



Genetiği değiştirilmiş gıdalar ve potansiyel sağlık riskleri

Selen Şen^{1*}, Sevin Altınkaynak¹

¹Sakarya Üniversitesi Sağlık Yüksekokulu, Sakarya, Türkiye.

*E-mail: scakirsoy@sakarya.edu.tr

26.03.2013 Geliş/Received, 15.11.2013 Kabul/Accepted

ÖZET

Bünyelerine yabancı genler dahil edilerek genetik yapıları değişikliğe uğratılan, yabancı genleri genomlarına entegre eden ve bu özellikleri gösteren organizmalara “genetiği değiştirilmiş organizma (GDO)” denir. Geliştirilmelerinden bu yana; birçok alanda gündelik hayatımıza giren GDO’ların, en yaygın uygulama alanı bulunduğu sektörler, tarım ve gıda sektörü olmuştur. Ancak, uzun süredir özellikle gıda olarak tükettiğimiz GDO’ların ve türevlerinin, insan sağlığı üzerinde; alerjik ve toksik etkiler oluşturma, antibiyotiklere direnç gelişimine neden olma, kanser oluşumunda rol oynama gibi olumsuzluklara yol açabileceğini savunan tartışmalar yapılmaktadır. Bu makalede; genetik olarak modifiye edilmiş gıdalar ve bunların insan sağlığı üzerinde oluşturabileceği potansiyel olumsuz etkiler hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Genetiği değiştirilmiş gıdalar, alerji, antibiyotik direnci, toksisite, kanser.

Genetically modified foods and potential health risks

ABSTRACT

The organisms; the genetic structure of which are modified by introducing foreign genes into their bodies, which integrate foreign genes to their genomes and reflect these features are called “genetically modified organisms (GMO)”. Agriculture and food sectors have been the widest usage area of GMOs; which have come into our daily life in many areas since they were developed. However, there are arguments defending that GMOs and their derivatives, which we have been consuming especially as food for a long time, can cause problems on human body such as allergic and toxic reactions, resistance to antibiotics and boosting some diseases such as cancer. In this article, we aimed to give information about genetically modified foods and their potential negative effects on human health.

Keywords: Genetically modified foods, allergy, antibiotic resistance, toxicity, cancer.

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author scakirsoy@sakarya.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde dünya nüfusu hızla artmakta, ekilebilir alanlar ve su kaynakları azalmaktadır. Tarımda verimi artırmak amacıyla kullanılan kimyasal ilaçlar ve gübreler ise çevre kirliliğine neden olmaktadır. Bunların yanısıra, Mendel teorileri üzerine kurulmuş olan bitki ve hayvan ıslahı teknikleri yavaş ve pahalıdır. Bütün bu nedenler, Dünya'nın giderek artan gıda ihtiyacını karşılamak ve açlık sorununa çözüm üretmek için yeni arayışlar içine girilmesine neden olmuştur [1]. Bu arayışların sonucu olarak, biyoteknoloji ve gen mühendisliği alanında çalışan araştırmacılar, canlıların genetik yapılarında değişiklikler yapmayı mümkün kılan mekanizmaları keşfetmişlerdir [2, 3]. Böylece genetik mühendisliği yöntemleriyle, bünyelerine yabancı genler dahil edilerek, genetik yapıları değişikliğe uğratılan ve yabancı genleri genomlarına sabit olarak entegre eden ve bu özellikleri gösteren bitki, hayvan ve mikroorganizmalar geliştirilmiştir. Bunlar, transgenik veya genetik yapısı değiştirilmiş organizma (GDO) olarak adlandırılmıştır [4, 5, 6].

GDO'lar ile ilgili ilk çalışmalar, ABD kökenlidir. 1972 yılında, Paul Berg genetiği değiştirilmiş ilk DNA molekülünü oluşturmuştur. Bir yıl sonra, Stanley Cohen, Annie Chang ve Herbert Boyer bir antibiyotik direnç geninin bakteriye transferini gerçekleştirerek ilk GDO'yu oluşturmuşlardır. 1982 yılında, rekombinant insülin piyasaya çıkarılmıştır. Genlerinde değişiklik yapılan ilk bitkisel ürün ise, 1983 yılında oluşturulan tütün mozaik virüsüne dirençli bir cins tütün olmuştur. 1994 yılında, ilk transgenik domates oluşturulmuştur. 1995 yılında ise, *Bacillus thuringiensis* (Bt) genini taşıyan mısır bitkisinin ekimi yapılmıştır. 1996 yılında, genetiği değiştirilmiş ürünlerin ticarî anlamda ekimi başlamış [7] ve domates, mısır, pamuk, kolza ve patates gibi ürünlerin piyasaya sürülmesine izin verilmiştir [8]. Daha sonraki yıllarda, dünyada GDO üretimi hızla artarak, tarım, hayvancılık, endüstri, sağlık gibi birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır [9, 10]. Ancak genetiği değiştirme teknolojisi, en çok tarım ve gıda sektöründe uygulama alanı bulmuştur [10].

2. GENETİĞİ DEĞİŞTİRİLMİŞ GIDA HAMMADDELERİ VE EKİM ALANLARI (GENETICALLY MODIFIED FOOD RAW MATERIALS AND PLANTATIONS)

1996 yılında, 1.7 milyon hektar olan genetiği değiştirilmiş ürünlerin ekim alanları hızla artmış [8] ve 2009 yılında yaklaşık 134 milyon hektara ulaşmıştır [11]. Halen yetiştirilmekte olan genetiği değiştirilmiş ürünlerin ekim alanları ülkeler bazında incelendiğinde; bu ekim alanlarının % 99'unun ABD, Arjantin, Brezilya, Kanada, Hindistan, Çin, Paraguay ve Güney

Afrika'da olduğu görülmektedir. Çok geniş olmamakla birlikte; Uruguay, Filipinler, Avustralya, İspanya, Meksika, Kolombiya, Şili, Fransa, Honduras, Çek Cumhuriyeti, Portekiz, Almanya, Slovakya, Romanya ve Polonya gibi ülkelerde de birkaç transgenik ürünün ekim alanları bulunmaktadır [8]. Türkiye'de ise, yasal olarak transgenik bitkilerin ticarî amaçlı üretilmeleri yasaktır. Bu nedenle, Türkiye'nin durumu transgenik bitki geliştiren değil, geliştirilmiş transgenik çeşitleri satınalıp kullanma potansiyeli olan ülke olarak ele alınmalıdır. Ülkemizde transgenik çeşitlerin ekimi, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı kontrolünde "Alan Denemeleri Yönetmeliği" kapsamında patates, mısır ve pamuk için Tarımsal Araştırma Enstitüleri'nde yapılmaktadır. Bu denemelerin amacı, çeşit özelliklerinin gözlenmesi, flora ve faunaya olan etkilerin belirlenmesi olarak açıklanmıştır [12].

Günümüzde, dünya genelinde genetiği değiştirme teknolojisinin en yaygın kullanıldığı tarım ürünleri; soya, pamuk, mısır ve kanola gibi ekonomik öneme sahip ürünlerdir. Bunların yanısıra pirinç, balkabağı, ayçiçeği, yer fıstığı, kasava ve papayada genetiği değiştirme teknolojisi kullanılmaktadır. Muz, ahududu, çilek, kiraz, ananas, biber, kavun ve karpuz ile ilgili çalışmalar ise halen devam etmektedir. Buğday, arpa gibi yüksek ekonomik değere sahip ürünlerde henüz oluşturulmuş bir transgenik ürün bulunmamaktadır [13]. Mısır ve soya, genleri ile oynanan ürünlerde ilk sırayı aldıklarından; bunlardan üretilen yan ürünlerin de transgenik organizma içerme riski bulunmaktadır. Özellikle mısır ve soyadan üretilen; yağ, un, nişasta, glikoz şurubu, sakkaroz ve fruktoz içeren; bisküvi, kraker, kaplamalı çerezler, asitli içecekler, pudingler, bitkisel yağlar, bebek mamaları, şekerlemeler, çikolatalar, gofretler, hazır çorbalar, mısır ve soya yem olarak tüketen tavuk ve benzeri hayvanların gıdalarının transgenik ürün içerme riski taşıdığı bildirilmiştir [14]. Mısırın 700, soyanın ise 900 çeşit gıda maddesi içinde kullanıldığı düşünülürse, transgenik gıdaların dolaylı tüketim miktarının önemi açıkça görülmektedir [15].

3. TARIMDA GENETİĞİ DEĞİŞTİRME TEKNOLOJİSİNİN KULLANIM AMAÇLARI (USING OBJECTIVES OF GENETIC MODIFICATION TECHNOLOGY IN AGRICULTURE)

Tarımda genetiği değiştirme teknolojisinin kullanım amaçları: tarım ürünlerine virüs, mantar, bakteri, parazit, herbisit ve böceklerle karşı dayanıklılık kazandırılması; sıcaklık, kuraklık, rutubet ve tuzluluk gibi olumsuz faktörlere karşı tolerans kazandırılması; albenilerinin ve dayanıklılıklarının artırılması, tad-

aroma-kokularının değiştirilmesi, meyve oluşturma sürelerinin kısaltılması, besin değerlerinin iyileştirilmesi, sekonder metabolit (aşı, ilaç) üretiminin sağlanması ve verimliliklerinin artırılmasıdır [6, 16].

GDO'lar ile ilgili, tarımsal alanda en fazla gerek duyulan uygulamalardan biri, bitkilere zararlılara karşı dayanıklılık kazandırılmasıdır [17]. Hem bitkinin yapısını bozan, hem de bitkiye çeşitli hastalıklar bulaştıran böceklerin zararlarından korunmak için, böceklere dayanıklılık elde edilmesine yardımcı olacak toksinleri kodlayan genler, bitki genomuna aktarılmaktadır. Örneğin; mısır, koçan kurdu denilen bir böceğe karşı dirençli olması için gram negatif *Bacillus thuringiensis* (Bt) bakterisinin sahip olduğu ve bir biyoinsektisit gibi bazı böceklere karşı doğal dayanıklılık sağlayan Bt endotoksinini kodlayan gen aktarılmaktadır. Bu gen paketinin içine, antibiyotik direnç genleri işaretleyici gen olarak konmaktadır. Bu gen paketi, bir vektör aracılığıyla bitkiye aktarılmaktadır. Antibiyotik uygulaması ile, geni almış olan mısırlar ayrılmaktadır. Çünkü, geni almış olan mısırlar antibiyotiğe dirençli olduğu için yaşamaya devam etmektedir. Transgenik mısır ekildiğinde, mısır toksin üreterek üzerinde böceğin yaşamasını engellemektedir [6, 16, 18].

GDO'lar ile ilgili, tarımsal alanda sık kullanılan diğer bir uygulama da, herbisitlere dayanıklı bitkiler elde edilmesidir. Yabancı otlar nedeniyle, dünya genelinde tarımda büyük kayıplar olmaktadır. Bu nedenle, tarımda yabancı otlarla mücadelede, yabancı otlara etki eden herbisitler kullanılmaktadır. Ekilen bitkinin herbisitlerden etkilenmemesi için, mikroorganizmalardan ya da herbisitlere doğal olarak dirençli çeşitli bitkilerden izole edilen genler (herbisitteki etken maddeyi inaktif hale getiren proteini kodlayan) bitkilere aktarılmaktadır [6]. Örneğin; *Agrobacterium tumefaciens* bakterisinden herbisite dirençli gen alınarak, soyanın DNA'sına eklenmekte ve böylece soya herbisitlere direnç kazanmaktadır [19].

GDO'lar ile ilgili, başka bir uygulama da, tarım ürünlerinin besin değerlerinin iyileştirilmesidir. Bunun en iyi bilinen örneği; pirince, Provitamin A (β -karoten) oluşmasını sağlayan enzimleri kodlayan 4 adet genin *Narcissus pseudonarcissus* bitkisi ve *Erwinia uredovora* bakterisinden izole edilerek aktarılmasıdır [20]. Gen aktarımlı bu pirincin taneleri parlak sarı-yeşil renkte olduğu için, bu ürüne "altın pirinç" adı verilmiştir [16]. Uzak Doğu ülkelerinde yaşayan 200 milyondan fazla insanın en temel gıdalarından biri olan pirinçte, Provitamin A doğal olarak bulunmadığından, bu gereksinimini değişik şekillerde karşılayamayan milyonlarca insanda zamanla gelişen ve kör olmayla sonuçlanabilen ciddi bir sağlık sorunu ortaya

çıkılmaktadır. Gen transferi ile bu sorunun ortadan kaldırılması adına büyük bir ilerleme sağlanmıştır [20].

4.GENETİĞİ DEĞİŞTİRİLMİŞ GIDALARA İLİŞKİN POTANSİYEL SAĞLIK RİSKLERİ (POTENTIAL HEALTH RISKS RELATING TO GENETICALLY MODIFIED FOODS)

GDO'ların sağlık etkileri konusunda güvenilir olduğuna dair görüş bildirenlerin yanı sıra, insan sağlığını tehdit ettiğini dile getiren araştırmacılar da vardır. Dünya Tıp Birliği (WMA: World Medical Association) tarafından geliştirilen ve insanda yapılacak tıbbi araştırmalara dair etik kuralları tanımlayan Helsinki Deklarasyonu'na göre, riskler tam olarak tanımlanmadan ve bu risklerle nasıl baş edileceği tam olarak anlaşılmadan insanda tıbbi araştırma kurgulanamaz. Bu nedenle, literatürde GDO'ların olumsuz etkilerini belirlemeye yönelik olarak planlanmış deneysel çalışmaların tamamı hayvan deneyleri ile sınırlıdır. Hayvan deneylerinin bu alana önemli katkılar sunduğu, ancak hastalık ile beslenme arasındaki doğrudan ilişkiyi tanımlama gücüne sahip olmadığı belirtilmektedir. Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA: European Food Safety Authority) de, hayvan deneylerinin bu alanda kullanımının sınırlılıkları olduğunu dile getirmiştir. EFSA'ya göre, insanda meydana gelebilecek etkileri saptamada kullanılabilecek uygun hayvan modeli henüz bulunamamıştır ve hayvan deneylerinde birden fazla türün kullanılması önerilmiştir. Böylece, türlerdeki metabolik farklılıklar nedeni ile maskelenen etkilerin açığa çıkabileceği bildirilmiştir [21]. Ayrıca riskten etkilenimin incelendiği bu tip çalışmalarda, maruz kalınan sürelerin gerçek yaşamda olası maruz kalınan sürenin çok altında olduğu vurgusu da yapılmıştır [22].

GDO'ların hayvanlar üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğunu bildiren çalışmalardan biri Ewen ve Pusztai'nin, GDO'lu patateslerin, fareler üzerindeki etkilerini belirlemeye yönelik olarak yaptıkları çalışmadır. Bu çalışmada, GDO'lu patatesle beslenen farelerin sindirim sisteminin farklı bölümlerinde gastrik mukoza proliferasyonu gibi etkiler belirlendiği bildirilmiştir [23]. Fare ve El Sayed de çalışmalarında; Bt toksin geni içeren patatesle beslenen farelerin ince bağırsığında hiperplastik hücreler gözlemlediklerini bildirmişlerdir [24]. Ermakova çalışmasında, çiftleşme döneminden 2 hafta önce, çiftleşme dönemi boyunca ve gebelik süresince genetiği değiştirilmiş soya ile beslenen farelerin yavrularının doğum ağırlıklarının ve beden kitle indekslerinin kontrol grubuna göre daha düşük olduğunu bildirmiştir [25]. Velimirov ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise; genetiği değiştirilmiş mısırla beslenen farelerde, dördüncü nesilden sonra bağışıklık sistemlerinin ve üreme

genlerinin bozulduğu, sperm sayısının düştüğü ve daha ufak tefek, çelimsiz hayvanlar olduğu bildirilmiştir [26]. Malatesta ve arkadaşları, genetiği değiştirilmiş soya ile beslenen farelerin karaciğer ve pankreasları ultrastrüktürel, mikroskopik ve immunohistokimyasal incelemelerle incelenmiş ve karaciğer hücre çekirdeğinin şeklinin bozulduğunu, hücrelerin metabolik hızının arttığını, hücre çekirdeğinin porlarının arttığını, pankreas hücrelerinde enzim içeren paketçiklerin sayı ve boyutlarında artış olduğunu saptamışlardır [27]. Seralini ve arkadaşları, genetiği değiştirilmiş mısırla 90 gün boyunca beslenen farelerin idrarında fosfor ve sodyum atılımının azaldığını, trigliserit düzeyinin yükseldiğini ve hepatorenal toksisite ile ilgili bulgular belirlediklerini ve bu etkinin doza bağlı olarak arttığını bildirmişlerdir [28]. Cisterna ve arkadaşları, genetiği değiştirilmiş gıdalarla beslenen genç ve yaşlı farelerin RNA'larında bazı modifikasyonlar gerçekleştiğini, mRNA transkripsiyonunda geçici bir azalma olduğunu saptamışlardır [29]. Baranov ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada ise; genetiği değiştirilmiş soya ile beslenen farelerin ağız boşluğu içinde kontrol grubuna göre daha sıklıkla tüy oluşumunun gözlemlendiği bildirilmiştir [30]. Ermakova çalışmasında; genetiği değiştirilmiş soyadan elde edilen yem hammaddeleri ile beslenen çiftlik hayvanlarında; sperm sayısı düşüklüğü, embriyo gelişiminde önemli değişiklikler ve infan mortalitesinde artış olduğunu bildirmiştir [31]. Vazquez ve arkadaşlarının yaptıkları çeşitli çalışmalarda; farelerin Bt toksini içeren gıdalarla beslenmesinin bağışık yanıt oluşumunu indüklediği tespit edilmiştir [32, 33, 34]. Seralini ve arkadaşlarının 2 yıl boyunca aynı mısırın GDO'lu ve GDO'suz haliyle beslenen farelerin sağlık durumunu incelediği bir çalışmada ise; genetiği değiştirilmiş gıda ile beslenen farelerde en az 2 kat, en fazla 3 kat daha fazla sayıda ölüm gerçekleştiğini; ayrıca dişilerde en çok ölüm nedeninin meme kanseri olduğunu, erkeklerde ise karaciğer kanserinin 2,5-5 kat arttığını, her iki cinsten de en çok görülen anomalinin böbrekte yaşandığını ve rahatsızlıkların % 76'sının böbrek tümörü merkezli olduğu bildirilmiştir [35]. EFSA ise, bu çalışmaya ilişkin yayınladığı bir raporda; araştırmada tümör gelişimine eğilimli fare ırkı seçildiğini, yeterli sayıda hayvan kullanılmadığını ve doğru istatistik analizlerin yapılmadığını bildirmiştir. Ayrıca çalışmada, gıda ve yem araştırmalarında uluslararası kabul görmüş Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD: Organisation for Economic Cooperation and Development) protokollerine uyulmadığını da belirtmiştir [36].

Genetiği değiştirilmiş ürünlerin, insan sağlığı üzerinde özellikle uzun dönemde meydana getirebilecekleri etkiler ile ilgili ise henüz net bilgiler bulunmamakla

birlikte [16], Dünya Sağlık Örgütü (WHO: World Health Organization), 2005 yılında yayınladığı raporda, GDO'ların insan sağlığı ve gelişimi için potansiyel risk olasılığı taşıdığını ve bunların güvenli besin olarak tüketimlerine dair bir geçmişleri olmadığını, genetiği değişecek organizma genomuna yeni gen yerleştirilmesinin istenmeyen gelişimsel ya da fizyolojik etkilere neden olabileceğini bildirmiştir [5]. Çeşitli bilimsel araştırmalarda da, gıda olarak tüketilen bazı GDO'ların ve türevlerinin, insanlarda alerji ve toksisiteye neden olduğu bildirilmiştir. Ayrıca bu gıdaların, antibiyotiklere direnç gelişimine neden olma ve kanser oluşumunda rol oynama potansiyellerinin olduğu da bildirilmiştir.

4.1.Alerji (Allergy)

GDO'ların sağlığa olumsuz etkileri içinde en öne çıkan, alerjik etkileridir. Protein sekanslarındaki çok küçük değişikliklerin bile, alerji oluşumuna neden olduğu bilinmektedir. Genlerin kodladığı yeni proteinler, insanın o güne kadar bilmediği, yemediği, bağışıklık sisteminin tanımadığı proteinler olabilmektedir. Ayrıca, bir birey için alergen olan bir proteini kodlayan gen, bireylerin güvenli olduklarını düşündükleri ve tüketmekte sakınca görmedikleri besinlere de aktarılabilmektedir [21, 37]. Örneğin 1996 yılında Nordlee ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, metionin açısından fakir bir gıda olan soyanın bu özelliğini değiştirmek için metioninden zengin Brezilya fındığından 2S albumin geninin aktarılması ile oluşan transgenik soyanın, Brezilya fındığına alerjisi olan kişilerde alerjik reaksiyona neden olduğu bildirilmiştir [38]. İngiltere'de genetiği değiştirilmiş soyanın kullanılmaya başlanmasından sonra, soya alerjilerinin % 50 oranında arttığı bildirilmiştir [39]. Bir başka çalışmada, Bt endotoksini üretmek üzere modifiye edilmiş bir mısır türünün, alerjik hipersensitiviteyi de içeren immünolojik cevaplara neden olduğu belirtilmiştir [40]. Bt toksini içeren çeşitli ürünleri toplayan ve bunların polenlerine inhalasyon yoluyla maruz kalan tarım işçilerinde de çeşitli alerjik reaksiyonlar gözlemlenmiştir [41]. Gupta ve arkadaşları çalışmalarında; Hindistan'da Bt toksini üreten pamuğu toplayan ve yükleyen tarım işçilerinde ayrıca pamuk ayıklama fabrikasında çalışan işçilerde göz, deri ve üst solunum yollarına ilişkin alerjiler gözlemlendiğini bildirmişlerdir [42]. Smith ise yaptığı çalışmada; Filipinler'deki bir Bt mısır ekim alanının yakınında yaşayan köy halkında solunum yolu, sindirim sistemi, cilt reaksiyonları ve ateşle seyreden hastalığın mısırın polen sağdığı dönemde ortaya çıktığını bildirmiştir [43].

4.2.Antibiyotik Direnci (Antibiotic Resistance)

GDO'ların sağlık riskleri içinde bir diğer tartışmalı

konu da, antibiyotik direncidir. Gen aktarımı esnasında, genetik olarak değiştirilmiş hücrelerin değişmemiş olanlardan ayırt edilebilmesi amacıyla, bakteri kökenli antibiyotik direnç genleri kullanılmaktadır. Bu genlerin, insan ve hayvan bünyesindeki bakterilere geçerek onların da antibiyotiklere dirençli hale gelmesine neden olabileceği düşünülmektedir. Ancak bu durum deneysel olarak ispatlanamamıştır [44]. 2004 yılında WHO'nun çıkardığı karar da, hücreye işaretleyici genler katan yöntemlerin bırakılması yönündedir. Ancak biyoteknoloji şirketlerinin bu uyarıyı dikkate almadığı, performansı beğenilen antibiyotik direnç genlerini kullanmaya devam ettiği ve alternatif işaretleyici gen arayışlarına da girmedeği görülmektedir [21].

4.3.Toksisite (Toxicity)

GDO'ların insan sağlığı açısından bir diğer riski de, toksik etkileridir. Bu organizmalar, aktarılan yeni gen ürünlerini ve onlardan kaynaklanan sekonder metabolitleri içermektedir. Genetiği değiştirilmiş bitkilerde bulunan, zararlı ot ve böcek öldürücü genler ile terminatör genlerin toksin üreterek çalıştıkları ve dokularda birikme durumunda toksik etkiler oluşturabilecekleri belirtilmektedir. Gen aktarım sürecinde, hücrelerin bir takım enzim ve proteinlerinin değişime uğradığı görülmüş ve bunların toksik etkiler nedeniyle olabileceği düşünülmüştür [45]. Örneğin; 1980'lerin sonunda bir Japon firması esansiyel bir aminoasit olan triptofanı (vücutta serotonin yapımında kullanılır) bir bakteriye ürettirerek, gıda katkısı olarak ABD'de satışa sunmuştur. Aylar içinde ürünü kullanan kişilerde sinir sistemini etkileyen, kas ağrıları ve kandaki bazı hücrelerin sayısında artışla seyreden Eozinofili Miyalji Sendromu (EMS) ortaya çıkmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda; genleri değiştirilmiş bakterideki artan triptofan üretiminin toksik bir yan ürün oluşumuna yol açtığı ve sendromun, ürünün içerdiği toksik madde nedeniyle ortaya çıktığı bildirilmiştir [46].

4.4.Kanser (Cancer)

GDO'ların doğrudan ve dolaylı olarak kanserojen etkisinin olabileceği, çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmektedir. Özellikle, herbisitlere dayanıklılığı sağlanmış; pamuk, soya, mısır ve kolza çeşitlerinde kullanılan bromoxynil ve glufosinate gibi kimyasal maddelerin doğrudan kanser yapıcı oldukları bilinmektedir [17]. Ayrıca, gıda ürünlerine aktarılan çeşitli kökenden (bitki, hayvan, virüs, bakteri) DNA parçacıklarının insan ya da hayvan genomuna transferinin insan sağlığı açısından sonuçlarının ne olacağı da önemli bir sorudur. Beslenme ile alınan DNA, memeli bağırsağında genellikle parçalanmakla birlikte, bu parçalanma tamamen ve bir anda olmamakta

ve bazen DNA kararlı kalabilmektedir. Bu nedenle, besinler yoluyla alınan yabancı DNA parçalarının sindirim sisteminde tam olarak sindirilmeden dolaşım sistemine geçmesi, oradan da insan veya hayvan hücrelerine geçme olasılığının teorik olarak mümkün olduğu belirtilmektedir [47]. Örneğin; mısırla beslenen sığır ve tavuklarda, mısır kloroplast DNA'sının çeşitli dokulara girdiği bildirilmiştir [47, 48]. Çift zincirli M 13 bakteriyofaj DNA'sı ile beslendikten sonra incelenen fareler üzerinde yapılan deneysel çalışmalarda da; DNA fragmentlerinin tamamen parçalanmadığı, kan dokusu ile diğer dokulara ulaştığı ve fare DNA'sına kovalent olarak bağlandığı tespit edilmiştir. Tüketilen gıdalardaki DNA'nın somatik hücreler tarafından alındığı gösterilmiş olmasına rağmen, şimdiye kadar eşey hücrelerinde bu durum kanıtlanmamıştır [47, 49]. Genetiği değiştirilmiş mısır ve soya ile beslenen ineklerin sütlerinde de, mısır ve soyaya ait genetik materyalin tespit edildiği ve geçen DNA yapılarının pastörizasyona dirençli olduğu bildirilmiştir [50]. Bunların dışında, transgenik bitkilerin kalıntılarındaki toksik maddelerin, toprağa ve suya geçtiğine dair çok sayıda araştırma sonucu da bulunmaktadır. Bu nedenle, toksinlerin diğer organizmaların besin zincirine katılmaları da söz konusudur. Bazı genlerin ürettiği endotoksinlerin toprakta 33 hafta kaldığı belirlenmiştir [51].

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS)

Bilim dünyasında, GDO'lar konusunda olumlu ve olumsuz görüşler mevcuttur. GDO'lar hakkındaki olumlu görüşler: bu teknolojinin daha fazla ve kaliteli ürün elde edilmesini sağlayacağı, kimyasal ilaç ve gübre kullanımını azaltacağı, besinlerin üretim maliyetlerini ve besin değerlerini artırarak dünyanın birçok yerindeki açlık sorununa ve kötü beslenmeye çözüm getireceği, bazı besinlerin alerjenik özelliklerini ortadan kaldıracacağı, besinlere eklenecek öğelerle hastalıklara karşı kolayca bağışıklama sağlayacağı şeklindedir. Olumsuz görüşler ise; bu teknoloji ile üretilen besinlerin, toplumda görülen alerjik reaksiyonları artıracağı, toksik etkiler oluşturacağı, kanserojen olabileceği ve antibiyotiklere dirençli mikroorganizmaların gelişimine yol açabileceği şeklindedir. Ekolojik ve sosyo-ekonomik açıdan ise; bu ürünlerin zaman içinde dünyadaki genetik çeşitliliği azaltabileceği ve ekonomik açıdan dışa bağımlılığa neden olabileceği ileri sürülmektedir.

Dünyada kullanımı ve tüketimi gittikçe yaygınlaşan GDO'lara ilişkin olumsuzluklar içerisinde gündemi en çok meşgul eden konu, gıda olarak tüketilen GDO'ların yol açabileceği muhtemel sağlık riskleridir. Literatürde;

bu gıdaların sağlık üzerinde olumsuz etkileri olduğunu hayvan deneyleri ile belirlediğini bildiren bilimsel çalışmalar vardır. Ancak bazı bilim insanları, bu çalışmaların sonuçlarının tartışmalı olduğunu belirtmektedir. Diğer yandan transgenik gıdaların, insan sağlığı üzerinde kısa ve uzun dönemde oluşturabileceği etkileri belirlemeye yönelik planlanmış bilimsel araştırmalar ise bulunmamaktadır. Bu nedenle, transgenik gıdaların insan sağlığına ne gibi etkilerinin olduğu ya da olacağı belirsizdir. Sonuç olarak, bu ürünlerin yararlı ya da zararlı olduklarına dair kesin bir yargıya varmak, şu an için mümkün değildir. Bu bakımdan, GDO'ların sağlık üzerindeki etkilerini ortaya koyacak iyi tasarlanmış ve standartlara uygun çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Ülkemiz açısından bakıldığında ise, bu teknolojinin tamamen dışında kalınmamalı, GDO'lu ürünler konusunda araştırmalar yapılmalı ve konuyla ilgili araştırmalar desteklenmelidir. Diğer yandan, bu ürünlerle ilgili muhtemel riskler de göz ardı edilmemeli ve bunlara ihtiyatla yaklaşılmalıdır. Bir ürünün transgenik olup olmadığı, transgenik ürüne transfer edilen DNA'nın varlığı veya bu genetik materyal tarafından kodlanan proteinlerin varlığıyla laboratuvar ortamında belirlenebilmektedir. Bu bakımdan, ülkemize dışarıdan gelen ürünlerin kapsamlı laboratuvarlar tarafından incelenmesi, hem gümrüklerde hem de iç piyasada konu ile ilgili etkin bir kontrol ve denetim sisteminin oluşturulması çok önemlidir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Meseri, R. (2008) Beslenme ve genetiği değiştirilmiş organizmalar, TAF Preventive Medicine Bulletin, 7(5), 455-460..
- [2] Kulaç, İ., Ağirdil, Y., Yakın, M. (2006) Sofralarımızdaki tatlı dert, genetiği değiştirilmiş organizmalar ve halk sağlığına etkileri, Türk Biyokimya Dergisi, 31 (3), 151-155.
- [3] Koçak, N., Türker, T., Kılıç, S., Hasde, M. (2010) Tıp fakültesi öğrencilerinin genetiği değiştirilmiş organizmalar hakkındaki bilgi, tutum ve davranışlarının belirlenmesi, Gülhane Tıp Dergisi, 52, 198-204.
- [4] Uzogara, S.G. (2000) The impact of genetic modification of human foods in the 21st century, Biotechnology Advances, 18, 179-206.
- [5] Cellini, F., Chesson, A., Colquhoun, I., Constable, A., Davies, H.V., Engel, K.H., Gatehouse, A.M.R., Karenlampi, S., Kok, E.J., Leguay, J.J., Lehesranta S., Noteborn, H.P.J.M, Pedersen, J., Smith M. (20004) Unintended effects and their detection in genetically modified crops, Food and Chemical Toxicology, 42, 1089-1125.
- [6] Demir, A., Seyis, F., Kurt, O. (2006) Genetik yapısı değiştirilmiş organizmalar: I. Bitkiler, ÖMÜ Zir. Fak. Dergisi, 21(2), 249-260.
- [7] Food Standarts Agency. GM Time Tour –A history of gene manipulation. URL: (<http://archive.food.gov.uk/gmtimeline/default.html>) Accessed on March 2013.
- [8] Atsan, T. (2008) Genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO) tarım ve insan sağlığı üzerine etkileri, Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (2). 1-6.
- [9] Koçak, N., Türker, T., Kılıç, S., Hasde, M. (2010) Tıp fakültesi öğrencilerinin genetiği değiştirilmiş organizmalar hakkındaki bilgi, tutum ve davranışlarının belirlenmesi, Gülhane Tıp Dergisi, 52, 198-204.
- [10] Olhan, E. (2010) Modern Biyoteknolojinin tarımda kullanımının politik ve ekonomik yönden değerlendirilmesi. Farklı boyutlarıyla genetiği değiştirilmiş organizmalar, Ankara Tabip Odası Yayını, 9-14.
- [11] Çetiner, S. (2010) Genetiği değiştirilmiş organizma (GDO) nedir? Sorular ve yanıtlar-1, Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi, 38, 29-38.
- [12] Özgen, M., Ertunç, F., Kınacı, G., Yıldız, M., Birsin, M., Ulukan, H., Emiroğlu, H., Koyuncu, N., Sancak, C. (2005) Tarım teknolojilerinde yeni yaklaşımlar ve uygulamalar: Bitki biyoteknolojisi, Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, Cilt 1, 315-346.
- [13] Özmert, S., Yaman, H. (2011) Tüketicilerin genetiği değiştirilmiş gıdalara karşı tutumlarının ve bilgi düzeylerinin belirlenmesi, Kocatepe Veteriner Dergisi, 4(1), 31-34.
- [14] Erkmen, O. (2010) Gıda kaynaklı tehlikeler ve güvenli gıda üretimi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi, 53, 220-235.
- [15] Çakar, F. (2005) Genetiği değiştirilmiş organizmalar, Ölçü, TMMOB Yayın Organı, 112-119.
- [16] Çelik, V., Balık, T.G. (2007) Genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO), Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 23 (1-2), 13 -23.
- [17] Haspolat, I. (2012) Genetiği değiştirilmiş organizmalar ve biyogüvenlik, Ankara Üniv Vet Fak Derg., 59, 75-80.
- [18] Shelton, A.M., Tang, J.D., Roush, R.T., Metz, T.D., Earle, E.D. (2000) Field tests on managing resistance to Bt-engineered plants. Nat Biotechnol, 18, 339-342, 2000.
- [19] Zhang, Z. Xing A, Staswick P, Clemente E.T. (1999) The use of glufosinate as a selective agent in Agrobacterium-mediated transformation of soybean, Plant Cell, Tissue, Organ Culture, 56,

- 37-46.
- [20] Y, X., S. Al-Babili, A. Kloti, J. Zhang, P. Lucca, P. Beyer, I. (2000) Potrykus. Engineering the provitamin A (Beta karoten) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm, *Science* 287: 303-305.
- [21] Ergin, I., Karababa, O.A. (2011) Genetiği değiştirilmiş organizmalar: Sağlığa zararlarını kanıtlamak neden zor? Sorunlar ve riskin ipuçları, *Türkiye Halk Sağlığı Dergisi*, 9(2), 113-122.
- [22] Aslan, D. (2011) Halk sağlığı bakış açısı ve genetiği değiştirilmiş organizmalar, *Hacettepe Tıp Dergisi*, 42, 110-114.
- [23] Ewen, B.W.S., Pusztai, A. (1999) Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *galanthus nivalis* lectin on rat small intestine, *The Lancet*, 354(9187), 1353-1354.
- [24] Fare, H.N., El-Sayed, K.A. (1998) Fine structural changes in the ileum of mice fed on δ -endotoxin-treated potatoes and transgenic potatoes, *Natural Toxins*, 6, 219-233.
- [25] Ermakova, I.V. (2006) Influence of genetically modified soya on the birth-weight and survival of rat pups, *Proceedings Epigenetics, Transgenic Plants and Risk Assessment*, 41-48.
- [26] Velimirov, A., Binter, C., Zentek, J. (2008) Biological effects of transgenic maize NK603XMON810 fed in long term reproduction studies in mice, *The Austrian Ministries of Agriculture and Health*, 28-82.
- [27] Malatesta, M., Tiberi, C., Baldelli, B., Battistelli, S., Manuali, E., Biggiogera, B. (2005) Reversibility of hepatocyte nuclear modifications in mice fed on genetically modified soybean. *Eur J Histoche*, 49:237-242.
- [28] Seralini, E.G., Cellier, D., Vandomois, J.S. (2007) New analysis of a rat feeding study with a genetically modified maize reveals signs of hepatorenal toxicity, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 52, 596-602.
- [29] Cisterna, B. Flach, F., Vecchio, L., Barabino, L.M.S., Battistelli, S., Martin, E.T., Malatesta, M., Biggiogera, M. (2008) Can a genetically-modified organism-containing diet influence embryo development? A preliminary study on pre-implantation mouse embryos, *European Journal of Histochemistry*, 52 (4), 263-267.
- [30] Baranov, A.S. Chernova, O.F., Feoktistova, N.Y., Surov, A.V. (2010) A new example of ectopia: oral hair in some rodent species, *Doklady Akademii Nau*, 431(4), 559-562.
- [31] Ermakova, I. (2006) Genetically modified soy leads to decrease of weight and high mortality of rat pups of the first generation, *Preliminary studies, Ecosinform* 1, 4-9.
- [32] Vazquez, R.I. Moreno, L., Neri, L., Riva, G.A., Lopez, R. (1999) Intragastric and intraperitoneal administration of Cry1Ac protoxin from *Bacillus thuringiensis* induces systemic and mucosal antibody responses in mice, *Life Sci.*, 64(21) 1897-1912.
- [33] Vazquez, R.I., Moreno, L., Neri, L., Martinez, A.F., Riva, G.A., Lopez, R. (2000) Characterization of the mucosal and systemic immune response induced by Cry1Ac protein from *Bacillus thuringiensis* HD 73 in mice, *Brazilian J. of Med. and Biol. Research*, 33: 147-155.
- [34] Vazquez, R.I. Moreno, L., Neri, L., Martinez, A.F., Riva, G.A., Lopez, R. (1999) *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac protoxin is a potent systemic and mucosal adjuvant, *Scandinavian Journal of Immunology*, 49, 578-584.
- [35] Seralini, G.E., Clair, E., Mesnage, R., Gres, S., Defarge, N., Malatesta, M., Hennequin, D., Vandomois, J.S. (2012) Long term toxicity of a round up herbicide and a round up-tolerant genetically modified maize, *Food and Chem Toxicology*, 50, 4221-4231.
- [36] Çetiner, S. (2012) GDO kanser ilişkisi kanıtlandı mı?, *Tarla Sera Dergisi*, (26), 16-18.
- [37] Engeseth, J.N. (2000) Safety of genetically engineered foods, In Helferich Winters K(eds), *Toxicology of Foods*, CRC Press., 77-89.
- [38] Nordlee, J.A., Taylor, L.S., Townsend, A.J., Thomas, L.A., Bush, R.K. (1996) Identification of Brazil Nut allergen in transgenic soybeans, *The New England Journal of Medicine*, 334(11), 688-692.
- [39] Smith, M.J. (2007) Point of view: genetically modified foods unsafe? Evidence that links GM Foods to allergic responses mounts, *Genetic Engineering and Biotechnology News*, 27(19).
- [40] Conner, A.J., Glare, T.R., Nap, J.P. (2003) The release of genetically modified crops into the environment: Part II. Overview of ecological risk assessment, *Plant J*, 33, 19-46.
- [41] Bernstein, J.A., Bernstein, I.L., Bucchini, L., Goldman, L.R., Hamilton, R.G., Lehrer, S., Rubin, C. (2003) Clinical and laboratory investigation of allergy to genetically modified foods, *Environ Health Perspect*, 111, 1114-1121.
- [42] Gupta, A., Mandloi, A., Nidhi, A. (2005) Impact of Bt cotton on farmers' health (in Barwani and Dhar district of Madhya Pradesh), *Investigation Report*, 13-16.
- [43] Smith, J.M. Bt-maize (corn) during pollination, may trigger disease in people living near the cornfield. Press Release, 2004. URL: (<http://www.seedsofdeception.com/Media-maizepollen.php>.) Accessed on March 2013.

- [44] Gücükoğlu, A., Küplülü, A. (2006) Genetik Modifiye Gıdalar, Veteriner Hekimler Derneği Dergisi, 77(2), 30-38.
- [45] Pryme, I.F., Lembck, R. (2003) In vivo studies on possible health consequences of genetically modified food and feed-with particular regard to ingredients consisting of genetically modified plant materials, Nutrition and Health, 17, 1-8.
- [46] Mayeno, A.N., Gleich, G.J. (1994) Eosinophilia-myalgia syndrome and tryptophan production: A cautionary tale, Trend in Biotechnology, 12(9), 346-352.
- [47] Hemmer, W. (1997) Foods derived from genetically modified organisms and detection methods, BATS Report 2, BATS, Clarastrasse 13, CH-4058, 6-12.
- [48] Einspanier, R., Klotz, A., Kraft, J., Aulrich, K., Poser, R., Schwagele, F., Jahreis, G., Flachowsky, G. (2001) 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.
- [49] Schubbert, R., Renz, D., Schmitz, B., Doerfler, B. (1997) 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.
- [50] Agodi, A., Barchitta, M., Grillo, A., Sciacca, S. (2006) Detection of genetically modified DNA sequences in milk from the Italian market, International Journal of Hygiene and Environmental Health, 209(1), 81-88.
- [51] Tapp, H., Stotzky, G. (1998) Persistence of the insecticidal toxins from *Bacillus thuringiensis* susp. kurstaki in soil, Soil Biol Biochem, 30, 471-476.