



Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar İnsan Sağlığı ve Çevre İçin Güvenli mi?

Are Genetically Modified Organisms Safe for Human Health and the Environment?

Suzan ELPE

SE: [0000-0002-2268-0874](https://doi.org/10.46629/JMS.2021.52)

Diyetisyen, Ota Jinemed Hastanesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul-Türkiye

Öz

Biyoteknolojinin ilerlemesiyle Genetiği Değiştirilmiş Organizmaların (GDO) üretimi ve gündelik yaşamda kullanımı hızla artmış olup bu ürünlerin açlığa ve endüstriyel tarımın yarattığı sorunlara karşı bir çözüm olabileceği düşünülmüştür. Günümüzde üretim metotları geliştirilirken, yararları ve kısa/uzun dönemde zararları sorgulanmaktadır. Bu konuda yapılmış bazı araştırmalarda GDO tüketilmesinin alerjik reaksiyonlara neden olabileceği, yatay gen transferi olasılığının da insan sağlığına uzun dönemde zarar verebileceği endişeleri mevcuttur. Doğada ise biyoçeşitliliğin azalmasına neden olarak çevreyi olumsuz yönde etkileme olasılığı bulunmaktadır. Diğer taraftan, GDO'ların bazılarının hızlı, yüksek miktarlarda ve düşük maliyetle üretiminin yiyecek bulma sıkıntısı çeken bölgelerde yararlı olabileceği öngörülmektedir. Henüz göreceli olarak kısa bir geçmişe sahip bu ürünlerle ilgili araştırma sayısının artması ve kamuoyunun bilimsel kanıtlarla bilgilendirilmesi gerekmektedir. Bu derlemede günümüze değin yapılan araştırmalar ışığında GDO'ların insan ve çevre sağlığına etkileri incelenmiştir.

Anahtar sözcükler: Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar; sağlık, tarım, çevre güvenliği

Abstract

With the advancement of biotechnology, the production and use of Genetically Modified Organisms (GMOs) in daily life has increased rapidly, and these products have been considered as a solution to hunger and the problems caused by industrial agriculture. Today, production methods, benefits and short / long term effects of GMOs are questioned. There are concerns regarding allergic reactions and the possibility of horizontal gene transfer that may harm human health in the long term. It is also postulated that they may affect the environment negatively by causing a decrease in biodiversity. On the other hand, as some GMOs can be produced quickly in high amounts and at low cost, may be beneficial in regions that have difficulty finding food. Research on these products, which have a relatively short history, should increase and the public should be informed with scientific evidence. In this review, the effects of GMOs on human and environmental health have been examined in the light of the recent studies.

Keywords: Genetically Modified Organisms; health, agriculture, environmental safety

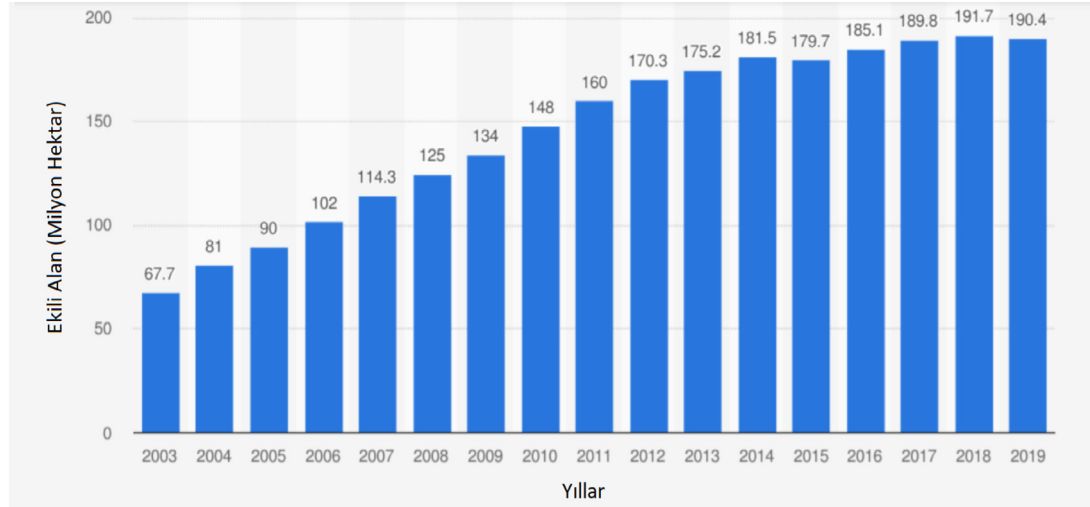
GİRİŞ

II.Dünya Savaşı'ndan sonra görülen hızlı nüfus artışı, bu nüfusu besleme konusunda oluşan endişelere ve tarımdan daha yüksek verim elde etme çalışmalarına neden olmuştur. Bu amaçla üretilen tarım ilaçları, kimyasal gübreler ve aşırı su kullanımı, çevre ve insan sağlığını olumsuz etkileyen "Yeşil Devrimi (1965-1985)" başlatmıştır. Tohum ıslahı teknikleri ile daha kaliteli ve dayanıklı tohumlar geliştirilmişse de yöntemler yavaş ve pahalı olduğu için

daha iyi ve ekonomik yeni ürünleri geliştirme çabaları devam etmiştir. Gelişen genetik mühendisliği teknikleri ile ikinci adım yani "Biyoteknoloji Devrimi" başlamış ve daha kısa sürede, kaliteli ve ucuz tohumlar elde edilmiştir (1,2). "Rekombinant DNA Teknolojisi" olarak adlandırılan bu teknik ile transgenik bitkiler ve hayvanlar elde edilmektedir.

Biyoteknolojik yöntemler kullanılarak kendi türü dışındaki bir canlıdan gen(ler) aktarılarak kalıtsal özellik-

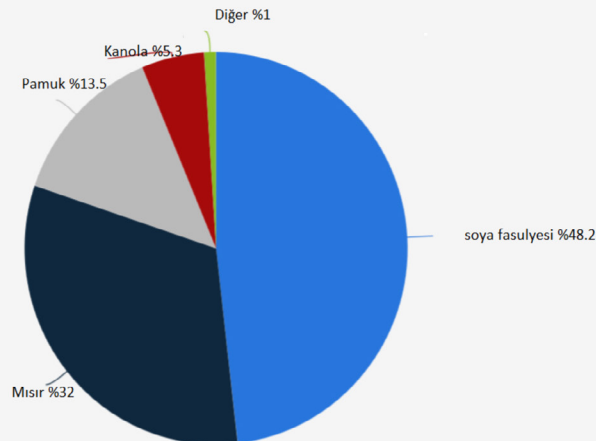


Şekil 1. 2003-2019 Dünya üzerinde GDO ekili olan (Kaynak: Statista.com, 2021) (6)

leri değişikliğe uğratılmış bitki, hayvan ve mikroorganizmalara "Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar (GDO)" denilmektedir (3). Genetik mühendisliğinin ilk çalışmaları 1960'lı yıllarda başlamıştır. 1982'de rekombinant DNA Teknolojisi ile üretilen insülin hormonu Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) izniyle satışa sunulmuş, 1986'da ilk rekombinant aşı olan Hepatit B aşısı geliştirilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), 1990'larda GDO'lar üzerinde standartlar ve denetimler geliştirmeye başlamıştır. İlk transgenik domates (FlaverSavr) 1994 yılında DSÖ tarafından onaylanmış, 1996 yılında ticari amaçlı transgenik

bitkiler büyük ölçeklerde ekilmeye başlanmıştır. 1997'de koyun (Dolly) klonlanmış, 2000 yılında Altın Pirinç (beta karoten içeren) geliştirilmiştir (4). Hızla ilerleyen bu teknoloji ile 2018'de Çin'de CRISPR-cas9 tekniği kullanılarak ilk genetik tasarımı bebekler dünyaya getirilmiştir (5). Bu konudaki en son çalışmalar coronavirus aşılıları üzerinedir.

Dünya üzerinde transgenik bitkilerin ekim alanları artmaktadır; 1996'da 1,7 milyon hektar GDO ekili alan varken 2019'da bu alan 190,4 milyon hektara ulaşmıştır (Şekil 1) (6). 2019 yılı verilerine göre Dünyada GDO

Şekil 1. Dünyada 2019 yılında en çok ekilen transgenik bitkiler (Kaynak Statista.com, 2021) (8)

ekimi yapan ülkelerin başında ABD (71,5 milyon hektar) gelmekte, onu 52,8 milyon hektarla Brezilya, 24 milyon hektarla Arjantin, 12,5 milyon hektarla Kanada ve 11,9 milyon hektarla Hindistan izlemektedir (7). En çok ekilen ürün %48,2 ile soya fasulyesidir ve bunu %32 oranında mısır, %13,5 ile pamuk ve %5,3 ile de kanola bitkisi takip etmektedir (Şekil 2) (8).

Gen Transfer Yöntemleri

Bitkilere gen transferi doğrudan veya dolaylı olmak üzere iki yolla gerçekleşmektedir.

Dolaylı gen transferi; toprakta yaşayan ve bitkiyi infekte ederek tümör oluşumuna neden olan *Agrobacterium tumefaciens* bakterisi aracılığı ile yapılmaktadır. Bakteri DNA'sında bulunan tümör genleri (T plasmid) kesici enzimler ile çıkartılır ve istenilen özelliğe sahip olan gen bu bölgeye aktarıldıktan sonra tekrar bakteri içerisine konulur. Yabancı geni taşıyan bakteri, bitki hücrelerinin kromozomları ile birleştirildikten sonra bitkinin çoğalması ve büyümesi sağlar (1,9). İlk bulunduğu bu bakteri sadece iki çenekli bitkilerde (tütün, fasulye gibi) kullanılabilmiş, sonraki yıllarda farklı teknikler geliştirilerek tüm bitkilerde kullanımı sağlanmıştır (1).

Doğrudan gen transferi birçok yolla mümkündür; partikül veya gen tabancası (biyolistik), mikroenjeksiyon ve protoplastlara gen aktarımı en sık kullanılan yöntemlerdir. Gen tabancası ile gen aktarımında; 2 mikron çapındaki taşıyıcı disk, ağır metal (platin, tungsten, tercihan altın) partiküllerine bağlanmış istenen gen ile kaplanır ve bu mikro mermiler mekanik kuvvet uygulanarak bitki dokusuna atışılır. Yüzeye çarpmasıyla serbest kalan transgenler konak DNA ile kaynaşır (10,11). Bu yöntem oldukça pahalıdır, işlem sürecinde hücreler veya DNA hasar görebilir. Transgenlerin çoklu kopyaları oluşabileceğinden sürekli optimizasyon gerekir (11).

Mikroenjeksiyon yönteminde, istenen gen mikroskop altında hedef hücreye injeksiyonla aktarılır. Son derece güvenli olmasına rağmen zor ve yavaş bir yöntemdir (11). Protoplastlara gen transferinde ise yüksek voltajlı elektrik akımı veya kimyasal maddelerle DNA'nın geçebileceği büyüklükte gözenekler açılarak transgenik bitkiler oluşturulur. Zahmetli ve verimi düşük bir yöntemdir (11).

GDO'lu Ürünlerin Kullanım Alanları

Biyoteknoloji ve GDO'lu ürünler farklı renk kodları ile ifade edilen çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bunların başlıcaları;

tıp, tarım ve hayvancılık, gıda, çevre ve endüstridir (12,13).

Kırmızı Biyoteknoloji: Tıp ve sağlık alanındaki çalışmaları içermektedir. Gen terapisi, organ naklini kolaylaştırmak için yapay organ ve doku üretimi, antibiyotik, aşı, hormon üretimi, yeni ilaçların geliştirilmesi, tanı koyma ve tedavi için geliştirilen yöntemler kırmızı biyoteknolojinin alanıdır (14).

Sarı Biyoteknoloji: Gıda teknolojisi ve beslenme bilimi ile ilintilidir. Emülgatörler, tatlandırıcılar, enzimler, lezzet artırıcılar, renk vericiler, yapı koruyucular ve ürünü beslenme açısından daha zengin ve kaliteli hale getirmek için yapılan çalışmalarıdır.

Yeşil Biyoteknoloji: Tarım alanındaki gelişmeler bu teknolojinin ilgi alanına girer. Tarım ürünlerinin kalitesinin artırılması, hastalık etmenlerine ve zararlılara karşı korunması, olumsuz çevre şartlarına karşı ürünün daha dayanıklı hale getirilmesi, geç olgunlaşmayı sağlayarak üretimin daha uzun sürelere yayılması ve raf ömrünün uzatılması bu alanın çalışmaları içine girer. Bütün bunlarda asıl hedef zirai ilaç ve kimyasal gübre kullanımını azaltarak su kaynaklarının kirlenmesinin önüne geçmek ve hızla artan nüfusa yetebilecek üretimi gerçekleştirebilmektir (13).

Beşiz Biyoteknoloji endüstri alanında, **Mavi Biyoteknoloji** ise denizlerde çalışmalar yapar. Deniz ürünlerinin ham madde olarak kullanıldığı besin takviyeleri, yeni ilaçlar, kozmetik ürünler, biyoyakıt vs. gibi ürünler geliştirilmektedir (13,15).

Biyoteknolojide Mikroorganizmalar

Gen Biyoteknolojisi mikroorganizmaları, hayvanları ve bitkileri kullanarak sorunlara çözüm arar. Bu teknolojinin en zengin hazinesi hızlı çoğalma özelliğine sahip olan mikroorganizmalardır. Sağlık alanında kullanılan antibiyotikler, aşular, koenzimler, organik asitler, vitaminler, hormonlar ve pigmentler mikroorganizmalar yardımıyla üretilmektedir (16).

Biyoteknolojide Hayvanlar

Biyoteknolojide hayvanların kullanılmasındaki amaçlar ise aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Belirli bir hastalığa sahip olan hayvanların genlerini değiştirerek veya dışarıdan gen ekleyerek tedavilerini sağlamak,
- Transgenik hayvanlardan birçok hastalığın tedavisi için etkili olan proteinleri sağlamak,
- Organ nakli için kaynak yaratmak,

- Besin kaynaklarının çoğaltılması (örn. somon balığı üretimi),
- Daha kaliteli et, süt, yumurta, yün elde etmek,
- Hastalıklara karşı daha dayanıklı hayvanlar yetiştirmek ve çiftlik hayvanlarını üretilen rekombinant aşılarda aşılayarak sağlıklarını korumak,
- Nesli tükenen hayvanları klonlayarak çoğalmalarını sağlamak (16).

1996 yılında klonlanan "Dolly" koyun sayesinde üstün niteliklere sahip hayvanların dölleyiciye gerek kalmadan üretilmesi gerçekleştirilmiştir.

Biyoteknolojide en yaygın olarak; az sayıda gene sahip, kolay üreyen ve kısa ömürlü olma özelliği ile araştırmaları kolaylaştıran meyve sinekleri (*Drosophila melanogaster*) kullanılmaktadır.

Sivrisineklerle yapılan çalışmalar da dikkat çekmektedir. Sivrisineklerin neden olduğu salgınlar, özellikle II. Dünya Savaşı'ndan sonra sorun haline gelmiştir. Sivrisinekler her yıl 700 milyon kişinin hastalanmasına ve yaklaşık 2 milyon kişinin ölümüne neden olmaktadır. DSÖ'nün verilerine göre 2016 yılında sadece sıtmadan 445.000 kişi hayatını kaybetmiştir. Sivrisineklerle taşınan Sarı humma, Deng humması, sıtma ve Batı Nil virüsü ile mücadele için (Afrika ve Asya da görülmektedir) DNA'ları değiştirilip kısırlaştırılan 3 milyon erkek sivrisinek 2010 yılında Cayman Adası'na bırakılmış ve kısa sürede hastalığa yol açan sivrisinek sayıları %80 oranında düşmüş ve Deng Humması azalmıştır (17,18). Son yıllarda, virüsü taşıyanların seyahat etmeleri nedeniyle ABD'de artan Zika, Deng humması ve sarı hummanın önüne geçmek için pilot bölge olarak seçilen Florida Eyaleti'nde 2021-2022 yılları arasında 750 milyon transgenik sivrisineğin doğaya bırakılmasına karar verilmiştir (19).

Sığır, keçi, domuz gibi hayvanların da yapılarına rekombinant DNA teknolojisiyle yabancı genler ilave edilerek çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Kas hücrelerinin ve süt veriminin artırılması, anne sütüne benzer özellikler gösteren süt üretimi, kazeinden zengin sütler ve laktozsuz süt üretimi gibi çalışmalar bunların arasında sayılabilir. Ayrıca insan kaynaklı genler hayvanların embriyolarına transfer edilerek, hayvanların kanından veya sütlerinden hastalık tedavisinde kullanılan maddeler (örn. kan pıhtılaşma faktörü, proteinler vb) elde edilmiştir (20).

Bu alandaki önemli çalışmaların biri de balıklar üzerinedir. Atlantik somonuna soğuk havalara dayanması için anti-freeze geni, kutuplarda yaşayan *ocean pout* balığın-

dan ve daha hızlı büyüebilmeleri için de *chinook* somonundan genler ilave edilerek *AquAdvantage* adı verilen transgenik balık üretilmiştir. 2015 yılında FDA tarafından onaylanmasının ardından Kanadada satışa sunulmuştur (21).

Biyoteknolojide Bitkiler

Bitkilerle yapılan çalışmalar ise üç alanda sürmektedir:

Birinci Nesil Genetiği Değiştirilmiş (GD) Bitkiler: Böceklerle, yabancı ot ilaçlarına (herbisit), hastalık etmenlerine ve çevresel stres koşullarına karşı dayanıklılığı güçlendiren genler bitkilere yerleştirilerek ürünün verimliliği artırılmaktadır (22).

Tarlalarda kolayca yayılan ve mücadele edilmesi güç yabancı otları yok etmek için herbisitler kullanılmakta, ancak ürünün kendisi de zarar gördüğü için kayıplara neden olmaktadır. *Streptomyces hygroscopicus* bakterisinden klonlanan bar geni bitkilere aktararak, herbisiti parçalayan enzim üretimi sağlanmış, herbisitlere karşı dayanıklı, ilaçlamalardan zarar görmeyen GD bitkiler geliştirilmiştir (1).

Böceklerle karşı dayanıklı GD bitkiler; böceklerin neden olduğu hasarları azaltmak, hastalıkların taşınmasını ve yayılmasını engellemek üzere planlanmışlardır. *Bacillus thuringiensis* (Bt) bakterisinden kopyalanarak aktarılan *crystalline* (cry, kristal) geni ile zararlı böceklerle karşı dayanıklı bitkiler üretilmektedir. Bitkide üretilen endotoksinler böceklerin sindirim sistemine zarar vererek ölümlerine neden olmaktadır. Böylece üretimde kullanılan pestisit miktarı azaltılabilmektedir. Bt proteini mısır-pamuk kurdu, patates böceği gibi böceklerle karşı toksiktir, ancak insanda zararlı değildir ve mide asidi ile parçalanmaktadır (1,23).

Strese dayanıklı GD bitkiler; soğuk, kuraklık, yüksek tuz oranı gibi üretime elverişli olmayan ortamlarda bile yetiştirilebilen bitkilerdir. Örneğin kuraklığa karşı *Bacillus subtilis* bakterisinden kopyalanan soğuk şok geni (cspB) ile üretilen transgenik mısır ve şeker pancarı üretimi 2013 yılından beri yapılmaktadır. Soğuğa dayanması amacıyla da bitkinin kloroplast membranının lipitlerle doyurulmasını sağlayan genler ilave edilmektedir (1,23). Meyve ve sebzelerin depo ve transferleri sırasında istenmeyen zedelenme, yumuşama, tat ve koku kaybı gibi fizyolojik değişimler içlerindeki enzim aktivitelerinden kaynaklanmaktadır. Poligalakturonaz enzim aktivitesi "antisens" geni ile inhibe edilerek olgunlaşmayı sağlayan

etilen hormon üretimi azaltılmakta ve yeşil domateslerin yumuşamadan yapısı korunabilmektedir. Daha sonra satışa yakın aşamada dışarıdan verilen etilen gazı ile olgunlaşmaları sağlanmaktadır (23,24).

Methalotionein genlerinin tütün bitkisine aktarılmasıyla kadmiyuma karşı tolerans elde edilmiştir (23).

İkinci Nesil GD Bitkiler: Ürünün kalitesini ve verimi artırmak amaçlı yapılan çalışmalardır. Örneğin, karbonhidrat içeriği artırılmış domatesler ketçap ve domates sosu yapımına daha elverişlidir; nişasta içeriği artırılmış patatesler daha az yağ çeker, pişme süreleri ve maliyetleri daha azdır. Doymuş yağ oranı düşük doymamış yağ oranı yüksek yağlar hem sağlık açısından daha iyi hem de yüksek sıcaklığa daha dayanıklıdır. Bu nedenle kanola, soya, ayçiçeği gibi yağların doymamış yağ oranlarını arttırmak için genetikleri değiştirilmiştir. 2014 yılında yabani bir patates türünden aktarılan genle, kesildiğinde kararmayan, yüksek sıcaklıkta daha az akrilamid oluşturan bir transgenik patates türüne üretim izni alınmıştır (25). Bu gruptaki en iyi bilinen ürün ise altın pirinçtir. Pirinçin çok tüketildiği Asya'da yüksek oranda görülen A vitamini eksikliği ve buna bağlı körlüğü düzeltmek amacı ile transgenik pirinçin beta karoten içeriği artırılmıştır. İstenilen sonuç elde edilemeyince 2005 yılında ilkine göre yirmi kat daha fazla betakaroten içeren Altın Pirinç II çeşidi geliştirilmiştir (2).

Üçüncü Nesil GD Bitkiler: Aşı, ilaç veya biyoyakıt üretimi için araştırma aşamasındaki bitkilerdir (1).

GDO'nun Potansiyel Zararları

Alerji

Üzerinde en çok tartışılan konulardan biridir. Bir besinin alerjik özelliğini kodlayan gen başka bir besine transfer edildiğinde besinin alerjik özelliği artabilir veya yeni alerjik proteinler ortaya çıkabilir. Güvenli olduğunu düşündüğü bu besini tüketmek alerjik kişiler için önemli bir sorun oluşturabilir (26). 1996'da metioninden fakir soya, Brezilya fıncığından alınan 2S geni ile zenginleştirilmek istenmiş ancak oluşan yeni transgenik soya Brezilya fıncığı alerjisi olan kişilerde sorun yaratmış ve satışa sunulmasından vazgeçilmiştir (3,27). İngiltere'de transgenik soya tüketimi ile soya alerjilerinin %50 oranında arttığı; Hindistan'da ise Bt toksini içeren pamuğu toplayan/fabrikada işleyen işçilerde göz, deri ve üst solunum yollarında alerjilerde artış saptanmıştır (26). Soğuk havalarda hayatta kalmayı sağlayan çeşitli balık ve böceklerden elde edilen antifriz proteinler, dondurulmuş etlerin saklanması ve dondurma üretiminde kristalleşmeyi önlemek için besin sanayisinde kullanılmaktadır. Bu ürünleri tüketen

ve balık alerjisi olan kişilerde sorun yaşanabileceği dikkate alınmalıdır. Diğer taraftan, bazı besinlerin alerjik özellikleri GDO sayesinde azaltılabilir (27). Örneğin, inek sütüne alerjisi olan çocuklar için hipoalerjenik mama üretimi bu teknikle gerçekleştirilmiştir (27).

FDA, geleneksel metotla üretilen besinlere karşı alerji yoksa o besinin transgenik olanının da alerjiye neden olmayacağını belirtmiştir (28). Biyoteknoloji kullanılarak geliştirilmiş ürünlerde süt, yumurta, buğday, balık, kabuklu deniz ürünleri, soya, yer veya ağaç fıstığı gibi yüksek alerjen özelliği olan besin kullanılmışsa FDA bu gıdanın özel etiket taşımaması şart koşar (29). Transgenik ürünler klasik ürünlere göre daha çok risk analizine tabi tutulduklarından alerji oluşturma olasılıkları daha düşüktür (30). DSÖ prensip olarak genin alerjenik olmadığı kanıtlanmadıkça transfer edilmemesini tavsiye etmekte ve şu anda piyasada bulunan GDO'lu gıdalarda alerjik etki bulunmadığını açıklamaktadır (31).

Antibiyotik Direnci

GDO'lu besinlerin üretiminde genin aktarılıp aktarılmadığını belirlemek önemlidir ve bunun için işaretleyici genler kullanılmaktadır. İşaretleyici gen olarak genellikle antibiyotik direnç genleri kullanılır ve aktarılmak istenen genlerle birlikte ürüne aktarılır. Sonrasında ürüne antibiyotik uygulanır. Gen aktarımı başarılı olanlar antibiyotiğe dirençli olduğu için yaşamaya devam ederken diğerleri ölür. Böylece gen aktarımının başarılı olduğu organizmalar seçilmiş olur. Ancak bu amaçla kullanılan antibiyotik direnç genleri insan veya hayvanlardan diğer patojen bakterilere yatay geçiş yaparak tedavide kullanılan antibiyotiklere direnç gelişmesine neden olabilir (3,26). Bu nedenle, DSÖ 2004 yılında işaretleyici gen olarak antibiyotik direnç genlerinin değil başka genlerin kullanılması yönünde tavsiye kararı almıştır. Ancak halen bazı merkezlerde bunların kullanımı devam etmektedir. FDA, sindirim sisteminde proteinlerin ve DNA'nın parçalanması nedeniyle böyle bir geçişin olmayacağını belirtmektedir (32). Yapılan bilimsel çalışmalarda da transgenik bitkilerden gen transferi ihtimalinin yok denecek kadar az olduğu gösterilmiştir. 2007 yılında Avrupa İlaç Ajansı Uzman Komitesi, transgenik ürünlerde kullanılan antibiyotik direnç geni nptII'nin, insan sağlığında kullanılan antibiyotikler farklı olduğu için, geçiş olsa bile dirence yol açmayacağını belirtmiştir (30).

Toksisite

Pestisit üreten bitkilerdeki endotoksinler ve terminatör genler dokularda birikerek veya hücrelerin enzim ve proteinlerinde değişimlere yol açarak toksik etki gösterebilir (3,26).

1998 yılında yapılan araştırmada Bt transgenik patateslerle beslenen farelerin ince bağırsaklarında proliferasyon gözlenmiş ve nedeni tam olarak anlaşılmasa da patatesin değişen proteinlerinin ve enzimlerin toksik etkisi sonucu olabileceği bildirilmiştir (33). 2007 yılında yapılan araştırmada transgenik mısır ile beslenen farelerin karaciğerlerinde yağlanma görülmüş ve doz arttıkça sorun daha da artmıştır (34). Buna karşın, başka bir çalışmada Bt mısır ile 92 gün beslenen fareler geleneksel mısırla beslenen farelerle karşılaştırılmış, klinik veya toksikolojik önemli bir değişiklik saptanamamıştır (35).

Mikotoksin kirliliği tahıllarda önemli bir sorundur. Böceklerin neden olduğu hasarlarla bitkiye giren mantarlar mikotoksin üretimine neden olabilir ve bu bitkileri tüketen insan ve hayvanlarda sağlık sorunlarına yol açabilir. GDO'lu bitkiler böceklerin verdiği zararı önleyerek mikotoksin kirliliğini azaltmaktadır (36). Bu da GDO kullanımında olumlu bir özellik gibi gözükmektedir.

Kanser

GDO'ların doğrudan veya dolaylı olarak kanserojenik etkisi olabileceği tartışılmaktadır.

Dolaylı etkisi; herbisitlere dayanıklı oldukları için transgenik bitkilerde bolca kullanılan bromoksinil, glufosinat gibi kimyasallar kansere neden olabilir (26). Doğrudan etkisi ise yatay gen transferi şüphesidir. İnsan sindirim sisteminde GDO' larla alınan DNA'nın parçalanmadan dolaşıma geçmesiyle karsinojenik etki gösterebileceği öne sürülmüştür (33).

2015 yılında Harvard Üniversitesi son 20 yılda yapılan araştırmaların verileri ışığında GDO'lu besinlerin geleneksel besinlerden daha fazla zararlı olmadığını belirtmiştir (37). Buna karşın, GDO'lu gıdaların sağlık üzerine etkilerini araştıran çalışmaların yetersiz olduğu; alerji öyküsü olan, kronik gastrointestinal hastalığı veya immün yetmezliği bulunanlarda DNA'nın parçalanmadan dolaşıma geçme olasılığının araştırılması gerektiği belirtilmektedir (38).

Tarımsal Etkileri

Terminatör Gen Kullanımı:

Bu teknolojinin amacı tohum üretimini kontrol etmektir. Tohumun ilk hasatından sonra yeniden ekildiğinde ürün vermemesi ve steril olması sağlanmaktadır. Bu çalışmalar Terminatör Teknoloji veya Genetik Kullanımı Sınırlayıcı Teknoloji (GURT) olarak adlandırılır (1,39,40). Böylece,

tohumlar ya kısırlaştırılır ve ekildiği yıl ürün alınır ancak bir sonraki yıl için tohum oluşmaz ya da tohum kısırlaştırılmaz ama genin işlevi engellenir. Transfer edilen geni tekrar etkin hale getirebilmek için aktivatörler kullanılmaktadır (bitki tohumlarına püskürtme veya çalkalama yöntemiyle temas ettirilen kimyasallar geni aktive etme işlevi gösterebilir) (41). Olumsuz yanı çiftçinin oldukça pahalı olan tohumları her sene yeniden almak zorunda olması yani tohum şirketlerine bağımlı hale gelmeleridir. Bu da özellikle küçük çaplı çiftçilerin ayakta kalmasını zorlaştırmakta ve tekelleşme başlamaktadır (39,40). Ayrıca kullanılan kimyasalların alerjik reaksiyonlar veya zehirli bileşikler oluşturabileceği endişesi de vardır. Bir diğer endişe ise terminatör genlerin tozlaşma ile çevredeki bitkilere geçerek biyolojik çeşitliliğin azalmasına neden olabileceğidir (40,41). Birleşmiş Milletler, Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi kapsamında 2000 yılında terminatör gen teknolojisinin potansiyel risklerine dair araştırma eksikliği nedeniyle bu tohumların ticari satışının ve saha testlerinin ertelenmesini önermiştir. 2006 yılında ise Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (UNCBD)'nin COP8 toplantısında bu karar yeniden onaylanmıştır. Brezilya ve Hindistan ise bu teknolojiyi yasaklamışlardır (42).

Böcekler Etkileri:

Böcekler insektisitlere karşı dayanıklılık geliştirebilmektedir. Her geçen yıl artan GDO ekimi de böceklerde Bt genine karşı direnç gelişmesine neden olmaktadır. Bunu engellemek amacıyla Bt geni verilmiş bitkilerin yanına Bt içermeyen normal bitkiler ekilmiş (zararlı böceklerin yaşamasını izin veren), böylece bu bitkilerde bolca bulunan böceklerle, Bt toksinine maruz kalan böcekler çiftleştiğinde Bt geni çekinik olduğu için dayanıklılık geliştirmesi yavaşlatılmıştır. Bt genli ürünler yaygın kullanılmakta ise de yeni stratejiler üzerinde çalışılmaktadır (32,43). Bt tüm böcekler karşı koruyucu değildir ve bazı böcekler bu bitkiler üzerinde barınma avantajı elde ederek zarara neden olabilirler (43).

Transgenik bitkilerde Bt toksini bitkinin polenlerinde de bulunduğundan bu polenlerle beslenen diğer canlılar zarar görebilir. Kuzey Amerikada yaygın olarak bulunan kral kelebeğinin larvaları üzerine Bt'li mısır polenlerinin olumsuz etkileri gözlenmiştir. Ayrıca uğur böcekleri ve sinir kanatlılar gibi böcek cinslerinin de etkilendiğini gösteren araştırmalar vardır (44). Kral kelebekleri süt otu üzerine yumurta bırakırlar ve larvaları süt otu yaprakla-

rını yer. Tarlaların etrafında yetişen süt otlarının herbisite dayanıklı bitkiler ve herbisit kullanımına bağlı olarak azaldığı, kral kelebeklerinin de hem bu nedenle hem de doğrudan GDO'lu ekinler nedeniyle azaldığı düşünülmektedir (43). Ancak, Boyle ve ark. bu türün %80 gibi yüksek oranda azalmasının nedenlerini araştırmışlar ve düşüşün 1950'lerde başladığını tespit etmişlerdir. Bu nedenle GDO'lu ürünlerin bu konuda tek ya da en önemli suçlu olmadığı belirtilmektedir (45).

Biyolojik Çeşitliliğe Etkisi:

GDO'lu bitkilere eklenen genler yabani türlere geçerek (avantajlı genler oldukları için) çoğalabilir bu da vahşi türlerin azalmasıyla sonuçlanabilir. Ekosisteme yeni türlerin girmesi biyoistila olarak adlandırılan tehlikeye yol açabilir (46). 2004 yılında yapılan araştırmada, golf sahasına ekilen uzun ömürlü GDO'lu çimler kolay tozlaşabildiği için takip edilmiş ve bir yıl sonra ekildikleri yerden 14,5 km uzaklıktaki çimlerde bile herbisite dayanıklı genler tespit edilmiştir. Bu çalışma uzun ömürlü olmayan GDO'lu bitkilerde de aynı sorunların ortaya çıkabileceğini düşündürmüştür. Ancak, kolza, şekerpancarı, mısır, patates gibi transgenik bitkilerin ekim alanlarının yakınlarında vahşi doğada istilacılık veya kalıcılık riskinde bir artış saptanmamıştır (47).

Transgenik *AquAdvantage* somon balığının doğaya kaçması durumunda vahşi doğada hızla büyüyeceği ve diğer türlerin varlığını tehlikeye atabileceğini düşünenler olduğu gibi, doğal seçim yoluyla gelişmedikleri için vahşi ortama uyum sağlamayacağını iddia edenler de olmuştur. Bu riskler göz önüne alınarak üretici firma tarafından hem biyolojik hem de fiziksel sınırlamalarla bu balıkların doğada çoğalmalarının önüne geçilmeye çalışılmıştır. Balıkların tamamı dişidir ve karada bulunan tanklarda yetiştirilmektedir. Bitkilerde ise bu sorunun çözümü için ikinci nesil tohumlar kısırdır (48).

GDO'ların, konvansiyel tarımda kullanılan kimyasalları azaltarak toprak ve su kirliliğinin önlenmesine yardımcı olacağı düşünülmüştür. Gerçekten de bu teknolojinin kimyasal pestisit kullanımını %37 oranında azalttığı saptanmıştır (47). Ancak, uzun vadede dirençli böcek ve/veya ot oluşumu ile daha fazla pestisit kullanmak zorunda kalınacağı ve çevre kirliliğinin artacağı da öngörülmektedir (40).

Türkiye'de GDO'nun Hukuksal Durumu

GDO'ların orta ve uzun vadede insan sağlığı ve çevre üzerinde oluşturabileceği olumsuz etkileri belirlemek ve azaltmak amacıyla 1992 yılında Birleşmiş Milletler Çevre ve

Kalkınma Konferansı'nda Birleşmiş Milletler (BM) Biyolojik Çeşitlilik sözleşmesi kabul edilmiştir. Bu sözleşme gereğince 29 Ocak 2000 tarihinde Fransa'da hazırlanan Biyogüvenlik Protokolü 130 ülke tarafından kabul edilmiştir. Türkiye 24 Mayıs 2000 tarihinde bu protokolü imzalamıştır. Bu sözleşmeye ek olarak hukuki bağlayıcılığı olan düzenlemeleri içeren Cartagena Güvenlik Protokolü de imzalanmış, 24.01.2004 tarihli Resmî Gazete 'de yayınlanarak yürürlüğe konmuştur (49). 26 Eylül 2010 tarihinde ise Biyogüvenlik Kanunu yürürlüğe girmiş ve biyogüvenlik kurulu ve komitelerinin işleyişine dair yönetmelik yayınlanmıştır.

Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından yürütülen yönetmelik hükümlerine göre GDO ve ürünlerinin gıda amaçlı olarak kullanılması ve üretiminin yapılması yasaktır. Yine aynı kanun gereği bu ürünlerin bebek mamaları ile bebek ve küçük çocuk ek besinlerinde kullanılması yasaktır. Üründe %0,9 ve altında GDO tespiti bulaş olarak kabul edilmektedir. 2011 yılında Biyogüvenlik Kurulu'nun almış olduğu kararla GDO'lu soya ve mısır çeşitlerinin hayvan yemi olarak kullanımına izin verilmiştir (50). Bugün toplamda 10'u soya, 26'sı mısır olmak üzere 36 çeşit GDO'lu ürün ülkemizde yem olarak kullanılmaktadır.

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) bu yemlerle beslenen hayvanların doku, sıvı ve ürünlerinde GDO'lu DNA veya proteinlere rastlanmadığını belirtmektedir. Bu nedenle hem ülkemizde hem de Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde GDO'lu yemle beslenen çiftlik hayvanlarından elde edilen ürünlerin etiketlenme zorunluluğu yoktur (51).

Türkiye biyolojik çeşitlilik konusunda oldukça zengin bir ülkedir. Tüm Avrupa kıtasında 12500 tohumlu bitki türü varken sadece Anadolu'da 11000 tür bulunmaktadır ve bunun yaklaşık üçte biri Türkiye'ye özgüdür. Bu nedenle Türkiye'nin biyolojik çeşitliliğinin korunması ve sürdürülebilir olması tüm dünya için önemlidir (52). GDO'lu bitkilerin bitki çeşitliliği üzerinde yaratabileceği olumsuzluklar dikkate alınmalı ve biyolojik çeşitlilik ile ilgili kanunlar sıkı bir şekilde izlenmelidir (22).

Biyogüvenlik Kanunu'nun 15. Maddesi gereğince GDO ile ilgili kanunların ihlal edildiği durumlarda Cumhuriyet Savcılığı'nın kararıyla 1-12 yıla kadar hapis cezası, 200 bin Türk lirası kadar idari para cezası veya 10 bin güne kadar adli para cezası verilebilmektedir (53). 02.08.2018'den itibaren Biyogüvenlik Kurulu görev ve yetkilerini Tarım ve Orman Bakanlığı'na devretmiştir (54).

Türk toplumunun çoğu GDO'lu besinlere karşı endişe duymaktadır. Yapılan araştırmalarda GDO konusunda halkta bilgi eksikliği olduğu, çoğu kez hormonlu gıdalarla karış-

tırıldığı görülmüştür (1). Yine GDO'lu tohum ve hibrit tohum sıkça karıştırılmaktadır. Hibrit (melez) tohum; aynı bitkinin iki farklı çeşidinin çaprazlanmasıyla elde edilir, genetik bir aktarım yoktur. Tohum kısır olmamakla birlikte melez olduğu için ilk yıl maksimum verim sağlanır; sonraki yıllarda tohum giderek verimini kaybeder, standart bir kalite olmadığı için de çiftçi her yıl yeniden tohum almak zorundadır (1,55). Bu da toprağa ve çevreye uyum sağlamış atalık tohumların ne kadar değerli olduğunun göstergesidir (55).

AB'de GDO'la ilgili iki önemli kurum vardır: Avrupa komisyonu ve EFSA. EFSA, tüm GDO'lu ürünlerin insan sağlığı üzerindeki etkilerini araştıran bağımsız bir kuruluştur. AB Komisyonu halkın etik değerleri göz önüne alınarak "ihtiyat ilkesi" çerçevesinde çok sıkı kurallara bağlıdır. AB'de GDO'lu ürünlerin araştırılması, yetiştirilmesi, üretilmesi, piyasaya sürülmesi üye devletlerin kendi kararlarına bırakılmıştır. Ancak ürünlerin kullanımını onaylanmadan insan sağlığı ve çevre üzerinde oluşturabileceği tüm riskler belirlenir, bilimsel komiteler tarafından onaylanır, en fazla 10 yıl için AB'de kullanımına izin verilir ve kamuoyu bilgilendirilir. GDO'lu ürünü kullanma kararı alan devlet 30 gün içerisinde diğer tüm üye devletlere bildirim yaparak kullanıma başlar. Ürün etiketinde bunu yazmak zorundadır (%0,9'den fazla ise). Olumsuz etkiler görünmesi durumunda diğer AB ülkeleri bilgilendirilir (56).

AB ülkelerinden Fransa, Almanya, Avusturya, Yunanistan, Macaristan, Hollanda, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Bulgaristan, Polonya, Danimarka, Malta, Slovenya, İtalya ve Hırvatistan'da GDO yasaktır. Şimdiye kadar AB'de çoğu İspanya ve Portekiz'de olmak üzere sadece tek bir GD ürün (Bt mısır) yetiştirilmektedir (57).

SONUÇ

Biyoteknolojideki gelişmeler sayesinde GDO'lu ürünler artan dünya nüfusunda açlığı önleyici ve tarımın daha verimli yapılması amacıyla ortaya çıkmıştır ve hızla artmaktadır. Olumlu yanlarının yanı sıra, alerji, kanser, anti-biyotik direnç, toksisiteleri ve uzun dönem çevreye etkileri konusunda henüz bilgilerimiz yeterli değildir ve ileri araştırmalara gerek vardır.

Teşekkür: Makalenin değerlendirilmesinde ve redaksiyonunda emeği geçen Prof. Dr. Meriç Karacan ve Özlem Aslaner Kaya'ya teşekkür ederim.

Received Date/Geliş Tarihi: 06.04.2021

Accepted Date/Kabul Tarihi: 13.09.2021

Kaynaklar

1. YILMAZ, Funda. Bitkisel üretimde genetiği değiştirilmiş organizmalar ve ürünleri ile biyogüvenlik. Kalkınma Bakanlığı, 2014.
2. ÇETİNER, Selim. Genetiği değiştirilmiş organizma (GDO) nedir? sorular ve yanıtlar-1. Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi, 2010, 10.38: 40-54.
3. HASPOLAT, İraz. Genetiği değiştirilmiş organizmalar ve biyogüvenlik. Ankara Üniv Vet Fak Derg, 2012, 59: 75-80.
4. DENLİ, Muzaffer. Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar (GDO). İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları, 2012.
5. Dünyanın ilk genetik tasarımı bebekleri Çin'de doğdu. (2018, Kasım 26). BBC News/ Türkçe. <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-46341694>. Erişim Tarihi:13.11.2020.
6. Acreage of genetically modified crops worldwide from 2003 to 2019 (in million hectares). Statista.2021. [https://www.statista.com/statistics/3263292%3Bacreage-of-genetically-modified-crops-worldwide%20\(5\).pdf](https://www.statista.com/statistics/3263292%3Bacreage-of-genetically-modified-crops-worldwide%20(5).pdf). Erişim Tarihi:23.01.2021.
7. Area of genetically modified (GM) crops worldwide in 2019, by country. Statista. 2021. www.statista.com/statistics/271897/leading-countries-by-acreage-of-genetically-modified-crops/. Erişim tarihi 23.01.2021.
8. Adoption of GM technology among selected major crops worldwide in 2019, by type. Statista. 2021.<https://www.statista.com/statistics/262288/global-adoption-rate-major-biotech-crops-worldwide/>. Erişim Tarihi: 23.01.2021.
9. ÖZGÜL ARVAS, Ayşe. Genetiği değiştirilmiş bitkiler ve tarım ürünleri arasındaki yeri. Kütahya: Kütahya Dumlupınar Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019. Yüksek Lisans tezi.
10. ATTAR, Azade. Gen terapisi yöntemleri: fiziksel ve kimyasal metotlar. Turk Hij Den Biyol Derg, 2017, 74(1): 103-112.
11. KALEFETOĞLU, Tuğçe, et al. Gen Teknolojisi ve Bitkilerde Genetik Transformasyon Yöntemleri. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17.2: 377-392.
12. AVCI, Tuğba. Biyoteknolojinin renkleri. Biyomedya. 2019. <http://www.biyomedya.com/biyoteknolojinin-renkleri>. Erişim Tarihi:07.12.2020.
13. KAFARSKI, Pawel. Rainbow code of biotechnology. Chemik, 2012, 66.8: 811-816.
14. GÜL, Ülkiye Dudu. Sağlık alanında biyoteknolojik uygulamalar: Kırmızı biyoteknoloji. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2014, 1.1: 66-70.
15. AKKAYA, Alper; PAZARLIOĞLU, N. 21. yüzyılın anahtar teknolojisi: Beyaz biyoteknoloji. Kırıkkale Üniversitesi Bilimde Gelişmeler Dergisi, 2012, 1.1: 22-33.
16. MEREY, Gökçe. Biyoteknoloji ders notları.2018. http://web.hit.edu.tr/ders-notlari/gokcemerey_09.04.2018_7U4F.docx. Erişim Tarihi:09.11.2020.



17. Transgenik sinekler doğaya salındı!. (2011). <http://www.gidahareketi.org/Transgenik-Sinekler-Dogaya-Salindi-1123-haberi.aspx>. Erişim Tarihi:13.11.2020.
18. Genetically modified insect. Wikipedia. (2020). http://en.wikipedia.org/wiki/genetically_modified_insect. Erişim Tarihi:14.11.2020.
19. Genetiği değiştirilmiş 750 milyon sivrisinek Florida'da doğaya salınacak. BBC News/Türkçe. (2020). <http://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-53862381>. Erişim tarihi:13.11.2020.
20. EKINCI, Mehmet Sait, et al. Hayvansal biyoteknoloji uygulamalarında güncel gelişmeler. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 2005, 8.2: 89-95.
21. WALTZ, Emily. First genetically engineered salmon sold in Canada. Nature News, 2017, 548.7666: 148.
22. ARVAS, Yunus Emre; YILMAZ, K. A. Y. A. Genetiği Değiştirilmiş Bitkilerin Biyolojik Çeşitliliğe Potansiyel Etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 29.1: 168-177.
23. DEMİR, Ayten; SEYİS, Fatih; KURT, Orhan. Genetik yapısı değiştirilmiş organizmalar: I. Bitkiler. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi), 2006, 21.2: 249-260.
24. ULUŞIŞIK, Selman. Olgunlaşan Meyvede Dokuyu Düzenleyen Moleküler Mekanizmalar. Turkish Journal of Scientific Reviews, 2018, 11.1: 49-55.
25. HATİPOĞLU, Rüştü. Transgenik Bitkilerin Dünü, Bugünü ve Geleceği. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2016, 25.ÖZEL SAYI-2: 346-356.
26. ŞEN, Selen; ALTINKAYNAK, Sevin. Genetiği değiştirilmiş gıdalar ve potansiyel sağlık riskleri. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2014, 18.1: 31-38.
27. ÇETİNKAYA¹, Pınar Gür; SOYER, Özge Uysal; ŞAHİNER, Ümit Murat. Genetiği değiştirilmiş organizmalar ve alerji arasındaki ilişki. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi, 2015, 58: 166-170.
28. GMO's and your health. FDA. (2020). <https://www.fda.gov/media/135280/download>. Erişim Tarihi:16.12.2020.
29. CHİN, Mary Lee, et al. Gıda biyoteknolojisi anlayışı geliştirici iletişim rehberi. (Çev.R.Yılmaz, D.Lenz). Ankara, 2017. http://www.foodinsight.org/sites/default/files/Food-Biotech-Guide_Turkish-version.pdf. Erişim Tarihi:07.12.2020.
30. ÇETİNER, Selim. Genetiği değiştirilmiş organizma (GDO) nedir? sorular ve yanıtlar-2. Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi, 2010, 10.39: 13-26.
31. Food, genetically modified. WHO. (2014). <https://www.who.int/news-room/qa-detail/food-genetically-modified> Erişim tarihi: 20.12.2020.
32. Agricultural Biotechnology. İSAAA. (2014). http://www.isaaa.org/resources/publications/agricultural_biotechnology/download/Agricultural_biotechnology.pdf. Erişim tarihi: 24.12.2020.
33. ERGİN, Işıl; KARABABA, Ali. Genetiği değiştirilmiş organizmalar: Sağlığa zararlarını kanıtlamak neden zor? Sorunlar ve riskin ipuçları. Türkiye Halk Sağlığı Dergisi, 2011, 9.2: 113-122.
34. SÉRALINI, Gilles-Eric; CELLIER, Dominique; DE VENDOMOIS, Joël Spirooux. New analysis of a rat feeding study with a genetically modified maize reveals signs of hepatorenal toxicity. Archives of environmental contamination and toxicology, 2007, 52.4: 596-602.
35. APPENZELLER, Laura M., et al. Subchronic feeding study with genetically modified stacked trait lepidopteran and coleopteran resistant (DAS-Ø15Ø7-1x-DAS-59122-7) maize grain in Sprague-Dawley rats. Food and chemical toxicology, 2009, 47.7: 1512-1520.
36. HAMMOND, Bruce. The Food Safety Assessment of Bt Crops. In: Genetically Modified Organisms in Food Production, Safety, Regulation and Public Health. Academic Press, 2015.
37. NORRIS, L.Megan. Will GMOs Hurt My Body? The Public's Concerns and How Scientists Have Addressed Them. 2015. <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2015/will-gmos-hurt-my-body/>. Erişim Tarihi:28.12.2020.
38. DONA, Artemis; ARVANİTOYANNİS, Ioannis S. Health risks of genetically modified foods. Critical reviews in food science and nutrition, 2009, 49.2: 164-175.
39. KOÇAK, Aşlı Ece. Terminator Gen Teknolojisi: Büyük Tohum Firmaları, Genleri Kullanarak Küçük Üreticilere Nasıl Hükmediyorlar?. Evrim Ağacı.2020. <https://evrimagaci.org/terminator-gen-teknolojisi-buyuk-tohum-firmalari-genleri-kullanarak-kucuk-ureticilere-nasil-hukmediyorlar-9040>. Erişim Tarihi: 05.01.2021.
40. ÇELİK, Venhar; BALIK, Dilek Turgut. Genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO). Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 2007, 23.1: 13-23.
41. YUAN, Ning; COĞİLL, Steve; LOU, Hong. Development of Molecular Strategies for Gene Containment and Marker-Free Genetically Modified Organisms. In: Genetically Modified Organisms in Food Production, Safety, Regulation and Public Health. Academic Press, 2015.
42. Genetic use restriction technology. Wikipedia.2021. [https://en.wikipedia.org/wiki/Genetic_use_restriction_technology#:~:text=Genetic%20use%20restriction%20technology%20\(GURT,second%20generation%20seeds%20to%20be](https://en.wikipedia.org/wiki/Genetic_use_restriction_technology#:~:text=Genetic%20use%20restriction%20technology%20(GURT,second%20generation%20seeds%20to%20be). Erişim Tarihi:09.01.2021.
43. EKREM, Ö. G. Ü. R.; TUNCER, Celal. Genetiği Değiştirilmiş Bitkilerin Böceklere Etkileri. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,2012, 2.4: 29-36.
44. ÖZGEN, Murat, et al. Tarım teknolojilerinde yeni yaklaşımlar ve uygulamalar: bitki biyoteknolojisi. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 2005, 1: 315-346.
45. BOYLE, John H.; DALGLEISH, Harmony J.; PUZEY, J. R. Monarch butterfly and milkweed declines substantially predate the use of genetically modified crops. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2019, 116.8: 3006-3011.
46. SHIVA, Vandana. GMOs: A miracle. Genetically Modified Organisms in Agriculture: Economics and Politics. Academic Press, London, UK, 2001, 191-196.
47. GM Crops and the Environment. İSAAA. 2018. <https://www.isaaa.org/resources/publications/pocketk/4/default.asp#:~:text=A%20major%20environmental%20concern%20associated,crop%20is%20planted%20as%20well>. Erişim Tarihi:03.01.2021.
48. LANDRY, Heather. Challenging Evolution: How GMOs Can Influence Genetic Diversity. 2015. <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2015/challenging-evolution-how-gmos-can-influence-genetic-diversity/>. Erişim Tarihi: 30.12.2020.

49. OZDEMIR, Hayrunnisa. Food Law and Legal Responsibility. Dokuz Eylül Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 2017, 19: 443-491.
50. HAYIRLIDAĞ, Mustafa; ARSLAN, Muhammet Fethullah; BÜKEN, Nüket ÖRNEK. Genetiği Değiştirilmiş Gıdalar ile İlgili Etik ve Hukuki Tartışmalar ve Kıtalararası Durum Değerlendirmesi. Tarım Ekonomisi Dergisi, 2016, 22.1: 1-9.
51. GDO'lu yemler. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Gida-Ve-Yem-Hizmetleri/Yem-Hizmetleri/GDOlu-Yemler>. Erişim Tarihi: 21.02.2021.
52. KILIÇ- TOPUZ, Bakiye, et al. Biodiversity: Türkiye'nin Biyolojik Çeşitlilik Politikası. The 2nd International UNIDOKAP Black Sea Symposium on Biodiversity. Samsun, Türkiye: 28-30 November, 2018, 54-59.
53. GDO'ya Yönelik Resmi Kontrol Çalışmaları. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. <https://www.tarimorman.gov.tr/Konu/1437/GDO-Resmi-Kontrol>. Erişim Tarihi: 22.02.2021.
54. Duyurular: Biyogüvenlik Kurulu tarafından onaylanan GDO listesi. TAGEM/ TBBDM. 2018. <http://www.tbbdm.gov.tr/DuyuruAciklama2.aspx?Id=2>. Erişim Tarihi: 11.01.2021.
55. ŞEHİRLİÇLU, Batur. Yerli, hibrit, GDO'lu... Nedir bu tohum meselesi? Buğday Derneği. (2017). <https://www.bugday.org/blog/yerli-hibrit-gdo-lu-nedir-bu-tohum-meselesi>. Erişim Tarihi: 28.02.2021.
56. ATEŞ, Zehra Gizem. Genetiği Değiştirilmiş Organizmalara (GDO) İlişkin Avrupa Birliği'ndeki Yasal Düzenlemeler. İnsan ve İnsan, 2020, 7.24: 9-29.
57. Several European countries move to rule out GMOs. European Commission. <https://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/countriesrule-outgmos>. Erişim Tarihi: 28.02.2021.