıştır. Ayrıca GDO'nun karakteristiği açısından herbisit dayanıklılığı ve böcek direnci uygulamaları yaygındır [4, 5, 6, 7, 8, 9].

GD ürünlerin en çok üretildiği ABD'de özellikle soya ve mısır içeren işlenmiş gıdaların %60'ından fazlası GD ürün içermektedir [10, 11]. GD ürünlerin ABD'de yaygın kullanımının, ürünlerin tüketici tarafından kabul edildiğini gösterdiği iddia edilse de gerçekte ABD'de tüketicilerin büyük çoğunluğu GD ürün yediğini bilmemektedir. GD ürün üreticilerinin ABD'de yürüttüğü etiketleme karşıtı lobi, bu ürünler için arzu edilen etiketleme taleplerini bastırmıştır. ABD'de 1997'den beri yapılan pek çok anket, ABD'lilerin etiketleme istediğini ve ayrıca eğer etiketleme yapılırsa, halkın büyük çoğunluğunun GD ürün yemeyeceğini göstermiştir [12].

Avrupa'da ise Avrupa Birliği ülkelerinin diğer ülkelere göre GDO'ya karşı sert tutumuna rağmen 2004 yılında AB üyesi İspanya ve AB aday üye Romanya'da 50.000 hektardan fazla alanda GD ürün üretimi yapılırken yine AB üyesi olan Almanya'da ise 50.000 hektardan az bir alanda ekim yapılmıştır [4, 5]. Avrupa Birliği ülkeleri GDO'ların alan denemeleri ve piyasaya sürülmesi konusunda Avrupa Birliği Komisyon kararına başvurmuştur [6, 7, 8]. Komisyon, 1998'den beri Bt-11 ve NK603 mısırın ithalini onaylarken bu yıl Mon810 mısır ithalini de onaylamıştır [5, 13]. Ayrıca Avrupalı tüketicilerin bu ürünleri kabullendikleri görülmektedir. GD ürün tüketimi konusunda Greenpeace tarafından daha önceden yapılan bir oylamada Avrupalı tüketicilerin % 70'i bu ürünlere karşıyken bu yıl aynı konuda yapılan bir oylamada tüketicilerin sadece % 40.4'ü bu ürünlerin tüketimine karşı olduklarını söylemişlerdir [14].

Türkiye'de GD ürün üretimi yasak olmasına rağmen 1998 yılından itibaren alan denemeleri yapılmaya başlanmıştır [12]. Değişik firmalar tarafından ithal edilen ürünlerde alan denemeleri Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Araştırma Enstitü'leri tarafından bazı illerde yapılmıştır. GD ürünlerin alan denemelerini takiben tescili, üretime sokulması ve gıda zincirinde kullanılması gündeme gelecektir [6, 7, 8]. Türkiye'de iç piyasada işlenerek ürün halinde pazara sürülen hammadde veya yurtdışından ithal edilen işlenmiş ürünlerden önemli bir kısmının GDO içeriğine sahip olduğu ileri sürülmektedir. Özellikle mısır ve soyanın büyük bir kısmı ABD ve Arjantin'den ithal edilmiş olup neredeyse tamamının GDO içerikli olduğu iddia edilmektedir. Ayrıca 20'ye yakın ilin pazarlarından alınan domates ve patateslerin GD ürün olduğu saptanmıştır. Bunların hemen hemen tümü, Türkiye'ye kaçak yollarla giren GD tohumlarının hiçbir denetime tabi tutulmadan tarlalarda veya seralarda ekilmesi sonucunda üretilmektedir [15].

Bu derlemede, GDO'ların dünyadaki ve Türkiye'deki durumu göz önüne alınarak bu ürünlerin potansiyel fayda ve riskleri ile insan sağlığı açısından etkilerinin irdelenmesi amaçlanmıştır.

2. GENETİĞİ DEĞİŞTİRİLMİŞ ORGANİZMA GRUPLARI

Bitkilerde genetik mühendisliği teknolojisi çalışmaları, 1982-1983 yıllarında başlamış ve 1983'de transgenik bitkilere aktarılan genin ekspresyonunun sağlanması ile yapı ve fonksiyonlarının analizi, düzenleme mekanizmalarının aydınlatılması gibi temel biyolojik konuların araştırılmasında yeni ve güçlü bir yöntem olarak yerini almıştır [16].

Bitkilerde genetik mühendisliği teknolojisi uygulamaları ürün kalitesini, zararlı organizmalara direnç gelişimini ve agronomik özellikleri geliştirmek amacıyla yapılmaktadır [17]. Genetik değiştirme çalışmaları mısır, pamuk, patates vb. bitkisel ürünlerde zararlılara dayanıklılık; soya, pamuk, mısır, kolza, çeltik vb. bitkisel ürünlerde yabancı ot ilaçlarına dayanıklılık; patates, çeltik, mısır vb. bitkisel ürünlerde viral bitki hastalıklarına dayanıklılık; ayçiçeği, soya, yerfıstığı vb. bitkisel ürünlerde bitkisel yağ kalitesinin artırılması; domates, çilek vb. bitkisel ürünlerde olgunlaşmanın geciktirilmesi ve dolayısıyla raf ömrünün uzatılması; domateste aromanın artırılmasına yönelik olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bitkilere gen aktarımının diğer hedefleri arasında insan ve hayvana yönelik ilaç, hormon ve aşı (örneğin; kolera aşılarında patatesin kullanımı) gibi maddeleri bol miktarda üretmeleri sayılabilir [18, 16].

Son yıllarda ise bilim insanları, belli vitaminlerce zenginleştirilmiş genetiği değiştirilmiş tarım ürünleri geliştirmişlerdir. Bunun en iyi bilinen örneği, pirince beta karoten (provitamin A) üreten genlerin aktarılmasıdır. Dünya nüfusunun yarısının temel besin maddesi olan pirinç, vitamin açısından zengin bir besin değildir. Örneğin pirincin en çok tüketildiği Güney ve Güneydoğu Asya'da 5 yaşın altındaki çocukların % 70'i A vitamini eksikliği çekmektedir ve bu durum birçoğunun sağlığının bozulmasına ve kör olmalarına neden olmaktadır. Fotosentez için gerekli bir pigment olan beta karoten, pirinç bitkisinin yeşil dokusunda bulunmakla beraber tohum gibi fotosentez yapmayan dokularda genellikle bulunmamaktadır. Tohum hücrelerinin beta karoten üretmesi için pirinç bitkisinin genomuna, beta karoten sentezinde anahtar enzimlerden sorumlu olan üç gen aktarılmıştır. Gen aktarımlı bu pirincin daneleri parlak sarı-yeşil renkte olduğu içinde bu ürüne "altın pirinç" adı verilmiştir [19, 1].

Genetiği değiştirilmiş hayvanlar elde etmek için yetişkin bir koyunun meme bezi hücresinden Dolly adlı kuzunun klonlanması önemli bir adım olmuştur [17]. Genetiği değiştirilmiş hayvanlar biyomedikal araştırmaların çoğu alanlarında gerekli olmuştur [18]. Örneğin; Polly isimli ilk genetiği değiştirilmiş kuzuya, insanlarda eksikliğinde hemofiliye neden olan kan pıhtılaştırıcı faktör-9'u kodlayan insan geni aktarılmıştır. Böylece bu proteinin hayvanın sütünde ticari olarak bol miktarda üretilmesi sağlanmıştır [20].

Genetiği değiştirilmiş çiftlik hayvanlarında üretilen farmakolojik ürünlerin diğer bir örneği antitrombin III (AT-III)'dür. AT-III'ün normal düzeyi kan pıhtılaşmasını kontrol altında tutmaktadır. AT-III eksik hastalar, yetişkinliğin erken dönemlerinde tromboembolik sorunlara sahip olabilmektedirler. Böyle hastalarda terapötik AT-III sağlanması pıhtılaşma riskini azaltabilir. İnsan hemoglobini, insan serum albumini, doku plazminojen aktivatörü (felç tedavisi için kullanılır), insan alfa-1-antitripsini (alfa-1-antitripsin eksikliği yaşamı tehdit eden amfizeme neden olur) ve çeşitli aşı proteinleri ve monoklonal antikorları içeren diğer terapötik proteinlerin genetiği değiştirilmiş hayvanlarda üretimi amaçlanmıştır [20].

Genetiği değiştirilmiş hayvanların gıda amaçlı kullanımında ise et verimlerinin artırılması, büyüme hormonu üretimini teşvik eden genin aktarılması ineklerde süt üretiminin artırılması, peynir üretimi için kazein miktarının artırılması veya laktoza duyarlı tüketiciler için laktozun süttten çıkarılması gibi süt içeriğinin değiştirilmesi gibi faydalar sağlanabilir. Ayrıca düşük kolesterolü yumurta üreten kümes hayvanları elde edilebilir [20, 18]. Ayrıca sazan, kedi balığı, somon, kiremit balığı, başta olmak üzere yaklaşık 20 çeşit balıkta büyüme artışı ya da soğuk koşullara dayanıklılık artışı sağlayan genlerin aktarımı çalışmaları devam etmektedir [18].

Genetiği değiştirilmiş bitkisel ve hayvansal ürünler doğrudan kullanılmakla beraber, genetiği değiştirilmiş mikroorganizmalar (bakteriler, mayalar ve küfler) ekmek, bira, peynir, bağcılık ürünleri vb. çeşitli üretimlerde, enzim ve gıda katkı maddesi olarak amino asit elde etmek için kullanılmaktadır [18]. Böylece mayalanma teknolojisi, biyodegradasyon süreçleri, ayrıştırma metotları gibi alanlarda kullanılan mikroorganizmalar yeni özellikler kazandırılarak veya istenmeyen özellikler elemine edilerek endüstriyel üretime katkı sağlanmaktadır. Genetiği değiştirilmiş mikroorganizmalar, ayrıca mikroorganizma kökenli olmayan proteinleri üretmek için - örneğin; aşı çalışmalarında kullanımı için saflaştırılmış protein üretimi- rutin olarak kullanılmaktadır [21]. Yine bu

organizmalar özellikle çevre sektöründe biyolojik temizleme (biyoremediasyon) ve koruma çalışmalarında uygulama alanı bulmuştur. Bitkilere gen aktarımında, konukçu hücreye girerek yolunu kendisi bulan ve genleri ona aktaran genetiği değiştirilmiş virus ve bakterilerde kullanılmaktadır [6, 7, 8].

3. GDO' LARIN POTANSİYEL FAYDALARI

Genetiği değiştirilmiş organizmaları destekleyen özel endüstri üyeleri, gıda teknolojisi uzmanları, gıda işleyicileri, distribütörler, perakendeciler, gıda uzmanları, bilim insanları, bazı tüketiciler, Amerika'lı çiftçiler, düzenleme ajansları, dünyadaki fakir ve aç insanları savunanlar ile yeşil devrim taraftarları; genetik mühendisliği teknolojisinin son yıllarda çok kolaylaştırıldığı ve bu teknolojiyle, dünya popülasyonunun giderek büyümesi sonucu gerekli olan gıda ve ilacın büyük boyutta üretilebileceğini düşünmektedirler [2]. İlave olarak, bu teknolojinin, hızlı büyüyen, hastalık, hava ve böceklere dirençli, herbisitlere dayanıklı bitkisel ürünlerin yanı sıra daha lezzetli, daha güvenli, daha verimli, daha besleyici, uzun ömürlü ve sağlık açısından daha faydalı bitkisel ve hayvansal ürünlerin, endüstriyel ve farmakolojik üretime katkı sağlayacak organizmaların elde edilmesi gibi potansiyel faydalara sahip olacağını düşünmektedirler [2, 20, 6, 7, 8]. Genetiği değiştirilmiş organizmaları destekleyenler, insanlığa faydalarının sınırsız olduğuna ve GDO'ların dünyanın önemli tarım, sağlık ve ekolojik problemlerini potansiyel olarak çözebileceğine inanmaktadırlar. Ayrıca GDO karşıtı düşüncelerin sağlık, çevre ve gelişmekte olan ülkelerdeki çiftçilerin geçimini sağlaması gibi gerçekçi olmayan korkulardan ziyade mantıksız korkular ve ticareti koruma siyasetinden kaynaklandığını düşünmektedirler. GDO teknolojisinin faydalarını şimdiden söylemenin çok erken olmasıyla birlikte potansiyel risklerinin varsayım olduğunu [2] düşünen GDO destekleyicilerine göre genetiği değiştirilmiş organizmaların potansiyel faydaları aşağıda tartışılmıştır:

3.1. Besin Kalitesinin ve Sağlığa Yönelik Faydalarının Artırılması

Gen aktarım teknolojisi ile protein kalitesi – örneğin proteinin metiyonin ve lisin içeriği- artırılarak ürünlerin esansiyel amino asit içeriklerinde artış sağlanabilmektedir [2]. Böylece tavuklarda üremeyi olumsuz etkileyen lisin azlığı dolayısıyla genellikle tahıllarda çok az bulunan lisin miktarının artırılması, et, süt ve yün üretimi kükürt içeren amino asitlere (metiyonin ve sistein) bağlı olan çiflik hayvanlarının besinlerinin bu amino asitlerle zenginleştirilmesi mümkün olabilmektedir [22]. Aynı zamanda çeşitli gıdalardaki protein kullanımının genişlemesiyle organoleptik kaliteyi de içeren fonksiyonel özelliklerin artırılması mümkündür. Örneğin; lipoksigenazların çıkarılması ile soyadaki fasulyemsi tadın uzaklaştırılması amaçlanmaktadır. Beslenmede iyi bir protein kaynağı olan balığın daha kısa peryotta daha iyi büyümesi sağlanarak ucuz olarak üretimi ve böylece su kültürü için uygun şartların gerçekleştirilebilmesi amaçlanmaktadır [2].

GDO'ların karbohidrat içerikleri artırılarak ketçap, domates sosu vb. yapmak için gıda işlemede kullanılacak domateslere yoğun içerik kazandırılmaktadır [2]. Monsanto Şirketi tarafından üretilen nişasta içeriği artırılmış Russert Burbank patatesleri ile kızartma işlemi sırasında daha az yağ çeken, pişirme süresi ve maliyeti azaltılmış patates üretimi sağlanmıştır [11].

Ürünlerin besin kalitesi dışında sağlığa yönelik faydalarını artırmak için de GDO üretimi yapılmaktadır. Gen aktarım teknolojisi ile bazı kanserler, kalp hastalığı ve körlük (vitamin A durumunda) gelişiminin sebebi ve zararlı bir kimyasal reaksiyon olan biyolojik oksidasyonu yavaşlatan veya engelleyen bileşikler olarak doğal olarak bulunan anti-oksidant vitaminlerin (karotenoidler, flavonoidler, vitamin A, C ve E) ve minerallerin ürünlerdeki düzeyi artırılmaktadır. Gıda ürünlerindeki anti-oksidant düzeyinin artırılması toplumda var olan belirli kanser ve diğer kronik hastalıkların oranının azalmasını sağlayabilir. Önemli bir anti-oksidant olan likopen genetiği değiştirilmiş domates, domates ürünleri ve biberde bol miktarda bulunmaktadır [2].

Doymuş yağ oranı yüksek olan yağlar, vücutta kolesterol üretiminden sorumludur. Doymuş yağ oranı düşük ve doymamış yağ oranı daha yüksek olan yağlar, sağlık açısından önemli olup kızartma ve diğer işlemlerde kullanılan yüksek sıcaklığa dayanıklıdır. Bu amaçla yaygın olarak kullanılan kanola, soya, ayçiçeği ve yer fıstığı gibi bitkisel sıvı yağlardaki doymamış yağ asidi düzeyini daha da artırmak için bu bitkilerin genetiği değiştirilebilmektedir [2].

Besin değeri artırılmış ürünler yetersiz beslenmeyi azaltmaya yardım edecektir ve gelişmekte olan ülkelerin temel besin ihtiyaçlarını karşılamayı sağlayacaktır. Kassava, birçok üçüncü dünya ülkesinde 500 milyonun üzerinde

insanın beslenmesinde önemli bir besin kaynağıdır. Son yıllarda Afrika kassava mozaik virusuna ve genel mozaik viruslarına dirençli ve yüksek besin değerine sahip kassava üretmek için bu bitkilerin genetiği değiştirilmiştir [2].

3.2. Meyve ve Sebzelerin Raf Ömrü ve Organoleptik Kalitelerinin Artırılması

Calgene Şirketi'nin ürettiği Flavr Savr domatesleri ABD Gıda ve İlaç İdaresi (US FDA) tarafından onaylanan ilk genetiği değiştirilmiş üründür. Bu domatesler olgunlaşma, yumuşama ve çürüme işlemleri geciktirilerek uzun bir raf ömrüne sahip olan bitkilerdir [2]. Olgunlaşma ve yumuşama, büyük ölçüde, meyve hücreleri tarafından etilen üretimine bağlıdır [22]. Etilen üretiminde rol oynayan genlerin kontrol edilmesi veya farklı bir strateji olarak hücre duvarını bozan bir enzim olan poligalakturonaz enziminin baskılanarak pektin yıkımının ertelenmesi ile meyve ve sebzelerdeki olgunlaşma geciktirilebilmektedir [22, 2]. Böylece koku, lezzet, yumuşaklık/sertlik derecesi gibi yüksek kalitede organoleptik özellikler ve daha uzun raf ömrü sağlanabilir. Olgunlaşmanın yavaşlatılması veya geciktirilmesi, aynı zamanda ahududu, çilek, ananas ve şeftali gibi ürünlerde de yapılabilir. Ürünlerin raf ömürlerinin uzatılması üretici ve satıcı için nakliyat, depolama ve işlenmeyi kolaylaştırmakla birlikte tüketici içinde ürünü uzun süre bozulmadan kullanma imkânı sağlayacaktır. Ürünlerin nakliye ve işlenmeye dayanıklı olması, soğutma sistemlerinin güvensiz ve pahalı ve nakliye ağıının yetersiz olduğu gelişmekte olan ülkelerdeki çiftçiler ve tüketiciler için de faydalı olacaktır [2, 6, 7, 8].

3.3. Bitkisel ve Hayvansal Ürün Veriminin Artırılması

2025 yılında 8 milyarı aşması beklenen dünya nüfusunun besin gereksiniminin karşılanması önemli bir sorun olarak düşünülmektedir. Ekilebilir alanları artırmak mümkün olmadığı gibi, tarımsal üretimde kullanılabilecek tatlı su kaynakları da hızla azalmaktadır. Artan nüfusu besleyecek miktarda üretim için ekilebilir alanların genişletilmesi değil, birim alandan alınan ürün veriminin artırılması gerekmektedir. Klasik ıslah yöntemleriyle elde edilebilecek biyolojik verim artışının da artık sınırlarına geldiği düşünüldüğünde, bitki ve hayvan ıslah çalışmalarında gen aktarım teknolojisinin kullanılması kaçınılmaz görünmektedir [6, 7, 8].

Genetiği değiştirilmiş bitkiler, ürün verimini artırmak için ve böcekler, yabancı otlar, herbisitler, viruslar, tuzluluk, pH, sıcaklık, don, kuraklık ve hava gibi çeşitli çevresel faktörlere dayanıklı bitkiler üreterek ürün kaybını azaltmak için kullanılabilir [2, 6, 7, 8]. Verimin artması ve ürün kaybının azalması ile global ürün üretiminin artışı sağlanabilir. Bir yıllık olan önemli tahıl ürünlerinin genetiği değiştirilerek çok yıllık ürünlere çevrilebilir. Böylece toprağın daha az işlem görmesi (çift sürme vb.) ile erozyonun azalması ve ayrıca yıl boyunca ürün veriminin alınması sağlanabilir [2, 17]. Ayrıca genetiği değiştirilmiş bitkilerin kuraklığa direnci, tarımda su kullanımını azaltarak suyun yetersiz olduğu bazı tropikal ve kurak bölgelerde bu bitkilerin yetiştirilmesini uygun duruma getirebilir. Ürünlerin diğer çevresel streslere (örneğin; uç sınırdaki pH, tuz, böcekler, sıcaklık vb.) dayanıklılığını artırmak dünyada şu anda ürün üretimi için uygun olmayan ekim alanlarının yeniden kullanılmasına yardım eder. Böylece yağmur ormanları gibi telafi edilemeyecek doğal kaynaklar üzerindeki baskılar azalır [2]. Çevresel streslere dayanıklılık özellikleri çok sayıda genin karmaşık etkileşimi sonucu ortaya çıkıyor olabilir. Bu nedenle bitkilere bu özelliklerin kazandırılması zaman alabilir [19].

Hayvanlarda ise klonlama, protein ürünleri ve et talebini karşılamak için büyük ölçüde çiftlik hayvanları üretimine yol açmıştır. 1993'de ABD Gıda ve İlaç İdaresi (US FDA) tarafından onaylanan rSBH (rekombinant sığır büyüme hormonu) verilmiş sağlıklı ineklerdeki süt üretimi artırılmıştır. Dolayısıyla et ve süt kaynağı yetersiz olan ülkelere bu ürünlerin daha ucuz olarak ihrac edilmesi için bol miktarda üretilebileceği düşünülmektedir. Genetiği değiştirilmiş hayvanlar; laktozsuz süt, düşük yağlı süt, düşük yağlı et, özel proteinli et, özel kalitede et ve süt üretimi gibi amaçlar için kullanılabilirler [2, 20].

3.4. Yenilebilir Aşı ve İlaç Üretimi

GDO'lar hem gıda hem de ilaç olarak etki edecek ürünler halinde tüketilebilirler. Örneğin brokoli, anti-oksüdant içeriğini zenginleştirmek için; çay, flavonoidlerle zenginleştirilmek için; patates, muz ve domates, aşı depolamak için genetik olarak değiştirilebilir. Özellikle olgunlaştığı zaman çiğ olarak tüketilen muz gibi bazı tropikal ürünler; hepatit, kuduz, dizanteri, kolera ve ishal ile gelişmekte olan ülkelere yaygın olan diğer bağırsak enfeksiyonlarına karşı kullanılabilen proteinleri üretmek için genetik olarak değiştirilebilmektedir [2]. Yenilebilir ürünlerdeki bu

aşılar, bu ürünlerin yetiştirildiği ve düşük maliyetle dağıtıldığı ve özellikle aşı üretimi için kaynağın ve tıbbi alt yapının yetersiz olduğu gelişmekte olan ülkelerde çocuklar için faydalı olacaktır [2, 20].

Bazı biyoteknoloji şirketleri tütün gibi bazı bitkileri ilaç sentezi için değiştirebilmektedir. Tütün, aynı zamanda insan ve çiftlik hayvanlarında kullanılan antikorları üretmek için değiştirilmiştir. İnsan antikoru içeren bitkiler, yaygın olan hastalıklara karşı aşı için pahalı olmayan ve genetik materyal sağlayacak tohumlarında da bu materyali taşıyacaklardır. Ayrıca bu bitkisel aşılar uzun bir raf ömrü ve stabil bir depolama kapasitesine sahip olacaklardır. Bazı insan genleri, deneysel biyoilaçları büyük miktarlarda üretmek için bitki kromozomuna ilave edilmişlerdir. Tütün ve patates, insan serum albumini üretmek için; kolza tohum yağı ve *Arabidopsis*, insan nörotransmitteri, lö-enkefalin ve monoklonal antikorlar üretmek için değiştirilmektedir. Son zamanlarda diyabet hastalarının insülini iğne yoluyla alması yerine ağız yoluyla alabilmesi için bitkilerde insülin üretimi amaçlanmıştır [2].

3.5. İnsan Hastalıklarının Tedavisinde ve Organ Naklinde Kullanılması

Genetiği değiştirilmiş hayvanlar, meme bezindeki sütte fibrinojen gibi rekombinant proteinleri büyük miktarda üretmek için kullanılabilirler. Transgenik proteinler, HIV veya deli dananın potansiyel kaynağı olarak korkulan verici insan kanından elde edilen kan proteinlerine alternatif olarak kullanılabilirler [2].

Klonlanmış hayvanlar çoğu insan hastalıkları için model olduğundan dolayı bilim insanları halen tedavisi olmayan kistik fibrozis gibi insan hastalıklarını etkili bir şekilde çalışabilmektedir. Genetiği değiştirilmiş hayvanlar, hemofili hastaları tarafından kullanılan pıhtılaşma faktörü veya diyabet hastaları tarafından kullanılan insülin gibi farmakolojik proteinleri üretmek için kullanılabilir [2].

Keçi, koyun ve domuz gibi bazı çiftlik hayvanları klonlanabilir ve insana nakil için uygun olan kalp, karaciğer, böbrek ve fetal hücreler vb. geliştirmek için kullanılabilirler [2]. Doku reddinin önemli bir nedeni insan hücrelerinde bulunmayan fakat domuz hücrelerinin yüzeyinde bulunan α -1,3-galaktoz karbohidratının immün reaksiyonudur. α - 1,3-galaktozil transferaz geninin “knock out” teknolojisi kullanılarak uzaklaştırılması hücre yüzeylerinde bu karbohidratı taşımayan hayvanların üretilmesini sağlayabilir [20, 23]. Böylece hastalara organ nakli için uzun bekleme periyotları ortadan kaldırılabilir [2].

3.6. Bio-fabrikalar ve Endüstriyel Kullanım İçin Ürün Ham Materyali Olarak Kullanımı

Genetiği değiştirilmiş organizmalar ilaç endüstrisinde kullanılan vitaminler, monoklonal antikorlar, aşılar, antikanser bileşikler, anti-oksidantlar, plastikler, fiberler, polyesterler, afyonlu ilaçlar/uyku ilaçları, interferon, insan kan proteinleri ve karotenoid üretmek için kullanılmaktadır. GDO'lar aynı zamanda gıda endüstrisinde kullanılan protein, enzim, stabilizatör, kıvam artırıcı, emülgatör, tatlandırıcı, koruyucu, renklendirici ve tat verici gibi gıda karışımları üretmek için de kullanılabilirler. Gıda işleme ve patojen belirlemede kullanılan mikroorganizmalar gen aktarımı ile değiştirilebilir [2]. Örneğin, peynir üretiminde kullanılan çimosin, rennin gibi gıda enzimleri mikroorganizmalara aktararak daha kolay ve daha ucuz olarak üretilebilmektedir [22, 2]. Gen aktarım teknolojisi ile bu gıda, ilaç ve biyoteknoloji endüstrisinde kullanılan maddelerin üretimi geleneksel işlemlere göre çok daha avantajlıdır. Çünkü yeni teknoloji ile arzu edilen bir ürün, fazla miktarda, çok daha ucuz, nakil ve depolama işlemleri daha uygun olarak üretilebilir [2].

3.7. Çevresel Faydaları

Tarımsal amaçlı bitkilerin çoğunun genetiği değiştirilerek viruslar, böcekler, yabancı otlar, herbisitler, hastalık ve çeşitli çevresel etkenlere karşı direnç kazandırılabilirler. Örneğin, patates, soya ve mısır gibi bitkisel ürünlerin çoğuna *Bacillus thuringiensis*'in (Bt) insektisidal (böcek öldürücü) potansiyele sahip bir geni aktararak böceklere karşı dirençli Bt bitkiler elde edilmiştir. Bt proteini mısır kurdu, patates böceği gibi böceklere karşı toksik olmakla beraber insan için toksik değildir ve mide asidi ile parçalanmaktadır [2]. Bitkilere bu proteini üretme özelliğinin kazandırılması kimyasal insektisit ihtiyacını ortadan kaldırır ve böylece bu insektisitlerin hedefi olmayan arı, predatör gibi böceklerin zarar görmesi de engellenir. Insektisidal Bt proteininin bitkinin dokularında üretilmesi ile bitkinin bütün kısımlarına ulaşmayan kimyasal insektisitlere göre daha etkili bir böcek kontrolü sağlanabilir [24, 20].

İnsektisit direncinin yanında bazı bitkiler herbisit uygulamalarına dayanıklı hale getirilmek için genetik olarak değiştirilmektedir [2]. Herbisit dayanıklılığın artması bitkilerin büyüdüğü toprağın daha az işlem görmesini veya hiç işlem görmemesini sağlayarak toprak erozyonunun ve su kaybının azalmasına ve toprak mikrofauna ve mikrofloralarının korunmasına yardım edecektir [24, 25, 20]. Domates, tütün, kabak ve mısır gibi ürünler virus direnci kazandırılmak için genetik olarak değiştirilmektedir ya da başka bir ifadeyle bu ürünler virus ve viral hastalıklara karşı aşılanmaktadır. Ayrıca insan gıda zinciri ve çevrede yer alan kanserojen fungusitlere gereksinimi azaltmak için fungus dirençli ürünlerin üretilmesi amaçlanmıştır [2].

Günümüzde bitkilerin topraktan daha fazla azotu doğrudan kendilerinin alabilmesi için genetiği değiştirilmiş bitki üretimi artmıştır. Bu da, buharlaşarak veya nehir ağızlarına sürüklenip su kirliliğine neden olarak çevreyi tehdit eden kimyasal gübre gereksinimini azaltacağından çevre için yararlı bir uygulama olacaktır [2].

Genetiği değiştirilmiş bitkiler ya da mikroorganizmalar, çevredeki toksik atıkların uzaklaştırılmasını sağladıkları için bioremediasyon için de kullanılabilirler. Bazı araştırmacılar endüstri, tarım ve petrol üretim atıklarının temizlenmesi için hardal yeşili, kaba yonca, nehir kamışları, kavak ağaçları ve özel yabancı otların kullanımının ümit verici olduğunu rapor etmişlerdir. Bazı durumlarda bitkiler, çevreye bulaşan zehirleri parçalayıp zararsız hale getirebilmektedirler [2].

4. GDO' LARIN POTANSİYEL RİSKLERİ

1990'ların başından beri GDO'lar ile ilgili tartışmalar devam etmektedir. GDO'ları eleştiren tüketici ve sağlık savunma grupları, gıda savunma grupları, gıda üreticileri, ahçılar, Avrupa'daki tahıl ithalatçıları, organik tarımcılar, halkla ilgilenme grupları, bazı kaygılı bilim insanları, çevreciler, politikacılar, ticaret korumacıları, etikçiler, insan hakları grupları, hayvan hakları grupları ve dini hak ve özgürlük grupları, özellikle insan gıdası olarak tüketilecek ürünler genetik mühendisliği tekniklerinin uygulanmasının istenmeyen neticelerinin olabileceğine inanmaktadırlar. Bu grupların bazıları, bitki ve hayvanlardaki genetik mühendisliğinin her şekline tamamen karşıdındır ve GDO'ların yasaklanması konusunda ısrar ederler. Eleştiriciler için güvenlik, etik, dini ve çevreci kaygılar GDO'ların getireceği çeşitli faydalardan daha ağır gelmektedir. Özellikle Avrupa Birliği ülkelerindeki muhalifler GDO'ların dünya tarımını, sağlığını ve ekolojisini tehdit edeceğini düşündüklerinden bu gıdaları "frankestayn gıdalar" olarak nitelendirmektedirler. Örneğin İngiltere'de gıda güvenlik kanunlarındaki halk güvenini aşındıran *Salmonella* salgını ve deli dana hastalığından dolayı GDO'lara karşı önemli bir direniş vardır [2]. GDO karşıtlarına göre genetiği değiştirilmiş organizmaların potansiyel riskleri aşağıda tartışılmıştır:

4.1. Besin Kalitesindeki Değişiklik ve Gıda Güvenliği

Gıda ürünlerine aktarılan transgenler, bazı besin değerlerinin düzeyini artırırken diğerlerinin düzeyini azaltarak tahmin edilmeyen bir şekilde gıdaların besinsel özelliklerini değiştirebilirler. Bu durum genetiği değiştirilmiş ürünler ve geleneksel eşdeğerleri arasında farklılığa neden olur. Bitkisel ve hayvansal gıdaların besin içeriklerindeki değişimlerin besin etkileşimleri, besin-gen etkileşimi, canlıda besinin varlığı, besin gücü ve besin metabolizması üzerine etkisi hakkında henüz yeterli bilgi yoktur. Ayrıca bu besinlerin gen ifadesinin kompleks düzeni ile ilgisi hakkında da bilgi yetersizliği vardır [2].

Genetiği değiştirilmiş ürünlerin sağlık üzerinde, özellikle uzun dönemde meydana getirebilecekleri etkiler üzerinde henüz tam/net bir bilgi bulunmamaktadır. Bu nedenle GDO'ların sağlık açısından riskleri göz önüne alınarak etiketleme yoluyla tüketicilerin bilgi edinme ve seçme hakkının sağlanması gerektiği düşünülmektedir [18].

GDO ürünlerin gıda güvenliği değerlendirildiği zaman GD ürün türevli gıdalardaki rekombinant DNA'nın insana yatay gen transferi ve bunun insan sağlığı için sonuçları önemli bir konudur. Gıda ürünlerine aktarılan genlerin insan bağırsak mikroflorasında veya insan ya da hayvan genomunda yer alıp almayacağı ve bunun sonuçlarının ne olacağı önemli bir sorudur [26]. Tüketilen bütün gıdaların canlılardan geldiği ve DNA'nın tüm canlıların bileşenlerinden birisi olduğu dikkate alınırsa gıda ürünleri ile birlikte DNA'nında vücuda alındığı gerçektir. Vücuda alınan DNA sindirim sisteminde parçalayıcı etkiye sahip olan çeşitli parametrelere (örn; sıcaklık, pH, basınç, reaktif kimyasallar (radikaller)) ve enzimatik aktivitelere (eksonükleazlar ve DNAazI ve DNAazII gibi endonükleazlar) maruz kaldığı için parçalanıp sindirildikten sonra vücuttan dışarı atılmaktadır [27, 12]. DNA, memeli bağırsağında genellikle hızla parçalanmakla birlikte bu parçalanma tamamen ve bir anda olmaz ve bazen DNA stabil/kararlı kalabilir [27]. Eğer

DNA parçalanmadan ince bağırsağın son kısmı, körbağırsak ve kolon gibi DNA parçalama aktivitesinin en az mikrofloranın yüksek miktarda olduğu sindirim sisteminin (gastrointestinal sistemin) bu kısımlarına ulaşırsa mikrofloranın çıplak DNA'yı hücre içine alma olasılığı/riski vardır [27, 12, 28]. Mikrofloradaki bakteriler aynı zamanda hücre içine aldıkları yabancı DNA'nın kendi genomlarına katılmasını ve ifade edilmesini engelleyen mekanizmaya sahip olmalarına rağmen bakteriyel kökenli genlerin bakteriler tarafından yapıya alınması teorik olarak mümkündür [12, 27]. GDO üretimi sırasında markır gen olarak kullanılan antibiyotik direnç genleri çoğunlukla bakteriyel kökenli olup bu açıdan en çok tartışılan olasılıktır [12]. GDO ürünlerin tüketilmesi ile bu antibiyotik direnç genlerinin insan bağırsak mikroflorasına veya patojen mikroorganizmalara aktarılması doğada zaten yaygın bir olgu olan mikroorganizmalarda antibiyotiğe karşı direnç düzeyinin artmasına yol açabilir [26, 12]. Bu durum patojenik mikroorganizmaların tedavisi için antibiyotiklerin terapötik değerlerini ortadan kaldırarak insan ve hayvan sağlığı için bir risk oluşturabilir [26].

Tüketilen GDO gıdalardaki DNA'nın memeli hücrelerine aktarılması ve böylece yatay gen transferinin insana sıçraması gıda güvenliği açısından ele alınan diğer bir konudur. Gıdalardaki çeşitli kökenden DNA parçacıklarına (örn; bitki, hayvan, mikroorganizma, virus) maruz kalan bağırsak astarındaki somatik epitel hücrelerin, devamlı olarak dökülmesi ve yenilenmesi ile vücuttan atılacağı ve bu nedenle sağlık açısından önemli bir risk oluşturmayacağı düşünülmektedir. Ancak yapılan çalışmalar, mısırla beslenen sığır ve tavuklarda mısır kloroplast DNA'sının çeşitli dokulara girdiğini göstermiştir [17, 29]. Yine fareler üzerinde yapılan deneysel araştırmalarda çift zinzirli M13 bakteriyofaj DNA ile beslendikten birkaç saat sonra incelenen farelerde DNA fragmentlerinin tamamen parçalanmadığı, kan dokusu ve diğer çeşitli dokulara ulaştığı ve fare DNA'sına kovalent olarak bağlandığı tespit edilmiştir. Ayrıca hamile farelere yedirildiği zaman transplasental transferin olduğu görülmüştür. Tüketilen gıdalardaki DNA'nın somatik hücreler tarafından alınması gösterilmiş olmasına rağmen şimdiye kadar eşey hücrelerinde bu durum kanıtlanmamıştır [17, 30].

4.2. Allerjik Reaksiyonlar ve Toksik Etkiler

Gen aktarım teknolojisi ile organizmaya yerleştirilen yeni genin özellikleri, insanlar için allerjik reaksiyonlara neden olabilir veya mevcut allerjik reaksiyonları şiddetlendirebilir [19, 2]. Bu konunun ciddiyeti, Brezilya fıncığında bulunan bir genin soyaya aktarılması ile sağlanan gen modifikasyonunun, Brezilya fıncığına allerjisi olan tüketicilerde allerjik reaksiyonlara neden olması ile somut olarak kanıtlanmıştır [6, 7, 8, 28]. Konuya ilişkin temel iddialardan birisi genlerin bağımsız, tek başına çalışmadığı ve bir organizmaya transfer edilen genin ya da genlerin daima beklenmeyen ve istenmeyen yan etkilerinin olabileceğidir [9]. Genetiği değiştirilmiş organizmalara aktarılmış olan transgenin ekspresyonu ve genetik fonksiyonu tahmin edilemeyecek değişimlere yol açabilir ve böylece transgenin protein ürünü, beklenmeyen reaksiyonlara ve potansiyel toksinlerin ortaya çıkmasına neden olabilir [31]. Ayrıca transgenlerin, genom üzerindeki doğal bir toksinin düzenleme bölgesini etkileyerek toksin üretimine neden olabileceği bildirilmektedir [20].

4.3. Gen Patentleme ve Terminatör Teknolojisinin Etkisi

Biyoteknoloji şirketleri önemli genleri patentleyerek kontrol altına almak isteyebilirler [1]. Ancak genlerin patentlenmesi, kamu sektöründe çalışan araştırmacıların çalışmaları açısından engel olarak görülmektedir. Eleştiriciler, etik olmadığı ve bu genler hakkında araştırma yapmak isteyen araştırmacılara engel olduğu için, genlerin patentlenmesine karşı çıkmaktadırlar [19].

Biyoteknoloji şirketleri aynı zamanda ürettikleri genetiği değiştirilmiş bitkilerin tohumlarını kontrol altına almak için terminatör teknolojisini geliştirebilir [1]. Terminatör teknolojisi, biyoteknoloji şirketlerinin patentleri kendilerine ait olan GD tarım ürünlerinin tohumlarını toplayarak bir sonraki yıl yeniden üretilmelerine engel olmak için geliştirdikleri kısır bitki üretme teknolojisidir [27, 32, 19]. Terminatör teknolojisi bir çok şekilde uygulanmakla beraber genelde üç adım içerir [27, 32]: (i) Genetiği değiştirilmiş ürüne terminatör gen ilave edilir, (ii) Tohum şirketleri, tohumu satmadan önce bir indükleyici ilave ederek terminasyon işlemini başlatır, (iii) Çiftçiler, bitki tohumunu ekerek ürün elde ederler. Ancak elde edilen tohum veya ürün kısırdır.

Terminatör teknolojisi, çiftçilerin her yıl uluslararası şirketlerden tohum satın almalarını gerektirerek bu uluslararası şirketlere bağımlılık ve tohumların yüksek fiyata alınması sorunlarını beraberinde getirecektir [2, 18]. Ayrıca tohum

şirketleri, tekelleşmenin boyutunu gen patenti ve tohum kontrolü ile sınırlamayıp spesifik GDO'lar için spesifik kimyasal ilaç üretmek için bu ürünlerden almak zorunda bırakabilirler [6, 7, 8, 9].

4.4. GD Gıdaların Etiketlenmesi İle İlgili Kaygılar

Avrupa Birliği yönetmelikleri herhangi bir gıda ürününün geleneksel benzerlerinden farklılaştığı anda GDO kökenli olduğunun etiketlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır [18]. ABD'de ise gıda kaynaklarının güvenliği ve sağlıklı olması (et ve kümes hayvanları hariç) ABD Gıda ve İlaç İdaresi (US FDA) tarafından düzenlenmektedir ve bu ajans GDO'ların etiketlenmesine karşıdır [2]. Çevre Koruma Ajansı (EPA) gıda güvenliği açısından GDO'lara karşı tüketicilerin korunmasına özel önem verilmesi gerektiğini belirtirken, Amerikan Tıp Birliği (AMA) bu ürünlerin etiketlenmesinin zorunlu olmasını ve genetiği değiştirilmiş gıdalar için tüketici güvenliğinin henüz açık olmadığını belirtmesi gerektiğini savunmaktadır [18].

Eleştiriciler, GD ürünlerin etiketlenmesinin tüketilen belirli gıdaların beklenmeyen neticelerini izlemek için tüketiciye yardım edeceğini söylemektedirler ve şu sebeplerden dolayı etiketlenmenin faydalı olacağına inanmaktadırlar [2]: (i) Etiketleme, özellikle bu ürünleri (örneğin; sağlığa yönelik faydalı olan) tüketmek isteyen veya etik, kültürel ve dini sebeplerle bu ürünlerden uzak durmak isteyen tüketicilere imkân tanır, (ii) Üreticilerin, artırılmış lezzet, uzun raf ömrü ve böcek direnci gibi tüketiciye cazip gelen iyi satış hususları olan ürün kalitesini vurgulamalarına imkân tanır, (iii) Etiketsiz ürün, tüketicinin ürünün kimliğini bilme şansını ortadan kaldıracaktır.

Düzenleme ajansları gibi GD ürünleri tüketme taraftarları ise aşağıdaki sebeplerden dolayı etiketlemeye karşıdırlar [2]: (i) Etiketleme, GDO'lar hakkında kötü imaj uyandırabilir, geleneksel gıdalardan farklı olarak etiketli GDO'ların farklı etkilere sahip olduğu düşünülerek yanlış anlamalara yol açabilir ve tüketiciler bu konuda tedirgin edilebilir, (ii) Gıda olarak tüketilecek olan GDO'lar aynı zamanda gıda karışımında da bulunabileceğinden etiketlenmenin bütün gıda zincirinde devam ettirilmesi gerekir. Bu durum büyük bir güçlüğü beraberinde getirecektir, (iii) Etiketleme maliyetinden dolayı bu ürünler pahalı olabilir.

4.5. Çevresel Kaygılar

GDO'ların çevre üzerinde doğrudan ya da dolaylı olarak olumsuz etkileri ve özellikle türler arasındaki gen kaçışının doğal ekosistemde oluşturacağı riskler yaygın olarak tartışılmaktadır. Bitkiler arasında gen alışverişi hayvanlara göre daha kolay olduğundan gen kaçışı, genetiği değiştirilmiş bitkilerin barındırdığı en önemli risktir [12]. Çevreciler, genetiği değiştirilmiş ürünlerin geniş bir alanda ekimi yapıldığı zaman çevresel risklerinin olacağı konusunda kaygı duymaktadırlar [2]. GD bitkiler, doğal türlerle rekabet ederek onların ortadan kalkmasına da neden olabilirler [19]. Ayrıca çapraz tozlaşma sırasında bitkilere aktarılan yeni genetik özelliklerin doğal türlere, yabani türlere ve böceklerle kaçışı söz konusu olabilir. Aynı durum ıslah yöntemleriyle elde edilmiş bitki türleri için geçerli olsa da herbisitlere dayanıklılık veya böcek öldürücü toksin üretmek üzere bitkilere aktarılan genlerin çapraz tozlaşma ile yabani türlere geçmesi durumunda çok zor ortadan kaldırılabilecek süper yabani türler oluşabilir [2, 12, 31]. GD bitkilerin çürümesi sürecinde ise yıkılan bitki DNA'ları ile birlikte çeşitli dayanıklılık genleri toprak mikroorganizmaları tarafından alınabilirler [12, 31].

GD bitkilerin yakın gelecekte herbisit, pestisit ve suni gübre kullanımını azaltacağı düşünülse de uzun vadede dirençli yabani ot ve böceklerin ortaya çıkmasına neden olabileceği düşünülebilir. Bu durum tarımsal kimyasallara (herbisit, pestisit ve gübreler) olan bağlılığı daha da artırarak çevresel kirliliğin de artmasına neden olabileceği ileri sürülmüştür [6, 7, 8].

4.6. Biyolojik ve Genetik Çeşitliliğin Tehdidi

Çevre açısından ciddi tehlikelerden biri genetiği değiştirilmiş bitkilerin çevreye saldıktan sonra doğal türlerde genetik çeşitliliğin kaybına, ekosistemdeki tür dağılımının ve dengenin bozularak genetik kaynakları oluşturan yabani türlerin doğal evolüsyondan sapmalarına neden olabileceğidir. Bu açıdan genetik kaynakları zengin ülkelerin gen kaynakları (ülkemiz de bu ülkeler arasındadır) tehdit altına girmiştir [9]. GDO eleştiricileri, birkaç ürün çeşidinin evrensel olarak benimsenmesini destekleyen mevcut zirai uygulamalarla ürün genetik çeşitliliğinin tehlikeye atıldığını ve genetiği değiştirilmiş ürünlerin ticaretinin, zaten tehlike altında olan genetik çeşitlilik için yeni bir tehdit oluşturacağını düşünmektedir [2]. Genetiği değiştirilmiş bitki türleri ile rekabet edemeyen doğal türlerin hızla kaybolması genetik çeşitliliğin yanı sıra biyolojik çeşitliliği de tehdit etmektedir [15]. Dünya

yüzeyindeki karasal biyoçeşitliliğin yaklaşık % 80'inin gen aktarımı teknolojisi için gereken hammaddeleri sağlayabilen ülkelerde olması ise tehdidin farklı bir boyutudur [9].

4.7. Çeşitli Grupların Kaygıları ve Dini, Kültürel ve Etik Kaygılar

Hayvan hakları grupları, hayvanlarla yapılan genetik mühendisliğinin ve klonlamanın her şekline ve araştırmalarda hayvan kullanımına şiddetle karşı çıkmaktadırlar [2]. Organik tarımcılar ise etiketleme olmamasından dolayı GDO gıdaların organik gıdaları örteceğinden ve insanların organik gıdalara ulaşmasının güçleşeceğinden korkmaktadır [2].

Bazı insanlar, tüketici seçme hakkının ihlali, GDO'ların doğal benzerlerinden ayırt edilememesinin yanı sıra kişisel, etik, kültürel ve estetik sebeplerle GD gıdalara karşı çıkmaktadır. Genetiği değiştirilmiş ürünler bazı inanışlarda etik sorunlara da neden olmaktadır. Örneğin; Müslümanlar, Hindular ve Yahudiler gibi bazı inanç grupları, içinde böcek, hayvan ve insan geni olan meyve ve sebzelerden uzak durmak istemektedirler. Özel dinsel yiyecek kuralları olan Müslümanlar ve Yahudiler, genetik olarak değiştirilmiş gıdaların dinsel kısıtlamalarına aykırı olmadığından emin olmak istemektedirler. Örneğin; hem Müslümanlar hem de Yahudiler domuz geni taşıyan tahıllara karşıdır ve genellikle helal ve koşher gıdalarda bu özelliğin olmamasında ısrarlıdırlar. Benzer şekilde bazı vejetaryenler, hayvan geni içeren meyve ve sebzelere karşı olabilmektedirler [2, 6, 7, 8].

4.8. Bilinmeyen Korkular

Tüketiciler aynı zamanda öldürücü mikroorganizmalar veya süper bitkilerin alan denemeleri ve alan testleri sırasında serbest kalabileceği ve biyoteknoloji laboratuvarlarındaki kazaların insan ve hayvan popülasyonunu tehdit eden toksik ajanlar, zehirler veya biyolojik toksinlerin serbest kalmasına yol açabileceği gerçek bir "bilinmeyen korkulara" sahiptirler [2].

5. SONUÇ

Dünyada genetik yapısı değiştirilmiş canlıların ve bunlardan elde edilen gıdaların dağılımı hızla artmaktadır. Mısır ve soyadan üretilen yağ, un, nişasta, glikoz şurubu, sakkaroz, fruktoz içeren gıdalar; bisküvi, kraker, pudingler, bitkisel yağlar, bebek mamaları, şekerlemeler, çikolata ve gosssfretler, hazır çorbalar, mısır ve soyayı yem olarak tüketen tavuk ve benzeri hayvanlardan elde edilen gıdalar ile pamuk GDO'lu olma riski taşıyan tarımsal ürünlerin başında gelmektedir [15]. Bu ürünlerin özellikle insan sağlığı üzerinde kısa ve uzun dönemde oluşturacağı etkiler ise yeterince bilinmemektedir. Ayrıca bu ürünlerin genetik çeşitliliği tehdit etmesi durumunda geri dönüşü olmayan bir sürece de girilmiş olacaktır. Tüm bu nedenlerle bu tür ürünler yeterli bilimsel araştırmalar yapıldıktan sonra tüketime sunulmalı ve ayrıca kullanımları yasal çerçevede sürekli kontrol edilmelidir.

6. KAYNAKLAR

1. Zülal, A., Gen Aktarımlı Bitkilerin Geleceği, Bilim ve Teknik, 388, 92-94, 2000.
2. Uzogara, S.G., The Impact of Genetic Modification of Human Foods in The 21st Century, Biotechnology Advances, 18, 179-206, 2000.
3. Cellini, F., et al., Unintended Effects and Their Detection in Genetically Modified Crops, Food and Chemical Toxicology, 42, 1089-1125, 2004.
4. International Service for the Acquisition of Agri-Biotechnology Applications , <http://www.isaaa.org>, July 2005.
5. Study, Strong Growth for Biotech Crops, European Biotechnology Science&Industry News, 4 (1-2), 5, 2005.
6. Kıyak, S., Genetik Olarak Değiştirilmiş Gıdalar, Cartagena Biyogüvenlik Protokolü ve Türkiye'de Durum (1), Çevreye Genç Bakış, 4, 14-22, 2004.
7. Kıyak, S., Genetik Olarak Değiştirilmiş Gıdalar, Cartagena Biyogüvenlik Protokolü ve Türkiye'de Durum (2), Çevreye Genç Bakış, 5, 1-20, 2004.
8. Kıyak, S., Genetik Olarak Değiştirilmiş Gıdalar, Cartagena Biyogüvenlik Protokolü ve Türkiye'de Durum (3), Çevreye Genç Bakış, 6, 1-13, 2004.

9. Yanaz, S., Genetik Olarak Değiştirilmiş Organizmalar (GDO) Konusu ve Cartagena Biyogüvenlik Protokolü, T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı Dergisi, <http://www.dtm.gov.tr/ead/DTDERGI/nisan2003/genetik.htm>, 2003.
10. Ahmed, F.E., Detection of Genetically Modified Organisms in Foods, Trends in Biotechnology, 20 (5), 215-223, 2002.
11. Whitney, S.L., et al., "This Food May Contain..." What Nurses Should Know About Genetically Engineered Foods, Nursing Outlook, 52 (5), 262-266, 2004.
12. Tüysüzoğlu, B.B., et al., Türkiye'de GDO, Bilim ve Teknik, 443, 36-43, 2004.
13. European Commission, European Commission Approves Monsanto's GM Maize NK603 for Food Use, European Biotechnology Science&Industry News, 3 (11), 8, 2004.
14. European Union, Study Sheds Light on GM Acceptance, European Biotechnology Science&Industry News, 4 (1-2), 8, 2005.
15. Günaydın, G., GDO: Ne'dir O?, Popüler Bilim, 130, 32-36, 2004.
16. Gözükırmızı, N., Bitkilere Gen Transfer Yöntemi ve Transgenik Analizleri, <http://www.istanbul.edu.tr/fen/mbg/Bitkilere%20Gen%20Transfer%20Yontemleri.htm>, 2005.
17. Hemmer, W., Foods Derived from Genetically Modified Organisms and Detection Methods, BATS, <http://www.bats.ch>, 2005.
18. Topal, Ş., Genetik Değiştirme İşlemleri ve Biyogüvenlik, Buğday, 26, <http://www.bugday.org>, 2004.
19. Zülal, A., Gen Aktarımlı Tarım Ürünleri, Bilim ve Teknik, 426, 38-43, 2003.
20. Genetically Modified Organisms (Online Textbook), http://www.learner.org/channel/courses/biology/textbook/gmo/gmo_1.html, 2005.
21. Turgut-Balık, D., et al., Cloning and Sequence Analysis of Lactate Dehydrogenase Gene from Human Malaria Parasite *Plasmodium vivax*, Biotechnology Letters, 26, 1051-1055, 2004.
22. Arda, M., Biyoteknoloji (Bazı Temel İlkeler), KÜKEM Derneği Bilimsel Yayınları No:3, Ankara, 1995.
23. Arat, S., Transgenik Hayvan Üretiminde Kullanılan Teknikler (Mikroenjeksiyon, Embriyonik Kök Hücre Teknolojisi ve Nükleer Transfer) ve Transgenik Hayvanların Kullanım Alanları, Biyolojik Bilimlerde Araştırma Yöntemleri Yaz Okulu Bilimsel Programı, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Eubiyoloji Toplantısı, Ege Üniversitesi, İzmir, 2002.
24. Hails, R.S., Genetically Modified Plants-The Debate Continues, TREE, 15 (1), 14-18, 2000.
25. Genetik Modifiye Organizmalar, "Avrupa Ülkelerine Yaş Meyve Sebze İhracatının Artırılması Projesi" Çalışma Grubu, <http://www.aib.org.tr/html>, 2005.
26. Kuiper, H.A., et al., Concluding Remarks, Food and Chemical Toxicology, 42, 1195-1202, 2004.
27. Van Den Eede, G., et al., The Relevance of Gene Transfer to The Safety of Food and Feed Derived From Genetically Modified (GM) Plants, Food and Chemical Toxicology, 42, 1127-1156, 2004.
28. Genetiği Değiştirilmiş Organizmalara Hayır!, GDOya Hayır Platformu, <http://www.gdoyahayir.org/makaleler.html>, 2005.
29. Einspanier, R. et al., The Fate of Forage Plant DNA in Farm Animals: A Collaborative Case-Study Investigating Cattle and Chicken Fed Recombinant Plant Material, European Food Research and Technology, 212, 129-134, 2001.
30. Schubert, R. et al., Foreign (M13) DNA Ingested by Mice Reaches Peripheral Leukocytes, Spleen, and Liver Via The Intestinal Wall Mucosa And Can Be Covalently Linked To Mouse DNA, Proceedings of The National Academy of Sciences of The United States of America, 94, 961-966, 1997.
31. Fagan, J.B., Genetically Engineered Food-A Serious Health Risk., <http://www.netlink.de/gen/fagan.html>, 2005.
32. Terminator Technology for Transgenic Crops, Virginia Cooperative Extension, <http://filebox.vt.edu/cals/cses/chagedor/terminator.html>, 2005.