

DERLEME/REVIEW

**GENETİK OLARAK MODİFİYE EDİLMİŞ GIDALAR, GENETİK MODİFİKASYONLARI
OLUŞTURMA YÖNTEMLERİ VE TOPLUMSAL ÖNEMİ**
Şehnaz ÖZATAY^{1,2}, Sacide PEHLİVAN³, Suha SUKAN¹

ÖZ

Artan dünya nüfusunun beslenmesine katkıda bulunmak ve verimliliği arttırmak amacıyla genetik olarak modifiye edilmiş (transgenik) bitki ve hayvan çeşitlerinin elde edilmesine yönelik çalışmalar büyük önem kazanmaya başlamıştır. Bu çeşitleri elde etmek amacıyla farklı yöntemler kullanılmaktadır. Genetik modifikasyonlar ile ürünlere değişik özellikler kazandırmak amacıyla çok sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir ve halen bu konu ile ilgili araştırmalar sürdürülmektedir. Genetik modifikasyonlar sonucu elde edilen ürünlerin insan sağlığı ve çevre üzerine olumsuz etkiler yaratabileceği düşüncesiyle, bu ürünlerdeki genetik modifikasyonların tespiti ve etkilerinin incelenmesi amacıyla değişik teknikler üzerinde araştırmalar yapılmaktadır. Bu amaçla PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu) yöntemleri en çok tercih edilen yöntemlerdir. Son yıllarda, genetik modifikasyonlar ile elde edilmiş gıdaların üretiminin artması nedeni ile Amerika ve Avrupa ülkelerinde bu gıdalar ve bu gıdaların etiketlenmesi ile ilgili yasalar çıkarılmıştır. Bu doğrultuda gıdalardaki genetik modifikasyonların tespitinde kantitatif yöntemlere gereksinim duyulmuş ve farklı prensiplerde PCR teknikleri geliştirilmiştir. Ülkemizde de 4 Temmuz 2001 I. Biyoteknoloji Danışma Kurulu Toplantısı'nda genetik olarak modifiye edilmiş ürünlerin piyasaya sürülmesi ve tescil edilmesine ilişkin yasa tasarıları hakkında görüşmeler gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Genetik olarak modifiye edilmiş organizmalar (GMO), Genetik olarak modifiye edilmiş gıdalar, PCR, DNA, Protein, Toplumsal önem.

**GENETICALLY MODIFIED FOODS, METHODS FOR GENETIC MODIFICATIONS AND
SOCIAL IMPORTANCE**

ABSTRACT

Intending to be of help for feeding the increasing world population and to increase productivity, studies for producing genetically modified (transgenic) plants and animals transgenics are starting to get importance. Different methods are used for producing these transgenics. Many researches were performed for gaining different specialties to products obtained by genetic modifications and still many researches about this subject are being performed. Research on different techniques for determining these genetic modifications and their effects, as if the ideas on the unwanted effects of genetically modified products to human health and environment. For this purpose, PCR (Polymerase Chain Reaction) methods are mostly preferred techniques. Recently, legislations are published about genetically modified foods and labeling foods in USA and European countries because production of genetically modified foods have increased. Therefore, there was a need for quantitative methods for determining genetic modifications on transgenic foods and so quantitative PCR techniques with different principles were performed. In Turkey, at 4 Temmuz 2001, Consultant Committee First Biotechnology National Meeting, negotiation have taken place about draft law of marketing and registration of genetically modified foods.

Key Words: Genetically modified organisms (GMO), Genetically modified foods, PCR, DNA, Protein, Social importance.

¹ Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Biyoteknoloji Bilim Dalı, 35100, Bornova/Izmir.

² E-posta: sehnazozatay@hotmail.com

³ Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Genel Biyoloji ABD., 35100, Bornova/Izmir.

Tel: 232-388 01 10-2856, 2444; Faks: 232-388 10 36

E-posta: psacide@hotmail.com

Geliş: 19 Haziran 2002; Düzeltme: 27 Ocak 2003; Kabul: 13 Haziran 2003.

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunu oluşturan 6 milyar kişiden yaklaşık 800 milyonunun açlık çektiği tahmin edilmektedir. Günümüz teknolojisi bu sorunu çözmede ve toplumun ihtiyacını karşılayacak ürünleri üretmede yetersiz kalmaktadır. Son yıllarda genetik olarak modifiye edilmiş (transgenik) bitki ve hayvan çeşitlerinin elde edilmesine yönelik çalışmalar büyük önem kazanmış ve bunların üretimi ile verimliliğin artırılması ve artan dünya nüfusunun beslenmesine katkıda bulunulması hedeflenmiştir. İlk uygulamalara 1986 yılında Amerika ve Fransa'da böceklerle, yabancı otlara dayanıklı tütün üretilmesi ile başlamış ve 1986-2002 yılları arasında da 4000'e yakın tarım alanında transgenik bitki çeşitleri ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır (www.isaaa.org, 2002).

2. GENETİK OLARAK MODİFİYE EDİLMİŞ ORGANİZMALAR (GMO)

2.1 GMO Nedir?

Mikroorganizmalardan, bitkilerden ve hayvanlardan izole edilmiş aktarılması istenen genlerin birbirleri arasında transfer edilmesi ile oluşan canlılara GMO denebilir. Bu canlılar normalde kendi genetik yapılarında bulunmayan, değişik kaynaklardan elde edilmiş yabancı genleri taşımaktadırlar (Moris, 2001, Nicholl, 1994). En önemli avantajı, seleksiyon ve melezleme yöntemleri ile elde edilmiş bitkilere göre daha ucuz olmaları ve daha kısa sürede üretilebilmeleridir. Bunun yanı sıra, genetik modifikasyonlar ile verimliliğin artırılması, çevrenin korunması ve daha iyi kalitede ürün elde edilmesi amaçlanmaktadır (Barefoot vd. 1994).

Genetik modifikasyon çalışmalarının değişik amaçları bulunmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. Genetik modifikasyonların hedefleri ve elde edilmek istenen faydalar (Nicholl, 1994).

Hedef	Fayda
Hastalıklara Yabancı otlara → dayanıklılık Böceklerle Virüslere	Ürünlerin verimliliğini arttırmak ve biyolojik etmenler nedeniyle meydana gelebilecek kayıpları azaltmak.
Soğuğa Kuraklığa → tolerans Tuza	Ürünlerin fiziksel olarak uygun olmayan bölgelerde yetiştirilmesini sağlamak.
Fotorespirasyonun azaltılması	Enerji değişim verimliliğinin artırılması.
Azot fiksasyonu	Atmosferik azotun ürünlerde tutulmasını sağlamak.
Besin değeri	Ürünlerin besin değerini arttırmaya çalışmak.
Depolama özellikleri	Ürünlerin raf ömrünü uzatmak.
Tüketici istekleri	Ürünlerin renk, şekil ve boyut açısından daha çekici hale getirmek.

2.2 Dünyada Transgenik Bitkilerin Ekim Alanları

Uluslararası Tarımsal Biyoteknoloji Uygulamaları Kazanım Servisi (International Service For The Acquisition of Agri-Biotech Applications) (ISAAA) tarafından genetik olarak modifiye edilmiş ürünlerin dünya genelinde toplam tarım alanlarında kapladığı yerin 2001 yılı verilerine göre tahmin edilen değeri yaklaşık 52.6 milyon hektardır. 2000'de ise 44.2 milyon hektar olduğu ISAAA tarafından açıklanmıştır. 2002 yılında dünya genelindeki toplam transgenik bitki ekim alanının % 68'i Amerika Birleşik Devletleri'nde, % 22'si Arjantin'de, % 6'sı Kanada'da, % 3'ü ise Çin'dedir. Avustralya, Meksika ve Güney Afrika'da da transgenik pamuk ve mısır gibi ürünler üretilmektedir (www.isaaa.org, 2002).

3. GENETİK OLARAK MODİFİYE EDİLMİŞ ORGANİZMALARIN ELDE ETME YÖNTEMLERİ

3.1 Agrobacterium Yöntemi

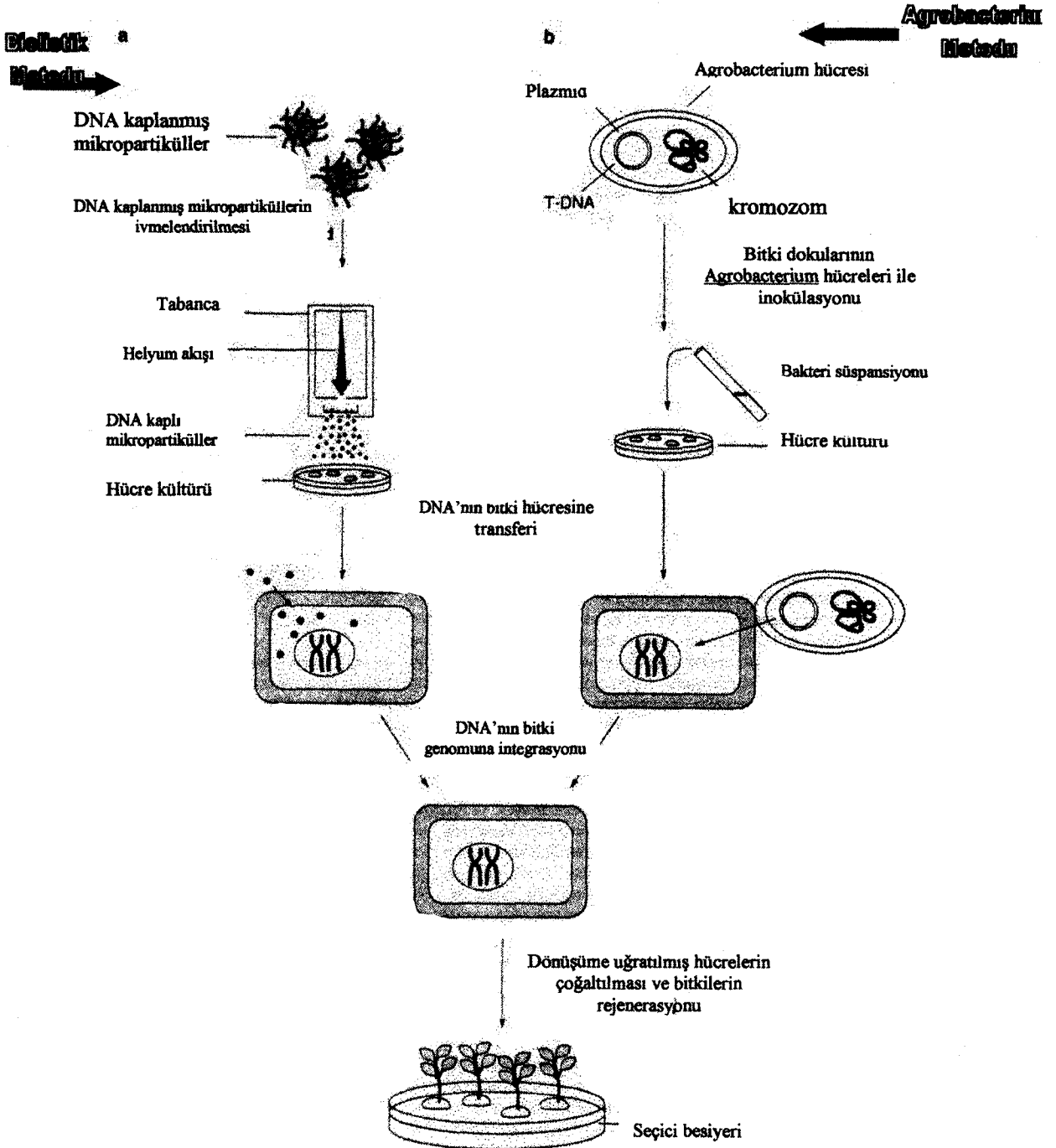
Toprak kaynaklı patojen bir mikroorganizma olan *Agrobacterium tumefaciens*'in Ti-plazmidde sahip olduğu ve bitkilerde tümör oluşturduğu bilinmektedir. Transfer edilmek istenen genlerin aktarıldığı, bitkilerin yaralı kısımlarına duyarlı olan bu bakteri o bölgeye yerleşir ve tümör oluşturur. Bu şekilde genetik bilgisini bitkiye aktarır. Kallus olarak bilinen bu tümörlerin oluşumu normalde istenmez, ancak bu genetik transferler sırasında ise arzu edilen bir durumdur (Levin ve Israeli, 1996) (Şekil 1).

3.2 Biyolistik Yöntemi

Bu yöntemde aktarılabacak geni içeren DNA parçaları altın, tungsten, platin gibi metallere bağlanarak biyolistik aleti ile hedef dokuların bulunduğu petri kaplarının üzerine gönderilir (Levin ve Israeli, 1996) (Şekil 1).

3.3 Protoplast Yöntemi

Bu yöntemde gen aktarımı hücre duvarı olmayan bitki hücreleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Levin ve Israeli, 1996). Kimyasal maddeler yardımıyla, lipozomlarla veya membran geçirgenliğinin elektrik akımı ile değiştirilmesi (elektroporasyon) sonucunda protoplastlar gen aktarımında kullanılabilir (Özcan vd. 2001).



Şekil 1. Agrobacterium ve Biyolistik Yöntemlerinin Şematik Olarak Gösterimi (Morgues vd. 1998).

3.4 Mikroenjeksiyon Yöntemi

İlk üç yöntem dolaylı olarak gerçekleştirilirken, bu yöntem doğrudan gerçekleştirilmektedir. Aktarılması istenen genleri içeren DNA parçası çok ince iğneler kullanılarak hücrenin genomuna aktarılır. Genlerin aktarımı için herhangi bir ara eleman kullanılmadığından doğrudan yöntem olarak geçmektedir (Levin ve Israeli, 1996).

4. AKTARILMASI İSTENEN GENLERİN İZOLE EDİLEBİLDİĞİ KAYNAKLAR

4.1 Mikroorganizmalar

Bir toprak bakterisi olan *Bacillus thuringiensis*'ten izole edilen *Bt* geninin mısıra transfer edilmesi ile üretimi sağlanan ve protoksin olarak bilinen kristal formdaki bir proteinin, mısır sap kurdu larvaları tarafından tüketilmesi sonucu bu sap kurdu larvalarının sindirim sistemleri tahrip edilmektedir. Böylece mısır bitkisinin sap kurduna karşı dayanıklılık kazanması sağlanmaktadır. Aynı mikroorganizma ve bu organizmanın farklı suşları ile benzer çalışmalar tütün ve domates gibi bitkiler üzerinde yapılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Schuler vd. 1998).

4.2 Bitkiler

Bitkilerden de aktarılması istenen genler (pektin, amilaz ve proteaz inhibitörleri gibi) izole edilebilmektedir. Örneğin; fasülyede a-amilaz inhibitörünü ortaya çıkaran gen bezelye tohumuna aktarılarak bezelye kurtlarına karşı dayanıklılıkları sağlanmıştır (Shah vd.1995).

4.3 Hayvanlar

Hayvanlarda da aktarılması istenen genler izole edilebilmektedir. Örneğin; memelilerden izole edilen serin-proteinaz inhibitör geninin tütün bitkisine aktarılması ile zararlı kurtlara karşı tütünün dayanıklılıkları artırılmıştır (Shah vd. 1995).

5. GENETİK MODİFİKASYONLAR İLE ÜRÜNLERE KAZANDIRILAN ÖZELLİKLER

5.1 Patojen Mikroorganizma ve Böceklerle Karşı Bitkilerin Dirençliliğinin Arttırılması İçin;

Fungal, viral ve bakteriyel kaynaklı mikroorganizmalar ile böcekler ürün veriminin düşmesinden sorumlu etmenler arasındadır. Bitkileri bu zararlılara karşı korumak amacıyla kimyasal maddelere başvurulmaktadır. Ancak, bu kimyasal maddelerin kullanılmasına rağmen

dünyada kayıplar halen % 12-13 civarında ve böcek zararlılarına karşı kullanılan kimyasalların dünya çapındaki yıllık maliyeti yaklaşık 8 milyar Dolardır (Shah vd. 1995).

5.2 Pestisitlere, Herbisitlere Karşı Bitkilerin Dirençliliğinin Arttırılması İçin;

Aktarılan aktarılması istenen genler ile bitkilerin pestisitlere, herbisitlere karşı dirençleri arttırılabilmektedir. Örneğin; Monsanto firmasının ürettiği "Roundup Ready Soybean" olarak geçen ürünü, sentezlemiş olduğu bir enzim ile yine aynı firmanın üretmiş olduğu "Roundup" herbisitine karşı parçalayıcı etki göstermektedir. Amerika'da bu ürün çok tutulmuş ve toplam soya fasülyesi tarım alanının % 40'ında yer almıştır. Kullanılan Roundup herbisitinin çevreye zararının olmaması da bu rakamın yüksek olmasında bir etmendir (www.natural-law.ca/genetic, 2000).

5.3 Farklı Kalite Kriterlerinde ve Amaca Göre Değişik Özellikte Ürünler Elde Etmek İçin;

Kahve bitkisi üzerinde yapılan bir çalışmada kafein üretiminden sorumlu bir genin inaktif hale getirilmesi ile kafein içeriğinin % 98 oranında azaltılması sağlanmıştır (www.natural-law.ca/genetic, 2000).

Domateslerden elde edilen ürünlerde, domates suyu gibi gıdalarda vizkozite çok önemlidir. Vizkozite domatesin içerdiği pektin miktarına bağlıdır. Ancak, domatesin yapısında bulundurduğu pektin esteraz ve poligalakturanaz enzimleri pektini parçalayarak vizkozitenin düşmesine neden olmaktadır. Sanayide bu enzimleri inaktif hale getirmek amacıyla ısı işlemlere başvurulmaktadır. Fakat sıcaklık uygulanması aromatik uçucu bazı bileşiklerin kaybolmasına yol açmaktadır. Son zamanlarda bu enzimlerin inaktif edilmesine yönelik genetik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu transgenik domateslerden elde edilen ürünlerde Bostwick konsistens değeri (vizkozite değeri) ölçülmüş ve transgenik olmayan domateslerden elde edilmiş ürünlere göre bu değerler daha düşük çıktığı yani vizkozitenin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Az gelişmiş ülkelerde görülen bazı vitamin eksikliklerinin önüne geçebilmek için bu vitaminlerce zengin gıdaların üretilmesine ilişkin çalışmalar son zamanlarda giderek önem kazanmıştır. Örneğin; A vitaminince zengin gıdaların üretilmesi gibi. Vitaminlerin yanı sıra insan vücudu için gerekli bazı besin elementlerini içeren gıdaların üretilmesi de yapılan çalışmalar arasındadır. Bazı hastalıkların tedavisinde önemli yeri bulunan bazı maddelerin elde edilmesi amacıyla transgenik mikroorganizmalar elde edilmeye çalışılmaktadır. Örneğin; kansere karşı interferon, anemiye karşı eritropoetin, hepatit B için aşı el-

de edilen transgenik mikroorganizmalar gibi (Porretta ve Poli, 1997).

Son yıllarda transgenik bitkilerle ilgili geliştirilen yeni çalışmalar genetik olarak modifiye edilmiş bitki ve mikroorganizmalardan sindirim ile alınabilecek aşı ve mukozal dokularda bağışıklığı sağlayacak antijenlerin elde edilmesine ilişkin olmaktadır. Bu aşuların, enjeksiyon ile yapılan aşulara alternatif teşkil edeceği ve maliyetinin de daha düşük olacağı belirtilmektedir. Bu tip aşuların geliştirilmesinde asıl hedef 3. Dünya ülkeleridir. Bu aşuların kullanımının kolay ve oral immünizasyonun patojenlere karşı korunmada daha efektif olacağı düşünülmektedir. Çalışmalar hepatit B yüzey antijeni, *E.coli* ve Norwalk virüs kapsid proteinine karşı bağışıklılık sağlayıcı maddelerin elde edildiği transgenik bitkiler üzerine olmuştur. Bunların yanı sıra, çok pahalı ilaçlardan olan glukoserbrosidaz ve granülosit-makrofaj kolonilerini uyaran faktör gibi biyofarmatikler de transgenik bitkiler tarafından üretilmeye çalışılmaktadır (Mercenier vd. 2001).

E.coli Tn5 transposonundan türetilen kanamisin ve neomisine dirençlilik geni nptTT transgenik bitkilerde en sık kullanılan marker genidir. Bu genin bitkilerde kullanımının güvenilirliği de US FDA tarafından onaylanmıştır (Gasson, 2000, Giddings, 2001).

6. GENETİK OLARAK MODİFİYE EDİLMİŞ ORGANİZMALARIN İNSAN SAĞLIĞI VE ÇEVRE ÜZERİNDE YARATABİLECEĞİ ETKİLER

6.1 Çevre Üzerine Etkileri

Bazı araştırmacıların görüşleri; genetik olarak modifiye edilmiş canlıların çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etki yaratabileceği yönündedir. Bitkilerde dirençliliği sağlayan genlerin tozlaşma ile diğer bitkilerin (akraba olan) genomlarına girerek böceklerle, patojenlere ve pestisitlere direnen yabancı otların yaratılabileceği düşünülmektedir. Örneğin; Avusturalya'da yetişen karaçayır adlı bir otun Monsanto firmasının Roundup herbisitine karşı dirençlilik kazanmaya başladığı ve yok olmadan önce normalde verilen dozun 5 katına direnebildiği belirlenmiştir (www.natural-law.ca/genetic, 2000).

Bunun yanında, biyoçeşitliliğin de zarar görebileceği, hatta arıların vasıtasıyla balda istenmeyen bazı maddelerin oluşabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, bu transgenik bitkilerden gen kaçması ile başka tarlalardaki bitkilere geçerlerse istenmeyen özelliklerde başka bitkilerin oluşması sonucu benzeri görülmemiş davaların açılacağı belirtilmektedir (www.biotechnologyknowledge.com, 2001).

Çevre açısından olumsuz görüşler yer alırken, bazı olumlu örnekler de bulunmaktadır. Örneğin; ağaçlarda lignin biyosentezinden sorumlu genin antisens yöntemi ile inaktif edilmesi sonucunda kağıtçılık sektöründe ligninin uzaklaştırılması için kullanılan çevreye zararlı bazı toksik kimyasal maddelerin kullanımı azaltılmıştır. Başka bir örnek ise; bazı araştırmacılar biyolojik olarak yıkılabilen (biyoyıkılır) kullanışlı bir plastik üreten transgenik bitkiler geliştirmişlerdir (www.biotechnologyknowledge.com, 2002).

6.2 İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Genetik mühendisliği ile üretilen gıdalar, sağlıklı doğrudan ya da dolaylı yollarla olumsuz olarak etkileyebilir. Örneğin; gıda üreten organizmanın hücrelerine yeni genler ve genetik bilgiler yerleştirilmesi ile o organizmada bir ya da birden fazla yeni proteinin oluşması söz konusu olabilir. Başka bir deyişle genetik olarak değiştirilmiş bir organizma ile üretilen gıda bu yeni proteinleri içerebilir. Metabolizma tarafından tanınmayan bu yeni proteinlerin insan sağlığı üzerinde ne gibi etkilerinin olabileceği bilinmemektedir. Alerjik yada toksik özellikte olabileceği veya gıda üreten organizmanın hücre metabolizmasını istenmeyen ve bilinmeyen bir şekilde değiştirerek metabolizmada alerjik ya da toksik etki gösterebilen maddelerin oluşmasına neden olabileceği düşünülmektedir. Metabolizmadaki değişiklik sonucu gıda üreten organizma kendisi için gereken bir besin ögesi veya vitamini yapamaz duruma gelebileceği de ileri sürülmüştür. Bu şekilde genetik olarak değiştirilmiş gıdanın doğal (genetik olarak değiştirilmemiş) gıdaya göre daha az besin ögesi içermesinin söz konusu olabileceği bildirilmiştir (www.natural-law.ca/genetic, 2000).

Organizmanın DNA'sına yerleştirilen genin yerinin tam olarak kontrol edilememesinden dolayı mutasyonlar oluşmakta ve mutasyonun olduğu bu bölgeler gelişigüzel dağılım göstermektedir.

Mutasyonlar 3 şekilde etki gösterebilir;

a) Organizmanın DNA'sında doğal olarak bulunan genlerde değişikliğe neden olarak metabolizmada toksik maddelerin üretilmesine ve gıdanın besleyici değerinin azalmasına neden olabilir.

b) Normal genlerin kendini gösterme şeklinde (expression) değişikliğe neden olarak alerjik veya toksik maddelerin üretilmesine ve gıdanın besleyici değerinin azalmasına neden olabilir.

c) Organizmanın DNA'sının hayati önem taşıyan ancak bilinmeyen bir fonksiyonunu bozabilirler (www.natural-law.ca/genetic, 2000).

Kısaca insan sağlığı açısından bakıldığında olumsuz görüşler 3 grup altında incelenebilir:

1. Alerjik maddelerin oluşması.
2. Toksik maddelerin oluşması.
3. Gıdanın besleyici değerinde azalma olması.

Geçmişte meydana gelmiş bazı olaylar bulunmaktadır.

Brezilya fıstığından alınmış bir gen soya fasülyesine aktararak transgenik soya fasülyesi elde edilmiştir. Kabuklu meyvelere alerjisi olan 9 denekten kan serumu örnekleri alınarak hem transgenik hem de transgenik olmayan soya fasülyesinden alınan ekstraktlarla analizi yapıldığında bu kişilerin Brezilya fıstığından aktarılmış geni içeren transgenik soya fasülyesine karşı alerjik reaksiyon verdikleri saptanmıştır (www.natural-law.ca/genetic, 2000).

Gerekli proteinler açısından zayıf olan patatese, soya fasülyesinde depo proteini olarak bulunan glisinine ortaya çıkmasından sorumlu genin aktarılması ile elde edilmiş transgenik patatesler üzerinde protein, nem, lif, kül, karbonhidrat, mineral madde, vitamin, amino asit analizleri yapılmış ve bu özellikler açısından transgenik olmayanlarla benzer oldukları saptanmıştır. Ancak yağ asidi içeriği bakıldığında transgenik patateslerin değişik yağ asitlerini içerdikleri fakat bunun sağlık açısından herhangi bir tehlike oluşturmadığı saptanmıştır. Bunun yanında, patateslerde normalde oluşan toksik alkaloid miktarının transgenik patateslerde arttığı fakat güvenlik sınırının altında olduğu için herhangi bir tehlike oluşturmayacağı sonucuna varılmıştır (Hashimoto vd. 1999).

Antibiyotiklere karşı dirençli bitkilerin tüketilmesi ile insanların bu antibiyotiklere karşı direnç geliştirebilecekleri ileri sürülmektedir. Örneğin; *Bt* geninin aktarılmasıyla ampisiline karşı dirençlilik kazanan bitkilerin tüketilmesi sonucu insanların sindirim sistemlerinde bulunan bakterilerinde bu antibiyotige karşı direnç kazanabileceği araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (www.biotechnologyknowledge.com, 2001).

Bu örnekler doğrultusunda cevap verilmesi zorunlu bazı sorular oluşmaktadır:

- Transgenik olmayan ürünlerden elde edilmiş gıdanın alerjik ve toksik madde içeriği aynı olabilir mi?
- Alerjik ve toksik maddeler içeren ürünlerden alınan aktarılması istenen genin transferi sırasında bu özellikler transgenik ürünlere geçebilir mi?
- Transgenik ürünlerden elde edilen gıdaların besin değeri transgenik olmayan ürünlerden elde edilmiş gıdalara eşdeğer midir?

Bunun yanı sıra son zamanlarda elde edilmiş olumlu özelliklere sahip ürünler de bulunmaktadır.

Özellikle açlık probleminin bulunduğu Afrika ülkelerinde; besin değeri yüksek ve kurak alanlarda kolayca gelişebilen ürünler elde edilmiş ve deneme çalışmaları da gerçekleştirilmiştir. GM mısırların doğal hayata herhangi bir zarar vermediği EPA (Environmental Protection Agency) tarafından açıklanmıştır. Kaliforniya Üniversitesi bilim adamları tuza dayanıklı, tuzlu toprakta yetişebilen domatesler üretmeyi başarmışlardır. Fransız bilim adamları ise yüksek oranda fruktoz içeren patates çeşitleri geliştirmişlerdir. Tokyo Üniversitesi bilim adamları; insanlar tarafından tüketildiği takdirde hepatit B virüsüne karşı bağışıklık sağlayacak pirinç çeşidi üretmişlerdir (www.biotechnologyknowledge.com, 2001).

7. GENETİK OLARAK MODİFİYE EDİLMİŞ GIDALARIN BESİN KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Transgenik gıdaların bilinen alerjik ve toksik maddeleri içermemesi durumunda üretim için kabul edilebilirliği oldukça yüksek olmaktadır. Bununla birlikte transgenik gıdanın besleyici kalite açısından değerlendirilmesinin gerekliliği de önemle vurgulanmaktadır. Genetik değiştirme sonucunda gıdanın özelliklerinde istenen değişikliklerin yanında besin ögesi bileşimi yada gıdanın biyolojik yararlılığında istenmeyen değişiklikler olabilir. Bu değişikliklerin belirlenmesi amacıyla;

1. Standart kantitatif yöntemler uygulanabilir. Bunlar besin öğeleri miktarı, kompozisyonu, protein, yağ, karbonhidrat, vitaminler ve iz elementlerinin biyolojik yararlılığını belirleyen analizler olabilir.
2. Transgenik ve doğal gıdanın besin ögesi bileşimleri karşılaştırılarak önemli olduğu saptanan farklılıklar etikette belirtilmelidir. Transgenik gıdanın bileşiminde çok önemli farklılıklar olduğu saptanırsa transgenik gıdanın doğal gıdadan çok farklı özelliklere sahip olduğunu bildirecek şekilde farklı bir isimde piyasaya sunulmalıdır.
3. Bazı besin öğeleri için önemli kaynak olan gıdaların transgenik formlarının bu besin öğelerindeki değişikliklerin kalitatif yada kantitatif olarak saptanması için analizlenmesi gerekir. Doğal gıda ve transgenik gıdanın bileşimindeki önemli farklılıklar etikette belirtilmelidir (Schreiber, 1999, www.natural-law.ca/genetic, 2000).

8. TRANSGENİK GIDALAR VE EŞDEĞER OLMA (SUBSTANTIAL EQUIVALANCE) KAVRAMI

"Eşdeğer olma" kavramı Avrupa, Kuzey Amerika ve diğer ülkelerde genetik olarak modifiye edilmiş gıdaların ticari olarak piyasaya girişini hızlandırmak

amacıyla oluşturulmuş kuralların esasını teşkil etmektedir. Avrupa Birliği (EU) gıda ve gıda bileşenlerinin güvenilirlik testlerinin uygulanmasında eşdeğer olma kavramını bir kriter olarak kullanmakta ve doğal gıdaya eşdeğer olduğu saptanan transgenik gıdanın etiketlenmesine gerek olmadığı görüşünü savunmaktadır. Bu yaklaşımın yetersizliği ile ilgili çeşitli karşıt görüşler vardır. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD), eşdeğer olma kavramının hangi esaslara dayandığı ile ilgili bilgi olmadığından bu kavramın genetik gıdaların ne tür güvenilirlik testlerine tabi tutulması gerektiğinin tahmin edilmesinde kullanılamayacağını, bu testlerin seçimi ve sayısının incelenecek gıdanın doğası ile ilgili olduğunu belirtmiştir (www.natural-law.ca/genetic, 2000).

Eşdeğer olma kavramı doğal ve transgenik gıdanın güvenilirlik, besin kalitesi, lezzet ve doku gibi özellikleri açısından aynı (eşdeğer) olduğunu ifade ediyor gibi gözükmekte ise de pratik olarak araştırmacı doğal ve transgenik gıdanın belirli özelliklerini karşılaştırmakta, bu özellikler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunduğu takdirde, transgenik gıda ile doğal gıdanın eşdeğer olduğu kabul edilmektedir. Transgenik bir gıdanın doğal gıdaya eşdeğer olması durumunda daha sonraki aşamada yapılacak güvenilirlik testlerine ve etiketleme işlemlerine gerek duyulmamaktadır (www.natural-law.ca/genetic, 2000).

Eşdeğer olmayı belirleyen ve araştırılacak olan bir dizi özelliğin doğru olarak saptanması son derece önemlidir. Bu kavramın kullanımının çeşitli yanlışlara yol açacağı şimdiden tahmin edilmektedir. Transgenik mısır ve doğal mısırdan elde edilen mısır yağlarının kompozisyonunun aynı olduğunun saptanması ve yağ elde etme işleminin mısırdan bulunabilecek toksik ve alerjik maddeleri uzaklaştırdığı düşüncesi ile transgenik mısırdan elde edilen yağın etiketlenmesine gerek olmadığı görüşü bu yanlışlara iyi bir örnektir. Elde edilen mısır yağının % 100 saf olmadığı, az miktarda protein içerebileceği ve transgenik mısırdan gelen genetik olarak değiştirilmiş proteinlerin alerjik reaksiyonlara neden olabileceği bu aşamada göz ardı edilmiştir. Bunun yanında bu testlerde dikkate alınmayan ve gıdada az miktarda bulunan bileşenlerin de gıdanın besleyici değeri ve güvenilirliğine olan etkisi çok önemli olabilir. Yine genetik değiştirme sonucu toksik yağ asidi türevi gibi maddelerin oluşması ve çeşitli mekanizmalarla metabolizmayı etkilemesi söz konusu olabilir. Bu nedenlerden dolayı eşdeğer olma kavramının çok yüzeysel kaldığı, transgenik gıdanın test edilmesi ve etiketlenmesinde karar verme amacıyla kullanılmasının sakıncalı olduğu düşünülmektedir (Schreiber, 1999).

9. GIDALARDA BULUNABİLECEK GENETİK MODİFİKASYONLARI SAPTAMA YÖNTEMLERİ

Avrupa Topluluğu 1998 yılından itibaren yürürlüğe giren 1139/98 sayılı yönergesi ile bu tür ürünlerde etikette beyan zorunluluğu getirmiş olduğundan, bu beyana esas teşkil etmek üzere, genetik olarak değiştirilmiş unsurlar içermesi muhtemel tüm gıdaların ikili bir tarama sisteminden geçirilmesi ön görülmüştür. Bu amaçla geliştirilen tüm metotlar incelendiğinde, bunların birinci türünün rekombinant DNA'yı, ikinci türlerinin ise değiştirilmiş genomu nedeniyle sentezlenen farklı proteinleri saptamaya yönelik oldukları görülmektedir (Gachet vd. 1999, Şahin vd. 2001).

Genetik olarak modifiye edilmiş gıdaların saptanmasında kullanılacak analizlerin seçiminde göz önünde bulundurulması gereken birçok faktör bulunmaktadır; özgüllük, hassaslık, uygulanabilirlik, metodun pratikliği, maliyet ve zaman gibi. Bunların yanı sıra uygun metodun ve referans materyallerinin bulunması, gıdanın yapısı, degradasyon derecesi ve örneğin homojenliği de önemli faktörlerdir (Pöpping, 2001). Gıdalarda DNA ile proteinin yanı sıra lipid, yağ asidi ve polisakkaritler de bulunmaktadır. Bu maddelerin bazıları GM gıdaların saptanması için kullanılan yöntemleri olumsuz olarak etkileyebilirler. Örneğin, bu amaçla genetik materyallerin tespiti için kullanılan Polimeraz Zincir Reaksiyonunda (PCR) bazı bitki polisakkaritleri reaksiyonu inhibe edebilmektedir. Eğer, uygun kontrol materyalleri de elimizde bulunmuyorsa yanlış-negatif sonuçlar elde edebiliriz (Kuijer, 1999, Pöpping, 2001). Test edilecek materyalin degradasyon derecesi de oldukça önemlidir. Eğer saptanacak protein veya DNA, veya her ikisi de tespit edilemeyecek kadar zarar görmüş ise yine yanlış-negatif sonuçlar elde edilebilir. Bu durum uygun pozitif kontrollerin kullanılması ile ortadan kaldırılabilir (Pöpping, 2001). Alınan örneklerin homojenliği de oldukça önemlidir. Eğer genetik modifikasyonu işaret eden maddeler alınan örneklerde homojen olarak dağılmamış ise bu durum da yanlış-negatif sonuçlar elde edilmesine yol açabilir (Gilbert, 1999, Pöpping, 2001).

9.1 Genetik Modifikasyonları Saptama Yöntemleri

Genetik olarak modifiye edilmiş bitkilerin saptanmasında değişik hedefler seçilebilir. Örneğin normal gıdalardan farklı olarak sentezlenmiş yağ asitleri, proteinler veya nükleik asitler (DNA veya RNA) kontrol edilebilir (Pöpping, 2001).

Daha az dayanıklı olan mRNA ile sentezlenen proteinlere göre, DNA üzerinden yapılan transgenik gıdaların tespit çalışmaları daha çok yer tutmaktadır. Uygulanan işlemlere bağlı olarak (sıcaklık, basınç vb.) GM gıdalarda bulunan bileşenler zarar görebilmektedir. İç-

lerinde RNA en dayanıksız moleküldür. Bu nedenle transgenik gıdaların saptanmasında hedef molekül olarak seçilmez. Genetik modifikasyonlarda kullanılan promotör ve terminatör genler mRNA'da transkribe olmaz. Bu nedenle RNA ve proteinlerle yapılan saptama yöntemlerinde verimli sonuçlar elde edilememektedir (Pöpping, 2001).

GM gıdaların saptanmasına yönelik iki tip yöntem bulunmaktadır;

1. Eğer genetik modifikasyon sonucu yeni kimyasal maddeler (yeni yağ asitleri vb.) metabolizma tarafından üretilmiş ise bu maddeler kimyasal analizler ile (gaz kromatografisi/kütle spektrometrisi (GC-MS), nükleer magnetik rezonans (NMR), hızlı protein sıvı kromatografisi (FPLC vb.) veya immünolojik analizlerle (ELISA veya Western blot) tespit edilebilir. GC-MS ve NMR ile çalışırken örneklerin çok iyi saflaştırılmasını sağlayacak yöntemler gerekmektedir.

2. Eğer gen ürünü (protein) test edilecek ise değişik metodlar bulunmaktadır:

a. Transgenik proteinler GC-MS, FPLC veya kapiler elektroforez (CE) ile tespit edilebilir. Ancak, proteinlerin ifade edilme düzeyi bu metodların kullanılmasına bir engel teşkil edebilmektedir. İnsanların tüketimi için üretilmiş tohumlarda ifade düzeyi % 0.06'nın altındadır; bazen ppm (part per million) seviyesinin altında, bazen de ppb (part per billion) ve ppt (part per trillion) seviyesinde olmaktadır. Fakat, genetik olarak modifiye edilmiş bazı organizmalar tarafından üretilen kimozin FPLC ile başarılı bir şekilde tespit edilebilmektedir. Bakterilerde veya sığırlarda bulunan kimozinin FPLC profilleri değişik olabilmektedir.

b. Transgenik proteinler immünolojik olarak Western blot veya ELISA ile tespit edilebilir.

Western blot tekniğinde gıdadan özütlenen proteinler bir membran (örn., nitroselüloz) üzerine immobilize edilir. Membrana bağlanan bu proteinler, bu hedef proteinleri tanıyabilen antikorları içeren bir çözelti içerisinde batırılır. Bu antikor bir enzim ile bağlıdır ve bu enzim de renk reaksiyonu vermektedir. Sonuçta membranda oluşan rengin şiddeti antikor ile tespit edilen protein miktarı ile doğru orantılıdır.

ELISA tekniği de benzer prensibe sahiptir, fakat protein membran yerine plastik bir plaka üzerine bağlanmaktadır. Bu plaka üzerinde 300 tane kuyucuk bulunur, bu metodun büyük bir kısmı otomatiktir.

Western blot tekniği GM organizma analizlerinde rutin kullanıma uygun değildir; çünkü personel hassasiyeti gerektirmektedir. ELISA tekniğinin bir çok faydası bulunmaktadır. Örneğin, eğer standart gıda ile yapılan sonuçlara ait bir grafiğiniz var ise bu yöntem ile kantitatif analizler de gerçekleştirilebilir. Çok sayıda

organizasyon ELISA tekniği ile GM organizma belirleme sistemleri geliştirmiştir. Bunlardan en başarılısı Avrupa'da hammadde ve yarı işlenmiş mamüllerde uygulanan sistemdir. Ancak, bitkinin gıda üretiminde kullanılan kısmında transgenik proteinler ifade edilmemiş veya çok düşük seviyede ifade edilmiş ise ELISA tekniğinin kullanımı da kısıtlanabilir. Örneğin, BT176 transgenik mısırlarında Bt toksin proteini bitkinin yeşil kısmında ifade edilir, tohumda ise çok az miktarda bulunur. Bu nedenle mısır tohumlarında antikor kullanılarak transgenik proteinlerin tespit edilmesi zordur. Bu durumda DNA analizlerinin yapılması doğru ve kesin sonuçlar elde edilmesini sağlar (Brett vd. 1999; Lüthy, 1999; Pöpping, 2001, Schreiber, 1999).

Sonuç olarak; rekombinant DNA'nın çok kompleks gıda matrislerinden dahi ekstrakte edilerek saflaştırılması ve amplifiye edilmesini PCR yardımı ile çalışılan yöntemlerle hem tarama, hem de kantitatif sonuçlar, % 0.01 hassasiyetle alınabilmektedir. Öte yandan, farklı modifiye ürünlerin varlığı da ELISA metodları ile hızlı bir şekilde % 0.5-1 seviyesinde belirlenebilmektedir (Kuiper, 1999, Schreiber; 1999, Şahin vd. 2001).

9.2 Genetik Modifikasyonda Yeni Özelliği Kodlayan Gen, Promotör, Terminatör ve Marker (İşaret) Gen ve Özellikleri

Genetik olarak modifiye edilmiş (GM) organizmalarda sadece yeni özelliği kazandıracak genin bulunması yeterli değildir. Bu genin protein olarak ifade edilmesi için başka genlerinde bulunması gerekmektedir. Bu genler; sinyali başlatmak için *promotör gen*, yeni özelliği kodlayacak *gen*, sinyali durdurmak için *terminatör gen* ve GM organizma ile GM olmayan organizmanın ayırt edilmesini sağlayan *marker (işaret) genidir*. Promotör gen, yeni özelliği kazandıracak gen, terminatör gen veya marker genden herhangi birini belirleyerek GM organizmaların tespit edilmesi mümkündür (Pöpping, 2001).

Promotör gen, sinyalin başlamasını sağlayan ve genin ifade edilmesini başlatan genidir. Bir çok transgenik bitki çeşidinde karnabahar mozaik virüsünden (Cauliflower Mosaic Virus) (CaMV) elde edilen 35S genini promotör gen olarak bulunmaktadır. Terminatör gen ise sinyalin durdurulmasından sorumludur. Bu gen genellikle bir toprak bakterisi olan *Agrobacterium tumefaciens*'den elde edilen nopalin sentez genidir (NOS). Bu gen NOS veya NOS 3' olarak ifade edilmektedir. Transgenik olmayan bir bitki ile transgenik bir bitkinin bilim adamları tarafından ayırt edilebilmesi için marker genler kullanılmaktadır. Bu genler genellikle antibiyotik veya sıcaklığa dayanıklılığı kodlamaktadır. Antibiyotik veya diğer seçici marker genleri bulunduran ortamlarda yetiştirilen bitkilerden bu maddelere dayanık-

lılık genini taşıyan bitkiler canlı kalıp gelişebilmektedir (Gachet, 1999; Pöpping, 2001).

Gıda örneğinin analiz edilen kısmı, bakteri veya virüsler tarafından kontamine olabilmektedir. CaMV'nin 35S promotör ve *A.tumafaciens*'in NOS terminatör geni tabiatı doğal olarak bulunmaktadır. Bu durumda analizlenen gıdalarda bu dizilerin bulunması, bu gıdaların transgenik gıda olduğunu göstermez. Ancak, bu promotör ve terminatör genin her ikisinin test edilen örnekte bulunması bu organizmanın genetik olarak modifiye olduğunu gösterir. Bu promotör vb. genlerin tespit edilebilmesi için laboratuvarlarda optimum metodların geliştirilmesi gerekmektedir. Glifosfata dirençli tohum (Roundup Ready soya ve pamuk) ve böceklerle dirençli mısırmın (*Bt* mısır) tespit edilmesi için kullanılan metodlar başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Gachet, 1999, Pöpping, 2001).

9.3 Genetik Modifikasyonların Saptanması Amacıyla Geliştirilen ve Kullanılan PCR Teknikleri

Transgenik gıdalarda bulunan modifikasyonların PCR ile belirlenmesine yönelik birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak, bu çalışmalar genellikle kalitatif tayin şeklindedir. Kanunlarda belirtilen gıdalarda bulunması gereken genetik materyal miktarının belirlenip bunun etikette yazılabilmesi için kantitatif PCR yöntemlerine gereksinim duyulmuştur (Hübner vd. 1999, Schreiber, 1999, Wurz vd. 1999). Kantitatif PCR için yarışmalı PCR ve "Real-time analizleri" bulunmaktadır. Yarışmalı PCR bir tahmine dayandırılmaktadır; buna göre ortamda primerle eşleşme yapacak aynı komplementer DNA dizisine sahip iki dizi bulunmaktadır ve bunlar primerlere bağlanmak için birbirleri ile yarışır. Bu metotta kısa fragment ve içsel standart sentezlenir ve bu kısım primerlerle eşleşebilecek aynı diziye sahiptir. Elde edilen amplifikasyon ürünleri; (1) büyüklüğe göre agaroz jelde ayrılmış ve (2) sahip olduğu floresans şiddetine göre amplifiye DNA miktarı ile orantılı ürünlerdir. Bunlar agaroz jelde değişik şiddette iki ayrı bant olarak görülür. Yapılan seyreltmeler doğrultusunda hedef DNA'ya ait elde edilen bantlar ile içsel standart DNA'ya ait bantlar karşılaştırılır ve eşit olarak belirlenir. Buradan gidilerek kantitatif sonuçlar elde edilir. Bu sistem İsveç hükümetinin sürdürdüğü çalışma sonucu elde edilmiştir. Son zamanlarda ise tüm Avrupa'da test edilerek kullanılmaya başlanmıştır. Bu metod Real-time teknolojisine göre daha ucuz bir metoddur ancak bir dezavantajı, seyreltme serileri için çok zaman gerektirir. PCR ile elde edilen bantlar agaroz jelde görülmektedir. Normal PCR reaksiyonu sonucu elde edilen moleküllerin hepsi birbirinin benzeridir. Bu nedenle, normal PCR ürünlerinin miktarının belirlenmesi mümkün değildir. Real-time teknolojisinde hedef moleküllerin ölçül-

mesi için DNA ile eşleşme yapan floresan problemler kullanılmaktadır. Real-time analizde (real-time PCR olarak da geçmektedir) ise PCR reaksiyonunun en sonunda de-ğil, her kademesinde üretilen moleküllerin miktarları belirlenmektedir. Real-time PCR pahalı olmasına rağmen tıpkı ELISA tekniğinde kullanılan plakada olduğu gibi maksimum 96 tayini aynı zamanda yapabilmektedir (Lipp vd. 1999; Meyer, 1999; Pöpping, 2001).

Kantitatif DNA analizlerinde çoğunlukla Real-time PCR metodu kullanılmaktadır. Ancak bu metodların da güvenilirlik dereceleri farklı olabilmektedir. Bunu inceleyebilmek amacı ile dünyada ilk olarak İngiltere'de Gıda Araştırma Enstitüsü (Institute of Food Research) (IFR) GM organizmalar ile ilgili bir test projesi hazırlamışlardır. Avrupa ve Amerika'da kırkbeşten fazla laboratuvar bu projeye katılmıştır. İngiltere'de Gıda Standartları Enstitüsü ise (FSA) kendi projesini geliştirmiştir. IFR sadece un üzerinde yapılan analizleri değerlendirirken, FSA işlenmiş ürünler üzerine odaklanmıştır. Sonuçta, toplanan sonuçların beklenen değerden sapma gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak bazı metodların çok tutarlı sonuçlarda verdiği belirlenmiştir (Lipp vd. 1999, Meyer, 1999, Pöpping, 2001).

Son çalışmalar daha kısa sürede kesin sonuçların elde edilmesini sağlayacak yöntemlerin geliştirilmesi yönünde olmaktadır. Örneğin; bir ticari firma tarafından geliştirilen LabchipTM sisteminde bir çip üzerine yerleştirilen kapiler elektroforezden yararlanılarak PCR ürünlerinin incelenmesinde kullanılan agaroz jel elektroforezine alternatif bir yöntem olarak geliştirilerek daha kısa sürede daha hassas sonuçlar elde edilebileceği belirlenmiştir (Birch vd. 2001).

9.4 Gıdalarda Genetik Modifikasyonlar Sonucu Meydana Gelebilecek Endikasyonlar Üzerine Yapılan Araştırmalar

Bir gıda tüketildiğinde vücudun salgı bezlerinde, pankreasta ve ince bağırsakta deoksiribonükleaz 1 salgılanmaktadır. Midede salgılarıyla oluşan asidik ortamda veya geniş getiren hayvanların sindirim sisteminde DNA'nın yapısından adenin ve guanin bazları ayrılır. Bu konu üzerine yapılan bazı çalışmalarda yarışmalı PCR kullanılarak DNA'nın zarar gördüğü tespit edilmiştir. Serbest DNA toprak minerallerine ve bitki polisakkaritlerine bağlanarak nükleolitik saldırılara karşı dirençlilik kazanabilir bu şekilde genetik materyalin çevrede canlılığını sürdürmesi de sıkça görülmektedir (Gasson, 2000).

Transgenik bitkilerde kullanılan antibiyotik veya sıcaklığa dayanıklılık marker genlerinin bu bitkileri tüketen canlılara geçerek olumsuz sonuçlar meydana getirebileceği görüşü, bazı araştırmacılar tarafından ileri

sürülmektedir. Örneğin, belli bir antibiyotiğe dayanıklılık geni bulunduran bir bitki, bir kişi tarafından tüketildikten sonra o gen, kişinin bağırsak florasında bulunan mikroorganizmalara geçerse o kişinin, o antibiyotiğe dirençlilik kazanmasına neden olabilir. Sonuçta kişinin, bir rahatsızlığı sonucu bu antibiyotik ile tedavi gördüğü takdirde, tedaviye cevap vermemesi söz konusu olabilir (Hohn vd. 2001).

Bu nedenle, son çalışmalarda marker gen olarak kullanılan genlerin yok edilmesi yoluna gidilmektedir. Bu amaçla site-spesific rekombinasyon veya transpozisyon yöntemleri kullanılmıştır. Örneğin, Ebunima ve ark.'nın 1997 yılında yaptıkları bir çalışmada *Agrobacterium*'un T-DNA'sından isopentenil transferaz (*ipt*) geni ile karnabahar mozaik virüsünden (CaMV) 35S promotör geni ile transgenik tütün bitkisi elde edilmiştir. Sonuçta, Ac transpozonunun etkisi ile transgenin *ipt* geninin yer değiştirdiği görülmüştür. Site-spesifik rekombinasyon tekniği ile marker genin yok edilmesinde, transgenik bölgeye bağlı marker ve transgen, enzim aktivitesi ile o bölgeden kesilir ve marker gen tekrar geri bağlanmamak üzere yok edilir (Hohn vd. 2001). Dale ve Ow'un 1991 yılında yaptıkları çalışmada *E.coli* P1 bakteriyofajından aldıkları *Cre rekombinaz* geni ile transgenik tütün bitkisine ait marker gen, hedef transgenik bölgeden çıkarılmıştır.

Transpozisyon tekniği ile marker genin yok olmasında ise marker gen hareketli bölgeye yerleştirilir ve transpozisyon sonucu yok olur. Bu yöntem ile hem marker, hem de aktarılması istenen genin yok edilmesi de söz konusudur (Hohn vd. 2001).

Transgenik bitkilerde kullanılan marker genler genellikle antibiyotiğe dirençlilik genleridir. Bu bitkiler hayvanlar tarafından yem veya insanlar tarafından gıda olarak tüketildiğinde transgenler konukçunun DNA'sına katılabilirler. Bunun gerçekleşebilmesi için DNA'nın boyutu da önem taşımaktadır. GM bitkilerde transgenin büyüklüğü yaklaşık 1-1.5 kb arasındadır. Bu boyuttaki transgen konukçu DNA'sına katılabilir. Ancak DNA sıcaklık, basınç, fiziksel ve kimyasal işlemlerle bozulmuş olabilir. Bu işlemler gıdaların işlenmesi sırasında uygulanmaktadır. Yapılan çalışmalarda uygulanan bu işlemlerin DNA'yı etkileme derecesi incelenmiştir. Bu amaçla GM bitkilerde bulunan transgenlerin boyutuna yakın olan Rubisco SS (RbcS1 ve RbcS2) genleri (1.3-1.6 kb) kontrol gen olarak kullanılarak araştırmalar gerçekleştirilmiştir. PCR kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Sonuçta, 95°C ve üzerindeki ısı işlemlerin DNA'nın bozulabilmesi için yeterli olduğu belirlenmiştir. Kimyasal ve fiziksel işlemler ile yüksek sıcaklık ile yapılan ısı işlemlerin ise DNA'nın daha etkin bir şekilde bozulmasını sağladığı belirlenmiştir. Buhar uygulamalarının ise yetersiz kaldığı tespit edilmiştir (Chiter vd. 2000).

10. ETİKETLEME

Genetik gıdalar üzerinde çalışan pek çok grup, etikette bu duruma yer verilmesinin tüketicinin bu gıdalar hakkında olumsuz düşünebileceğini ileri sürmektedir. Ancak dini öğretilerin belli bir diyetten yoksun bıraktığı Yahudilerin ve Müslümanların gıdaların domuz geni içerip içermediğini bilmek isteyebileceği düşünülerek 1997'de yapılan bir kamuoyu incelemesinde tüketicilerin % 93'nün gıdaların transgenik olup olmadığını etikette görmek istedikleri sonucuna varılmıştır. Bu doğrultuda son zamanlarda birçok ülkede transgenik gıdaların etiketlenmesine ilişkin yasalar çıkarılmaktadır. Örneğin; Avrupa'da gıdanın içinde % 1 oranında DNA veya genetik modifikasyon sonucu oluşmuş protein varsa bunun etikette belirtilmesi zorunluluğu getirilmiştir (AGCare, 2001).

Avrupa Birliği ve Avrupa Komisyonu (EC) genetik mühendisliği ile elde edilmiş gıdalar ve gıda bileşenleri ile ilgili 258/97 ve 1139/98 no.lu gıda yönetmeliğini çıkarmıştır. Bu yönetmeliğe göre; içerik ve besleyici değer gibi özellikler açısından genetik olarak modifiye edilmemiş gıdaya eşdeğer olmayan ve Roundup Ready Soya ve *Bt-176* mısırdaki bulunan DNA ve proteini içeren gıdaların etiketlerinde bu durumun belirtilmesi gerekmektedir. 2000 yılında iki yeni yönetmelik daha çıkarılmıştır. 49/2000/EC yönetmeliğine göre etiketleme için genetik materyalin bulunacağı eşik sınırı %1 olarak belirlenmiştir. 50/2000/EC yönetmeliğine göre ise aroma maddeleri ve katkı maddeleri de etikette belirtilmelidir. Yönetmelikte belirtilmiş olan % 1 eşik sınırı başka ülkelerde %2, %3 ve %5 olabilmektedir (Pöpping, 2001).

Amerika'da ise FDA, "GM gıdalarda normal gıdaya eşdeğer olmayan bileşenler ve alerji oluşturabilecek maddeler varsa etikette mutlaka belirtilmelidir." şeklinde bir zorunluluk getirmiştir (Pöpping, 2001).

SONUÇ

Yeşiller olarak da bilinen pek çok çevreci grup konunun olumsuz kısmı üzerinde tartışmalar çıkarmakta ve birçok ülkede bu genetik çalışmaların engellenmesine yönelik yasaklama ve sınırlamaların getirilmesini sağlamaya çalışmaktadırlar. Bu konu Davos'daki Dünya Ekonomi Zirvesi'nde de ele alınmıştır. Bu zirveye birçok büyük firma, bazı kuruluşların başkanları ve bilim adamları katılarak görüşlerini bildirmişlerdir. Coca-Cola, Nestle, McDonald's, Pepsico ve Heineken gibi büyük firmalar ise bu gıdalara karşı olmadıklarını ancak söz sahibinin tüketici olduğunu ve onlar istemediği takdirde bu ürünleri satamayacaklarını belirtmişlerdir (Thomson, 2001).

Türkiye’de ise 4 Temmuz 2001’de Ankara’da “I. Biyoteknoloji Danışma Kurulu Toplantısı” gerçekleştirilmiştir. Ağırlıklı olarak ülkemizde tarımsal modern biyoteknolojinin bugünü ve yarını tartışılmış ve genetik olarak modifiye edilmiş ürünlerin piyasaya sürülmesi ve tescil edilmesine ilişkin yasa tasarıları hakkında görüşülmüştür (Açıköz, 2001).

Genetik olarak modifiye edilmiş bu gıdaların tespit edilmesine ilişkin; nitel ve nicel tüm analizlerin yapılması, transgenik gıdanın toksik ve alerjik madde içerip içermediği ve besin ögesi içeriği açısından transgenik olmayan gıdalara eşdeğer olup olmadığı tespit edilmelidir. Gıdalarda genetik olarak modifiye edilmiş unsurları saptama ve miktar tayin yöntemlerinin yaygın kullanılabilirlik amacıyla geliştirilmelerinde göz önünde bulundurulması gereken en önemli parametreler; maliyet, kapsam, spesifiklik, kantitatif ölçüm hassasiyeti ve otomasyona yatkınlıktır (Pöpping, 2001).

Bugün artık çağımızda genetik olarak modifiye edilmiş organizmalar gerçeği ihmal edilemez bir olgudur. Teknolojinin sunduğu bu imkanı yadsımadan, sağduyu ve tarafsızlık ilkesi ile toplum sağlığı ve gelecek nesiller için en doğruyu bulmanın ise, konusunda uzman bilim kişilerinin sorumluluğunda olduğu görüşünderiz.

KAYNAKÇA

Açıköz, N. (2001). Editörün notu. *Agbiyotek Elektronik Haber Dergisi* Sayı 22.

AGCare. (2001). Labelling of Genetically Modified Foods: International Approaches. *Agbiyotek Elektronik Haber Dergisi* Sayı 21.

Barefoot, S. F., Beachy, R. N. and Lilburn, M. S. (1994). *Council For Agricultural Science and Technology Issue*, USA.

Birch, L., Archard, C. L., Parkes, H. C., and McDowell, D.G. (2001). Evaluation of LabChip™ Technology for GMO Analysis in Food. *Food Control* 12, 535-540.

Brett, G. M., Chambers, S. J., Huang, L., and Morgan, M. R. A. (1999). Design and Development of Immunoassays for Detection of Proteins. *Food Control* 10, 401-406.

Chiter, A., Forbes, M., and Blair, G. E. (2000). DNA Stability in Plant Tissues: Implications for the Possible Transfer of Genes from Genetically Modified Food. *FEBS Letters* 481, 164-168.

Gachet, E., Martin, G. G., Vigneau, F. and Meyer, G. (1999). Detection of Genetically Modified Organisms (GMOs) by PCR: a Brief Review of Methodologies Available. *Trends in Food Science & Technology* 9, 380-388.

Gasson, M. J. (2000). Gene Transfer from Genetically Modified Food. *Current Opinion in Biotechnology*, 11, 505-508.

Giddings, G. (2001). Transgenic Plants as Protein Factories. *Current Opinion in Biotechnology*, 12, 450-454.

Gilbert, J. (1999). Sampling of Raw Materials and Processed Foods for the Presence of GMOs. *Food Control* 10, 363-365.

Hashimoto, W., Momma, K., Katsube, T., Ohkawa, Y., Ishige, T., Kito, M., Utsumi, S. and Murata, K. (1999). Safety Assessment of Genetically Engineered Potatoes with Designed Soybean Glycinin: Compositional Analyses of the Potato Tubers and Digestibility of the Newly Expressed Protein in Transgenic Potatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 79, 1607-1612.

Hohn, B., Levy, A. A., and Puchta, H. (2001). Elimination of Selection Markers from Transgenic Plants. *Current Opinion in Biotechnology* 12, 139-143.

Hübner, P., Studer, E., and Lüthy, J. (1999). Quantitative Competitive PCR for the Detection of Genetically Modified Organisms in Food. *Food Control* 10, 353-358.

Kuiper, H. A. (1999). Summary Report of the ILSI Europe Workshop on Detection Methods for Novel Foods Derived from Genetically Modified Organisms. *Food Control* 10, 339-349.

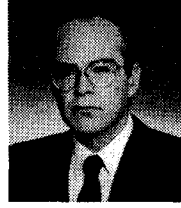
Levin, A. and Israeli, S. (1996). *Engineered Organisms in Environmental Settings*. CRC Press Inc., London.

Lipp, M., Anklam, E., Brodmann, P., Pietsch, K., and Pauwels, J. (1999). Results of an Interlaboratory Assessment of a Screening Method of Genetically Modified Organisms in Soy Beans and Maize. *Food Control* 10, 379-383.

Lüthy, J. (1999). Detection Strategies for Food Authenticity and Genetically Modified Foods. *Food Control* 10, 359-361.

Meyer, R. (1999). Development and Application of DNA Analytical Methods for the Detection of GMOs in Food. *Food Control* 10, 391-399.

- Merceiner, A., Wiedermann, U., and Breiteneder, H. (2001). Edible Genetically Modified Microorganisms and Plants for Improved Healthy. *Current Opinion in Biotechnology* 12, 510-515.
- Morris, S. (2001). *Questions on the Regulations of GMOs in the EU Source*, European Union MEMO, Brussels.
- Mourgues, F., Brisset, M.N. and Chevreau, E. (1998). Strategies to Improve Plant Resistance to Bacterial Diseases through Genetic Engineering. *TIBTECH* Vol 16:203-210.
- Nicholl, D. S. T. (1994). *Transgenic Plants. An Introduction to Genetic Engineering*, Cambridge University Press, Britain.
- Özcan, S., Gürel, E. and Babaoğlu, M. (2001). *Bitki Biyoteknolojisi-2*, Selçuk Üniversitesi Yayınları, Konya, 172-173.
- Porretta, S. and Poli, G. (1997). Tomato Puree Quality from Transgenic Processing Tomatoes. *International Journal of Food Science and Technology* 32, 527-534.
- Pöpping, B. (2001). Methods for the Detection of Genetically Modified Organisms: Precision, Pitfalls, and Proficiency. *International Laboratory* 31(4), 23-29.
- Schreiber, G. A. (1999). Challenges for methods to detect genetically modified DNA in Foods. *Food Control* 10: 351-352.
- Schuler, T. H., Poppy, G. M., Kerry, B. R. And Denholm, I. (1998). Insect-resistant Transgenic Plants. *TIBTECH* 16, 168-175.
- Shah, D. M., Rommens, C. M. T. and Beachy, R. N. (1995). Resistance to Diseases and Insects in Transgenic Plants: Progress and Applications to Agriculture. *TIBTECH* 13, 362-368.
- Şahin, N., Özçelik, B., Karaali, A. (2001). Gıdalarda Bulunabilecek Genetik Modifikasyon Örnekleri ve Bunları Saptama Yöntemleri. *XII. Biyoteknoloji Kongresi*, (s. 92).
- Schreiber, G. A. (1999). Challenges for Methods to Detect Genetically Modified DNA in Foods. *Food Control* 10, 351-352.
- Shah, D. M., Rommens, C. M. T. and Beachy, R. N. (1995). Resistance to Diseases and Insects in Transgenic Plants: Progress and Applications to Agriculture. *TIBTECH* 13, 362-368.
- The Advantage. (2001). advantage@monsantolist.com.
- Thomson, J. A. (2001). *World Economic Forum Davos*, ISB News Report.
- Wurz, A., Bluth, A., Zeltz, P., Pfeifer, R., and Willmund, R. (1999). Quantitative Analysis of Genetically Modified Organisms (GMO) in Processed Food by PCR-based Methods. *Food Control* 10, 385-389.
- www.biotechnologyknowledge.com, 2001.
- www.isaaa.org, 2002.
- www.natural-law.ca/genetic, 2000.



Ş. Suha Sukan, 1948 yılında İzmir'de doğdu. 1971 yılında Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümünden mezun oldu. Yüksek lisansını da aynı bölümde tamamladı. Doktorasını 1980'de Biyoteknoloji Dalında National College of Food Technology, Reading University de bitirdi. 1993 yılında profesör oldu. Halen Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde Profesör olarak çalışmaktadır.



Şehnaz Özatay, 1976 İzmir doğumludur. 1998 yılında Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünden bölüm birincisi olarak mezun olmuştur. Yüksek lisansını, 2001 yılında aynı bölümde tamamlamıştır. Halen Ege Üniversitesi Biyoteknoloji Anabilim Dalında doktorasını yapmaktadır.



Sacide Pehlivan, 1964 yılında İzmir'de doğdu. 1985 yılında Ege Üniversitesi Biyoloji Bölümünden mezun oldu. Yüksek lisansını 1989 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Tıbbi Biyoloji Bölümünde, doktorasını 1997 yılında Hacettepe Üniversitesi Tıbbi Biyoloji Bölümünde tamamladı. 1998 yılından beri Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Genel Biyoloji Anabilim Dalında Yardımcı Doçent olarak görev yapmaktadır. 1998 yılından itibaren yaptığı moleküler genetik alanındaki çalışmalar ile 6 adet bilimsel ödül kazanmıştır.