

# GENETİK MODİFİKASYON VE GENETİK MODİFİYE BESİNLER

Araş. Gör. Alev KESER\*, Prof. Dr. Sevinç YÜCECAN\*

## ÖZET

Genetik modifikasyon teknikleri ile bitki ve hayvanların genetik materyalinde yapılan değişiklikler sayesinde, ürünlere istenilen özelliklerin kazandırılması sağlanmakta ve böylece genetik modifikasyon, uzun zaman alan ve her zaman verimli olmayan geleneksel melezleme yöntemlerine karşı ciddi bir alternatif oluşturmaktadır. Bugün tüketilen çeşitli genetik modifiye besinler tamamen veya kısmen genetik modifikasyon teknikleri ile üretilmiştir. Genetik olarak modifiye edilmiş besinlerin potansiyel yararlarının yanında teknolojisinde bazı problemler ile de karşılaşmaktadır. Bununla ilgili en önemli kaygılar, genetik modifiye besinlerin besin kalitesinde değişimler, bu besinlerin tüketilmesi ile birlikte görülebilecek potansiyel allerjenite, toksisite ve antibiyotiğe karşı direncin gelişmesidir. Ayrıca, yeni virüslerin veya toksinlerin oluşması ve istemeyerek gerçekleşen yabani bitkilere gen transferi ile bitki sosyolojisinde bozulmalar gibi çevresel şüpheler vardır. Genetik modifiye besinlerin avantajları ve dezavantajları ile ilgili tartışmaların çözümlenmesi için, uzun dönemde yapılan tarafsız ve bilimsel araştırma verilerine göre yasal düzenlemelerin oluşturulması büyük önem taşımaktadır.

**Anahtar sözcükler:** Genetik modifikasyon, genetik modifiye besinler, potansiyel etkileri

## ABSTRACT

### *Genetically Modification and Genetically Modified Foods*

By the modification in genetic material of plants and animals using genetic modifications techniques the desirable properties of the crops can be gained. Thus, genetic modification is a significant alternative method against to the traditional crossbreeding practices. Many foods consumed today are either genetically modified (GM) whole foods, or contain ingredients derived from gene modification technology. Despite the potential benefits of genetic engineering of foods, the technology is surrounded by controversy. Some of the specific fears expressed by opponents of GM technology include alteration in nutritional quality of foods, potential allergenicity, potential toxicity and possible antibiotic resistance from consuming GM foods. In addition, some more general concern include environmental pollution, possible creation of new viruses and toxins, unintentional gene transfer to wild plants and degeneration of plant sociology. Its important to form the legal arrangements according to the results of impartial and scientific research data to clear the contradiction on advantage and disadvantages of genetic modified foods.

**Key words:** Genetical modification, genetically modified foods, potential affects

## GİRİŞ

Genetik mühendisliği, canlıların genetik materyali olan DNA'yı istenilen özellikler yönünde modifiye etmek ve hayata yeni varyas-

\* H.Ü. STYO Beslenme ve Diyetetik Bölümü

yonlar katmak için bazı genlerin transformasyonunu kullanan bir bilim dalı olarak tanımlanmaktadır. DNA'nın çeşitli şekillerde değiştirilmesi ve bir organizmadan diğerine aktarılması (rekombinan DNA tekniği) herhangi bir organizmanın bitki, bakteri, virüs veya hayvana ait özellikler kazanmasına olanak sağlar (1, 2). Bu tip transgenik organizmalar; enzimler, monoklonal antikorlar, besin öğeleri, hormonlar gibi çeşitli öğeler ile ilaçlar ve aşular içeren bazı eczacılık ürünlerinin fazla miktarlarda üretimi için programlanmaktadır. Bu teknoloji ile; ticari olarak besinler, pestisitler, hücreler, dokular, organlar ve biyokimyasal maddeler üretilmektedir. Ayrıca, rDNA teknolojisi ile, bakteri, bitki, balık ve kümes hayvanlarının kopyalanması mümkün hale gelmektedir. Hayvan ve bitkilerin modifikasyonu için kullanılan bu teknik günümüzde artık besinler için de kullanılmaktadır (1).

Ürün yetiştirilmesinde ve besin üretiminde genetik mühendisliği uygulamaları, geleneksel tarım teknolojilerinin bir uzantısıdır (2,3). Bitki genomlarının analizi ve gen klonlama teknikleri, bitkilerin yetiştirilmesinde bitkiye istenilen özelliklerin kazandırılması için spesifik genlerin eklenmesine olanak sağlar (3). Bitki biyoteknolojisi, yararlı ürünlerin üretilmesi amacıyla biyolojik materyaller ile bitkilere spesifik süreçlerin uygulanması olarak tanımlanmaktadır. Bitki metabolizmasında yeni türlerin yaratılması, olgunlaşmamış bitkinin kalitesi, fonksiyonelliği ve elde edilebilirliği ile ilgili olumlu yenilikler sağlar. Bu nedenle, çeşitli amaçlarla pek çok besin genetik olarak modifiye edilmiştir (1). Genetik mühendisliği ile bitkilere gen nakli iki yöntem ile yapılabilmektedir. Bunlardan ilki, bitki genomuna yeni geni, bakteri (*Agrobacterium tumefaciens*) plazmidleri (daireysel DNA parçaları) kullanılarak transfer etmektir. Diğerisi ise, istenilen genle kaplanmış mikro parçacıklarının bitki dokularına bombardımanıdır. Hayvanların genetik modifikasyonunda sıklıkla kullanılan yöntem ise; yabancı DNA'nın yumurta pronükleusuna (memeli) veya yumurta sitoplazmasına (balık) mikroenjeksiyonudur. Bir başka teknik ise, yumurtalara nükleus transferini

takiben olgun hücrelerin genetik modifikasyonudur (4).

Geleneksel tarımda, kalite ve verimin artmasını sağlamak, bitkileri hastalıklara ve böceklere karşı dayanıklı kılmak amacıyla yüzyıllar boyunca melezleme yöntemi kullanılmıştır. Melezleme yönteminde, istenilen özelliklerde döl elde etme amacıyla söz konusu özelliklere sahip bitki veya hayvanların kontrollü olarak üremeleri sağlanır. Üreticiler, uzun yıllar özel tozlaşma yöntemleri ve melezleme yoluyla bazı hastalıklara karşı direnç gibi, istenilen bir çok özelliği bitkilere aktarabilmişlerdir. Ancak, bunu yaparken istenmeyen özelliklere sahip genlerin de bitkiye geçişini kontrol edememişler ve bitkilerin istenmeyen yeni özellikler kazanmasına neden olmuşlardır. rDNA teknikleri ise, istenilen özelliklerdeki bir veya sınırlı sayıdaki genlerin kontrollü bir şekilde yeni organizmaya aktarılmasını sağlar (5).

Genetik modifikasyonun (GM) geleneksel yöntemler ile üretilen bitki yetiştiriciliğine göre avantajları vardır. Bunlardan ilki, canlı organizmaya aktarılacak genin bitki, hayvan ve hatta mikroorganizmalardan bile elde edilebilir olmasıdır. Geleneksel bitki yetiştirmeyi sınırlayan üreme bariyerleri bu şekilde aşılmış olur (6). Başka bir deyişle, genetik modifikasyonda tür kısıtlaması yoktur. Farklı türler arasında gen transferine olanak sağlar (5). Aynı zamanda kodlanan ögenin özelliklerini (biyolojik aktivite, besin kalitesi, fonksiyonel özellikler) mutasyona uğratmakta mümkündür. İkinci olarak, sadece tanımlanmış tek bir gen veya henüz tanımlanamamış olan az sayıda gen transfer edilebilir, bu da bir sonraki kuşakta gözlenebilir (6,7). Geleneksel üretim yönteminde ise, tanımlanamamış bitki genlerinin büyük bir kısmının değiştirilmesi ile sonuçlanmaktadır (5). Üçüncü olarak da trans gen ekspresyonunun seviyesini ve öğelerini baştan kontrol etmek mümkündür ve böylece endojen gen oluşumu azaltılır (6).

Genetik mühendisliği teknikleri ile modifiye edilmiş besinler literatürde, genetik mühendisliği

ile üretilmiş bitkiler, biyomühendislik bitkileri, genetik modifiye organizmalar (GMO), genetik modifiye besinler/ürünler veya biyoteknoloji bitkileri olarak da adlandırılmaktadır. Günümüzde çok önemli bazı ürünler, herbisitlere, virüslere, insekstitlere ve hastalıklara karşı dirençli hale getirilmek üzere modifiye edilmektedir. Genetik modifiye bitkilerden elde edilen bileşenler (yağlar, unlar, şuruplar, lezzet vericiler ve renklendiriciler), besinler, besin ürünleri ve yemler endüstrinin çeşitli dallarında kullanılmaktadır. Önümüzdeki yıllarda, genetik olarak modifiye edilmiş çok çeşitli besinlerin marketlerde birinci sıralarda yer alacağı tahmin edilmektedir. Tablo 1 Amerika'da kullanılan tümü veya bir kısmı genetik modifiye soya, mısır, kanola, pamuk veya patatesten oluşan ürünleri göstermektedir (1).

Bu derlemede, genetik olarak modifiye edilmiş bazı besinlerin özellikleri, rekombinan DNA teknikleri ile üretilen bu besinlerin faydaları, potansiyel riskleri ve yasal düzenlemeleri özetlenmiştir.

## TARİHÇESİ

Temeli fermentasyona dayanan genetik mühendisliği teknikleri 1960'lı yıllarda başlamış ve 1990'lı yıllarda hız kazanmıştır (1,6,8). Genetik modifikasyon ile üretilen ilk besin marketlerdeki yerini 1960'lı yıllarda almıştır. Yıl 1967'de, patates cipsi yapımında kullanılmak üzere kuru madde içeriği yüksek olan "Lenape patatesi" olarak adlandırılan bir patates türü üretilmiştir. Ancak üretiminden iki yıl sonra bu yeni patates cinsi "solanin" denilen bir toksin üretmiştir. Bu nedenle söz konusu patates Birleşik Devletler Tarım Dairesi (USDA) tarafından pazardan çekilmiştir. Yeni patates türünde bu toksinin gelişimi, bitkilerin ve hatta hayvanların genetik değişimin beklenmedik etkilerinin olabileceğini göstermiştir (1).

Bilim adamları 1979 yılında Cornell Üniversitesinde inekler için sentetik büyüme hormonu olan rekombinan bovine somatotropin (rBST) ile ilgili ilk çalışmaları başlatmıştır. Bu hormon süt ineklerine enjekte edildiğinde ineklerin süt üretim kapasitesini artırmıştır. Amerika (Monsanto

**Tablo 1: Genetik Modifiye Organizma İçeren Ürünler**

| Ürünler                     | GM bileşeni   |
|-----------------------------|---|
| Turşu                       | Mısır dekstrozu, mısır şurubu   |
| Süt                         | Rekombinan sığır büyüme hormonu   |
| Soda/meşrubat               | Mısır şurubu  |
| Ketçap                      | Domates, mısır şurubu   |
| Meyveli içecekler           | Mısır şurubu, mısır dekstrozu   |
| Ekmek                       | Maya, mısır şurubu, soya yağı, mısır nişastası, soya unu, mısır dekstrozu |
| Bal                         | GM enzim (alfa amilaz)  |
| Bira                        | Mısır, maya, enzimler   |
| Domates/biber               | Bakteri ve virüs genleri  |
| Kahvaltılık tahıl ürünleri  | Mısır, mısır şurubu, soya yağı  |
| Yer fıstığı                 | Raf ömrü uzatılmış yer fıstığı  |
| Fıstık ezmesi               | Yer fıstığı, pamuk yağı, soya yağı, mısır dekstrozu, mısır şurubu         |
| Besin yumuşatıcıları        | Besin kaynaklı enzimler   |
| Şeker ve sakız              | Mısır şurubu, mısır nişastası, mısır dekstrozu, soya unu                  |
| Kurabiyeler                 | Mısır nişastası, mısır şurubu, kanola yağı, soya yağı, pamuk yağı         |
| Kahvaltılık hamur tatlıları | Mısır şurubu, soya yağı, soya unu, mısır unu,                             |
| Cipsler                     | Patates, pamuk yağı   |
| Aspirin                     | Mısır nişastası   |
| Bazı antibiyotikler         | Mısır nişastası   |

Corporation), Batı Almanya (Max Planck Enstitüsü) ve Belçika'lı araştırmacılar 1980 yılında, patojenik bir bakteri olan *Agrobacterium tumefaciens*'i kullanarak transgenik bitkilerin üretimi için bir metot geliştirmişlerdir. Araştırmacılar bu bakteri yardımıyla bitkilere yeni genler aktarmışlar ve ayrıca biçimi değiştirilmiş hücreleri seçmek üzere kanamisine direnç için bir işaret tanıtmışlardır. Bu teknik, bitkilerin çeşitli özelliklerinin durdurulması veya ortadan kaldırılması amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin, bu teknik ile domateslerin yavaş olgunlaşması ve dolayısıyla raf ömürlerinin artırılması sağlanmıştır. 1983-1989 yıllarında, bitki ve hayvanların genetik transformasyonuna olanak sağlayan daha gelişmiş rekombinan DNA (rDNA) teknikleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu yıllarda, süt ineklerinde rBST'nin kullanımı Amerika'da onaylanmıştır (1). Yine Amerikan hükümeti tarafından, biyoteknolojinin denetimi ve güvenliğinden sorumlu olmak üzere Besin ve İlaç Dairesi (FDA), Birleşik Devletler Tarım Dairesi (USDA) ve Çevre Koruma Dairesi (EPA) olmak üzere 3 kurumdan oluşan bir güvenlik ağı kurulmuştur (1,9).

GMO ile tüketicinin kullanıma yönelik olarak üretilen ilk besin marketlerdeki yerini 1990'lı yıllarda almıştır (1,4,9,10). Bu GMO, Pfizer Corporation firmasının peynir yapımında kullanılmak üzere ürettiği "GM rennet enzimi"dir. Ancak bu tüketicilerin ilgisini yeterince çekmemiştir. Amerikan Tıp Derneği (AMA) ve Ulusal Sağlık Enstitüsü (NIH) birbirlerinden bağımsız olarak rBST uygulanmış ineklerden elde edilen et ve süt, geleneksel yöntemler ile üretilmiş et ve süt kadar güvenli olduğunu bildirmişlerdir ve FDA 1993 yılında süt ineklerinde rBST kullanımına onay vermiştir. Bununla ilişkili bir başka araştırma da, zayıf domuzlarda kullanılmak üzere üretilen rekombinan porcine somatotropin (rPST) hormonu ile ilgilidir. Rekombinan bovine somatotropin (rBST) domuzlarda yem tüketimini azaltmakta ve bu hayvanlardan sağlanan et üretimini artırmaktadır (1).

Bugün transgenik ürün ekim alanları 1996 yılına kıyasla 35 kat (1.7-58.7 milyon hektar) daha fazladır (10). Amerika bu payın %68'ine, Arjantin %22'sine, Kanada %6'sına, Çin %3'üne, Güney Afrika ve Avustralya ise %1'ine sahiptir (8,11). Amerika'da 1999 yılında üretilen mısırın >%40'ı, pamuğun >%50'si ve soya fasulyesinin >%45'i genetik olarak modifiye edilmiştir ve besinlerin en az %60'ı GMO içermektedir (12).

## GM BESİNLERİN YARARLARI

Genetik mühendisliği, tüketici, çiftçi ve çevreye yarar sağlaması amacıyla besinler üzerinde çalışarak, besin kalitesini geliştirmekte, raf ömrünü uzatmakta ve besin üretimini artırmaktadır. Ayrıca, daha sağlıklı, daha güvenilir, daha dayanıklı, daha iyi tatta besinler üretildiği düşünülmektedir. Bu alanda gelecekteki çalışmalarda, pestisitlere, insektisitlere ve yabancı bitkilere, havaya ve diğer çevresel olumsuz faktörlere karşı bitki dayanıklılığını artıracak yönündedir. Genetiği değiştirilmiş çoğu bitki ve hatta hayvanlar daha hızlı büyümekte ve daha çok üremektedir. Çünkü bilim adamları daha doğru genetik oynamalar yapmaktadır. Genetik modifiye besinleri destekleyen bazı araştırmacılar, GM teknolojisinin hipoteze dayalı olduğuna ve potansiyel riskler içerdiğine inanmakta ve bu nedenle GM teknolojisinin bitkilerin tümü için uygun olduğunu söylemenin çok erken olduğunu düşünmektedir (1,9).

## Raf Ömrü Uzatılmış ve Organoleptik Özellikleri Geliştirilmiş Sebze ve Meyveler

Genetik modifikasyon, bazı bitkisel ürünlerin raf ömrünün uzamasını ve organoleptik özelliklerinin gelişmesini sağlar. Flavr Savr domatesi, Calgene firması tarafından 1994 yılında genetik mühendisliği yöntemleri ile üretilen ve FDA tarafından onaylanan ilk besindir. Flavr Savr domatesi, henüz dalında iken biyomühendislik teknikleri ile olgunlaştırılmış ve olgunlaşması, yumuşaması ve çürümesi geciktirilerek raf ömrü uzatılmıştır. Bu avantaj, meyve ve sebzelerin yapısında normalde var olan ve hücre duvarındaki pektini parçalayarak yumuşamasına neden

olan poligalakturanaz enziminin sentezinden sorumlu genin modifiye edilmesiyle sağlanmıştır (1,6). Bu domatesin kuru madde içeriği geleneksel yöntemler ile üretilmiş domateslerden daha fazla, artığının az ve püre veya salçasının daha viskoz olduğu belirtilmiştir (6). Olgunlaşması geciktirilmiş meyve ve sebzelerin tadı, rengi ve yapısı daha istenilir özelliklerdedir, raf ömrü daha uzundur, taşıma, işleme ve depolama koşullarına daha dayanıklıdır (1).

Son zamanlarda, tatlı, dayanıklı ve çekirdeksiz dolmalık biber ve domatesler üretilmiştir (13). Yavaş veya geciktirilmiş olgunlaşma özellikleri aynı zamanda; ahududu, çilek ve ananas gibi farklı ürünlere de kazandırılmış ve raf ömürlerinin uzaması sağlanmıştır. Raf ömrü uzatılmış ürünler, sadece üreticilerin ve pazarlayıcıların değil tüketiciler içinde daha uzun süre çürümeden depolanabildiği ve tazeliğini koruyabildiği için avantajlıdır (1).

### **Besin Kalitesi Arttırılmış ve Sağlık Üzerine Yararlı Etkileri Geliştirilmiş Ürünler**

Avrupa ve Kuzey Amerika'da yaşayan bireyler gelirlerinin yaklaşık %10'unu beslenmeye harcamaktadır. Bu durum gelişmekte olan ülkeler için çok farklıdır. Ekonomik düzeyi düşük olan tüketiciler için ise bu oranın %70 olduğu bildirilmektedir (14).

Düşük gelir düzeyine sahip ülkeler, yaşamlarının devamı ve sağlıklarının korunumu için elzem olan vitamin, mineral veya mikro besin öğelerinden zengin (meyve, sebze, kurubaklagil, et ve balık ürünleri) besinlerden yeterli düzeyde yararlanamamaktadır. Bu nedenle, ekonomik gücü zayıf olan ülkelerde özellikle çocuklar ve kadınlar olmak üzere nüfusun yarısından fazlası malnütrisyon riski altındadır (14).

Dünya genelinde özellikle gelişmekte olan ülkelere 3 milyondan fazla insanda demir yetersizliğinin olduğu tahmin edilmektedir. Bu problem yüksek fizyolojik ihtiyaçlarından dolayı çocuklarda ve kadınlarda daha yaygındır. Ekonomik gücü zayıf olan ülkelerde gebe kadınların

yarısından fazlası, gebe olmayan kadınların ve okul öncesi dönemdeki çocukların %40'ından fazlasının anemik olduğu belirtilmektedir. Ayrıca, okul öncesi dönemdeki 3 milyon çocuk vitamin A yetersizliğine bağlı kalıcı göz bozuklukları ile karşı karşıyadır. Her yıl yaklaşık 250.000-500.000 okul öncesi yaşta çocuk vitamin A eksikliğinden dolayı kör olmaktadır. Vitamin A eksikliğinin subklinik olarak prevalansı 100 ile 250 milyon arasında olduğu düşünülmektedir. Ayrıca 1.5 milyon insan iyot yetersizliği ile savaştığıdır (9,14).

Biyoteknoloji bu durumu, ekonomik düzeyi zayıf ve dolayısıyla mikro besin ögesi yetersizliği yaygın olan ülkelerin pirinç, mısır ve buğday gibi temel besin kaynaklarının vitamin ve mineral içeriğini artırarak düzeltebilmektedir (14).

Örneğin Goto ve arkadaşları (15), demir emilimi diğer bitkisel kaynaklı demire kıyasla yüksek olan soya fasulyesinden pirince ferritin geni transfer edildiğinde, transgenik pirinç tohumlarının geleneksel yöntemler ile üretilmiş pirinç tohumlarına kıyasla 3 kat daha fazla demir içerdiğini bildirmişlerdir. Öğütülmemiş transgenik pirinç tohumlarının demir içeriği 13 ile 38 g/kg arasında değişirken bu değer transgenik olmayan tohumlarda 11 mg/kg olduğu belirtilmiştir.

Bununla beraber pirinçte sınırlı düzeylerde bulunan ve elzem olan lizin amino asit içeriği de transgenik metotlar ile geliştirilebilmiştir. Bu işlemde, *Corynebacterium dapA* geni ve mutasyona uğramış *Escherichia coli lysC* geni olmak üzere lizinden zengin iki bakteriyel gen kullanılmıştır ve sonuçta üretilen GM pirincin lizin içeriği canola ve soya fasulyesi tohumlarına kıyasla yaklaşık olarak 5 kat daha fazla artmıştır (14).

Pirincin endosperminde doğal olarak bulunmayan ve vitamin A'nın öncü maddesi olan beta-karotenin, 1 gram çiğ transgenik pirinçte 1.6 g olduğu belirtilmiştir. "Altın pirinç" olarak damgasını vuran mikro besin ögesi içeriği geliştirilmiş pirincin, transgenik olmayan pirinç

**Tablo 2: GM Teknolojisi İle Geliştirilen Bazı Herbisit ve İnsektisitler**

| Ticari Adı                             | Fonksiyonel Adı                            | Fonksiyonu                  | Uygulanabilir Ürün           |
|--|--|-----------------------------|------------------------------|
| Round Up                               | Glyphosate                                 | Herbisit                    | Pamuk, soya fasulyesi, mısır |
| Liberty                                | Glufosinate                                | Herbisit                    | Mısır, kanola                |
| Actigard                               | Acibenzolar-S-Methyl<br>(benzothiadiazole) | Antifugal,<br>antibakterial | Çok çeşitli ürünlerde        |
| MAC<br>(Molt Accelerating<br>Compound) | (Diacyl hydrazine)                         | İnsektisit                  | Çok çeşitli ürünlerde        |
| Touchdown                              | Trimethyl sulfonium salt of<br>glyphosate  | Herbisit                    | Çok çeşitli ürünlerde        |
| Acuron                                 | Protoporphyrin Oxidase<br>inhibitor        | İnsektisit                  | Çok çeşitli ürünlerde        |
| Bollgard                               | Protein                                    | İnsektisit                  | Mısır                        |
| Bt toxin                               | Bacillus thuringiensis protein             | İnsektisit                  | Mısır                        |
| Photoharbdus                           | Photoharbdus                               | İnsektisit                  | Çok çeşitli ürünlerde        |
| Bromoxynil                             | Bromoxynil                                 | Herbisit                    | Mısır, kanola                |
| Sulfonyl urea                          | Sulfonyl urea                              | Herbisit                    | Çok çeşitli ürünlerde        |
| DeKalb™                                | Toxic plant protein                        | İnsektisit                  | Mısır                        |
| Star™                                  | Imidazolinone                              | Herbisit                    | Mısır, kanola                |

yerine kullanılması ile genç kadınlarda ve okul öncesi dönemdeki çocuklarda vitamin A öncü maddesi alımının %25 oranında artabileceği belirtilmektedir (14).

Besinlerin vitamin ve mineral içeriklerinin, zenginleştirme programları ile de artırılması mümkün olmakla birlikte bu yöntemde maliyetin yüksek olması göz ardı edilememektedir. Bugün gelişmekte olan ülkeler vitamin A suplementasyonu için yılda 165 milyon Amerikan Doları harcamaktadır. Bununla beraber yapılan çalışmalarda, demir suplementasyonu ile anemi riskini azaltma yolunun, biyoteknoloji yöntemleri ile zenginleştirmeden 100 kat daha fazla pahalı olduğu saptanmıştır (14).

Rekombinan DNA teknolojisi ile besinlerin mineral içeriği (çinko, demir, iyot) ve yapısında doğal olarak bulunan, biyolojik oksidasyonu yavaşlatan veya durduran, kimyasal reaksiyonları bozan, bu özellikleri nedeniyle de bazı kanser türlerine, kalp hastalıklarına ve körlüğe karşı koruyucu olan antioksidan vitaminlerin ve besin bileşenlerinin (karotenoidler, flavanoidler, A, C, E vitaminleri) düzeyi artırılabilir (1). Örneğin patates, besinlerde oldukça düşük miktarlarda bulunan ve karotenoid grubundaki besin bileşenlerinden biri olan zeaxanthin'den zengin

hale getirilmiştir (16). Çeşitli meyve ve sebzelerin beta-karoten, soya fasulyesinin ise alfa-tokoferol içeriği artırılmıştır (14).

Ayrıca, hastalıklara karşı koruyucu olan fitokimyasallar genetik mühendisliği ile bitkilere aktarılabilir. Bu yolla allerjen olmayan pirinç ve yer fıstığı üretilebilmektedir (1,17).

### Besin Üretimini Artırır

Araştırmalara göre, 21. yüzyılın başlarında 6 milyar olan dünya nüfusunun her yüz yılda bir 800 milyon kadar arttığı bildirilmiştir. Dünya nüfusunun, 2050 yılında %132-182 oranında artacağı ve 7.9-10.9 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu çerçevede, gelecek yüzyılda nüfusun %75'inin yetersiz ekonomik güce sahip olacağı beklenmektedir. Dolayısıyla, besin güvencesi ve mikro besin öğelerinin yeterli alımı konusunda endişeler vardır ve besin üretiminin artırılması zorunluluk haline gelmektedir (18).

Dünya nüfusunun gittikçe artmasına karşın dünyanın yüzölçümü değişmemektedir. Dolayısıyla besin ihtiyacını karşılayacak üretim alanlarının tarıma açılması mümkün olmamaktadır. Bu nedenle var olan ekim alanlarının verimliliği geliştirilerek ürün miktarı artırılmalıdır. Günümüzde, besin üretimini arttırmada kul-

lanılan en yaygın yöntem tarım ilaçlarıdır. Tarım ilaçları bazı hastalık ve zararlılara karşı ürünleri korur ve kayıpları azaltır. Ancak, bu maliyeti yüksek bir yöntem olmakla birlikte insan ve çevre sağlığı için riskli de olabilmektedir (11).

Genetik mühendisliği; pestisitlere, herbisitlere, yabancı otlara, virüslere, insektisitlere, dirençli ürünler yetiştirerek tarım ilaçlarının kullanımını azaltmakta ve böylece ürün miktarını artırmaktadır. Bu durum hem tüketici ve çevre sağlığı hem de ekonomik anlamda kazanç sağlamaktadır. Biyoteknoloji yöntemleri ayrıca bitkilerin tuzlu ortamlara, pH'ya, sıcaklığa, soğuğa, kuraklığa ve kötü iklim koşullarına direncini artırarak ürün kaybını azaltır. Örneğin, elma insektisitlere, tütün, kabak, domates, mısır ve salatalık virüslere, mısır, domates, patates ve soya fasulyesi de herbisitlere dirençli hale getirilebilmektedir (Tablo 2). Bir yıllık ömrü olan bitkiler GM ile uzun ömürlü olabilmektedir. Bu erozyonun azalmasına, su ve besin öğelerinin doğal kaynaklarının korunumuna ayrıca yıl boyunca ürün miktarının artmasına ve iş gücünün azalmasına neden olur. Kuraklığa dirençli bitkiler, tarımsal uygulamalar sırasında kullanılan su miktarını azaltır. Bitkilere kazandırılan bu özellik, bazı tropikal veya kuru iklim koşullarına sahip bölgeler için çok önemlidir. Biyoteknoloji ile besinlerin (pirinç, buğday, mısır, patates, muz, fasulye, tahıllar, kurubaklagiller, yumru bitkiler gibi) üretiminin artırılması dünyanın pek çok bölgesinde pozitif etkiler sağlayacaktır (1,11).

Patates, soya fasulyesi, mısır gibi pek çok bitki Bt proteini üreten Bt geni ile modifiye edilmiştir. Bt insanlar için toksik olmamasına ve mide asiditesinde bozunmasına rağmen "European corn borer, cotton bollworms ve potato beetles" gibi insektisitlere karşı toksiktir. Bu proteini, bir toprak mikroorganizması olan *Bacillus thuringiensis* doğal olarak üretmektedir. Uygulamada bu proteini kodlayan gen mikroorganizmadan çıkarılıp, bitkilerin genlerine eklenmiş ve bitkinin bu proteini yapraklarında kendiliğinden üretmesi sağlanmıştır. Böylece kimyasal ilaçlamaya gerek kalmadan, bitki kendini böceğe

karşı savunabilir duruma gelmiştir. Bt ürünleri sayesinde Japonya'da insektisit kullanımının %60-80 oranında azaldığı belirtilmektedir (1,11).

Biyoteknoloji yöntemleri ile et, süt ve kümes hayvanlarının da miktarını ve kalitesini artırmak mümkün olmaktadır. BST insan sağlığı açısından risk oluşturmamakla birlikte gastrointestinal bölgede sindirilebilen bir proteindir. Transgenik hayvanlar daha fazla süt, et veya özel kalitede ürün elde etmek için değiştirilmektedir. Örneğin; laktozsuz süte, düşük yağlı süte, düşük kolesterolü ete, düşük yağlı ete, protein ve besin ögesi kompozisyonu farklı ete sahip hayvanlar üretilebilmektedir (1). Proteinin temel besin kaynaklarından biri olan balığın, biyoteknoloji yöntemleri ile daha kısa sürede daha hızlı bir şekilde büyümesi sağlanmıştır. Böylece farklı su koşullarında yaşayabilme özelliği kazandırılarak, balıktan sağlanacak et miktarı artırılabilmiştir (19).

### **Protein Kalitesini Artırır**

Biyoteknoloji ile, besinlerin veya hayvan yemlerinin protein kalitesi geliştirilmiş ve geleneksel yöntem ile üretilen ürünlere kıyasla daha az alerjen olması sağlanmıştır (9). Protein kalitesinin geliştirilmesi, elzem amino asit içeriğinin (örneğin; metionin, lizin) artırılması anlamına gelmektedir (1). Örneğin; tatlı patatesin ve soya fasulyesinin elzem amino asit içeriği artırılmıştır (14). Bununla birlikte, çeşitli besin sistemlerinde bitkisel kaynaklı proteinlerin kullanım alanının genişletilerek organoleptik kalitenin artırılması gibi fonksiyonel özelliklerin gelişmesini mümkün olmaktadır. Örneğin, soya fasulyesindeki lipoksigenazların uzaklaştırılarak fasulye tadının yok edilmesi ile organoleptik özellikler değiştirilebilmektedir (1, 17).

### **Karbonhidrat İçeriğini Artırır**

Genetik mühendisliği teknikleri ile bazı besinlerin karbonhidrat içerikleri artırılmıştır (9). Domatesin kuru madde içeriği artırılmış ve bu özellik ile domates püresi veya salça yapımında daha kullanışlı olmuştur. Aynı şekilde patatesin

de kuru madde içeriği yükseltilmiş ve kızartmada daha fonksiyonel olmuştur. Monsanto firması, patates bitkisine bir bakteriden nişasta üreten gen aktarmış böylece amiloz/amilopektin oranının değişmesini sağlayarak patatesin kızartılması sırasında daha az yağ çekmesi sağlanmıştır. Patatese uygulanan bu modifikasyon, aynı zamanda pişirme süresini kısaltmış ve maliyeti azaltmıştır (1,14).

### Yağların Yağ Asit Oranını Değiştirir

Genetik mühendisliği yağları da modifiye ederek, vücutta kötü kolesterolün sentezi ile ilgili olan doymuş ve trans yağ asitlerinin düzeyini azaltmak içinde kullanılmaktadır. Bununla beraber, yaygın olarak kullanılan kanola, soya, ayçiçek ve fındık yağlarının doymamış yağ asit içeriği artırılmaktadır. Doymuş ve trans yağ asit içeriği azaltılmış, doymamış yağ asit içeriği artırılmış yağlar, sağlık üzerine olumlu etkilerinin yanında yemeklik yağ olarak da gelişmiş özelliklere sahiptir. Kızartma veya diğer işlemler sırasında elde edilen yüksek sıcaklıklarda daha stabildir. Kimyasal hidrojenasyona ihtiyaç duyulmadan GM teknikleri ile pişirme işlemleri sırasında yağların ısıl kararlılığının geliştirilmesi mümkün olmaktadır (1,17).

### GM BESİNLERİN POTANSİYEL RİSKLERİ

GM besinlerin güvenliği ile ilgili tartışmalar 20 yılı aşkın süredir sürmektedir (12). Bu teknolojinin potansiyel yararları olmasına rağmen GMO'ların çevresel ve klinik sonuçları ciddi kaygılar yaratmaktadır (3).

GM besinler ile ilgili değerlendirmeler sadece güvenliği, alerjenitesi, toksisitesi, karsinojenitesi ve değişmiş besin değeri ile ilgili değil çevresel ve ekonomik durumları da içermektedir. Her teknikte olduğu gibi rDNA teknikleri ile yapılan gen transferinin de bazen yanlış yapılabileceği konusunda bazı şüpheler vardır. Örneğin; eğer genetik materyal hedef organizmaya başarılı bir şekilde transfer edilemezse, hedef organizmanın DNA zincirinde yanlış bir noktaya aktarılırsa veya yeni gen yanlışlıkla yakınındaki bir geni aktive ederken bir diğerini inaktive ederse beklenmeyen mutasyonlara neden olarak farklı bir

genin fonksiyonunu değiştirebileceği düşünülmektedir. Bu şekilde; toksik, üreme fonksiyonu durmuş veya elverişli olmayan bitkilerin oluşumuna neden olunabilir (1).

### Besinlerin Besin Değerindeki Değişimler

Yabancı genler besinlerin kalitesini, bazı besin öğelerinin düzeyini artırarak bazılarının da azaltarak bilinmeyen nedenlerle değiştirebilir. Bu durum, geleneksel türler ile GM olan eşdeğerleri arasında farklılıklara neden olur. Bununla birlikte, bitkisel ve hayvansal kaynaklı besinlerin, (a) besin öğeleri arasındaki etkileşim, (b) besin ögesi-gen etkileşimi, (c) besin ögesi biyoyararlanımı, (d) besin ögesi etkisi, (e) besin ögesi metabolizması gibi besin ögesi kompozisyonu üzerindeki etkileri ile ilgili çok az veri mevcuttur (1).

### Antibiyotik Direnci

Antibiyotiğe dayanıklı genlerin kullanılması sonucu insanlarda antibiyotiğe karşı direnç gelişebilmektedir. Genetik mühendisliğinde antibiyotiğe karşı dirençli marker genler çok sık kullanılmaktadır. Yaygın olarak tüketilen ürünlerin antibiyotiğe karşı dirençli hale getirilmesiyle, söz konusu ürünleri tüketen hayvan ve insanlarda olduğu kadar çevre içinde beklenmeyen sonuçlar doğuracağı düşünülmektedir (1,11,19). İngiltere Tıp Derneğinin (BMA) raporuna göre, belirli ürünlere ilave edilen antibiyotik dirençli marker genlerin, GM ürünleri tüketen insan ve hayvanların barsaklarındaki hastalık yapıcı mikroorganizmalara transfer edilebileceği belirtilmektedir (1). Bu durum, antibiyotik dirençli mikroorganizmaların gelişimiyle ve böylece antibiyotik direncinin bir halk sağlığı problemi haline dönüşmesiyle sonuçlanabilir (1,11,19).

### Potansiyel Toksikite

GM, beklenmedik bir şekilde doğal bitki toksinlerini artırabilmektedir. Yeni genler, kurubaklagillerdeki proteaz inhibitörleri, kanola türlerindeki guatrojenler ve muzdaki baskılayıcı aminler gibi doğal toksinlerin düzeyini değiştirilebilir. Böylece bu ürünü tüketenlerde tehlike yaratabilir



(1). Ayrıca, bazı balık veya diğer hayvan türleri bazı organlarında toksin barındırırlar. Bu toksinleri kodlayan genlerin herhangi bir balığa veya diğer hayvan türlerine transfer edilmesi de GM ürünlerde toksisiteye neden olabilir (19).

### Potansiyel Alerjenite

Transgenik bitkilerin ve hayvanların bilinen veya bilinmeyen bazı alerjik bileşikler içerme olasılığı, genetik modifikasyonun yol açabileceği ve üzerinde en fazla durulan potansiyel risklerindedir (3,4). Antimikrobiyal ve antifungal özellikleri nedeniyle biyoteknolojik uygulamalarda sıklıkla kullanılan pek çok proteinin alerjen olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, biyoteknoloji endüstrisi protein seçiminde dikkatli olmalıdır (6).

Besinlere uygulanan genetik modifikasyon alerjik problemlere 2 şekilde neden olabilir. Bunlardan ilki, hedef ürüne bilinen bir alerjenin aktarılması ikinci olasılık ise, yeni aktarılan genin yeni bir alerjen yaratmasıdır. Bu olasılıklardan ikincisi olan de novo duyarlılık, eğer transgenik protein yeni bir şekilde besin zincirine eklenirse oluşur (3). Ayrıca besin olmayan kaynaklardan transfer edilen genler ve yeni gen kombinasyonları bazı insanlarda alerjik reaksiyonlara yol açabilir veya önceden var olan herhangi bir alerjenik reaksiyonu şiddetlendirebilir (1). Birinci olasılık, birkaç yıl önce meydana gelmiştir. Soya fasulyesinin besin değerini artırmak için sistein ve metionin içeriği yüksek olan Brezilya kestanesinde 2S albumen soya fasulyesine aktarılmıştır. Transgenik soya fasulyesinin alerjenitesini belirlemek üzere yapılan testler sonucunda, Brezilya kestanesinde aktarılan 2S albumenin Brezilya kestanesinde başlıca alerjeni olduğu ve transgenik soya fasulyesinde de proteinin alerjenitesini koruduğu belirlenmiştir (3,6). Bu nedenle de Brezilya kestanesine alerjisi olanlarda, transgenik soya fasulyesi tükettiklerinde tekrar klinik belirtiler gözlenmiştir. Brezilya kestanesine alerjisi olan ancak soya fasulyesine alerjisi olmayanlarda, artık GM soya fasulyesine karşı IgE aracılığı ile immün cevap gözlenmiştir.

Bu nedenle GM soya fasulyeleri piyasa sunulmamıştır (3).

Yeni transgenin yeni bir alerjen olacağı ve bunun de novo alerjik duyarlılığa gidebileceği olasılığını tahmin etmek ise oldukça güçtür ve henüz açıklanamamıştır. Bu sorunun yanıtı için "neden alerjik duyarlılığa, proteinlerin tümünden değil de bazılarının yol açtığı" bilinmelidir. Bu konu ile ilgili unutulmaması gereken en önemli durum, alerjik reaksiyonlara sadece genetik olarak modifiye edilmiş ürünlerin yol açmadığıdır (3).

GM besinlerin güvenliği ve bunların geleneksel olarak yetiştirilen besinlerden farkının olup olmadığı konusunda tartışmalar hala devam etmektedir. Geleneksel olarak yetiştirilen besinler, yüzlerce genin aktarımına ve yeni proteinlerin istenilen özellikte ürün oluşturmaya dayalıdır. Bitkilerdeki büyük çaptaki genetik değişiklikler protein ekspresyonunda önemli değişiklikler yaratır. Bu değişimler, geleneksel yöntemler ile de oluşur ancak bu dikkate alınmaz. Bunun aksine, genetik modifikasyon belirlenen bir genin konak türlere kesin olarak transferine olanak sağlar. Hangi proteinin aktarıldığının bilinmesi, yeni üründe alerjenitenin test edilmesinde kolaylık sağlar (3).

Özet olarak, genetik modifikasyon yeni ürüne bilinen bir alerjenin transferine neden olabilir. Bu teorik olarak yeni alerjenlerin oluşması ile sonuçlanabilir ancak bu oluşum, geleneksel bitki ve hayvan yetiştirme teknolojileri ile karşılaştırıldığında büyük bir risk yaratmamaktadır (3).

### Çevresel Etkiler

Transgenik ürünlerin yetiştirilme alanlarının artması ile bazı çevresel risklerin oluşabileceği düşünülmektedir. Bu şüphelerin başlıcaları (1,9,17,18,19);

- Yabani bitkilere istem dışı gen transferi sonucunda bitki sosyolojisinde bozulmalar,

- Herbisit ve insektisitlere dirençli tarım ürünlerinde, böcekler zarar veren toksin uzun süre ve yaygın olarak ürünün yapısında bulunduğu için böceklerin direnç geliştirme olasılığı,
- Yeni virüs ve toksinlerin oluşma olasılığı,
- Bitkisel GM besinlerin, patent almasından dolayı tohumlara sınırlandırılmış kullanım izni,
- Doğal türlerde genetik çeşitliliğin kaybı,
- GM besinlerde güvenli etiketlenmenin yapılması,
- Organik ve diğer tarım yöntemlerine zarar vermesi,
- Dini, kültürel ve etik konularda bir takım endişelerdir. Örneğin, dini kurallara göre yasaklanmış hayvanlardan veya bitkilerden gen transfer edilmesi, vejetaryen bireylerin tükettiği yiyeceklere hayvan genlerinin verici olarak kullanılması problem yaratabilir. Veya bazı kişiler, bitkisel besinlerde insan genlerinin bulunmasından korku duyabilirler.

### **Genetik Modifiye Besinler ile İlgili Yasal Düzenlemeler**

GM besinler marketlere sunulmadan önce güvenilirlik testlerinden geçmektedir. Bu ürünlerin güvenilirlik değerlendirilmesi, transgenik olmayan ürünlere eşdeğerlik testini (makro-mikro besin öğeleri ile besin değeri taşımayan bileşen içeriği, toksin içeriği, genin kopyalandığı ve transfer edildiği organizmanın özellikleri, taşıyıcı sistemin özellikleri), hayvan çalışmalarını ve alerjenite testlerini içermektedir (4,5,7,10). Örneğin; glyphosate adlı herbisite dirençli hale gelecek şekilde modifiye edilmiş soya fasulyesi geleneksel yöntemler ile üretilmiş soya fasulyesi ile karşılaştırıldığında protein, yağ, posa, karbonhidrat, aminoasit, yağ asidi ve diğer besin bileşenleri içerikleri ve hayvan besleme çalışmaları açısından eşdeğer bulunmuştur (13). Söz konusu testlerin pozitif veya negatif sonuçlarına göre ürünler tüketime sunulmakta veya sunulmamaktadır (4,5,7,10).

Üretilen GM bir besinin marketlere sunulmasından önce FDA, üretici firmalardan GM besinin alerjen madde içermediğine dair bilimsel veriler istemektedir ve bu besinlerin alerjen protein içermediğine dair bilginin etikette bulunmasını zorunlu kılmaktadır. FDA ve EPA, bilinmeyen alerjenlerin de GM besinde bulunabileceği endişesiyle üretici firmalardan söz konusu besinlerin içeriği ile ilgili düzenli olarak rapor istemektedir (1). GM besinlerin alerjenitesi ile ilgili testler; protein türü, protein kaynağı ve işleme ile pişirme işlemlerinin etkisini içermektedir (10).

Biyoteknoloji yöntemleri ile üretilmiş ürünlerin etiketlenmesi konusunda ülkeler arasında farklı düzenlemeler söz konusudur. Avrupa Birliğinde GM ürünlerin etiketlenmesi zorunludur, ancak %1'den az GM ürün içeren besinlerin etiketlenmesi zorunlu değildir. Avrupa Birliğinin üyesi olmayan Norveç ve İsviçre'de GM besinlerin etiketlenmesini istemektedir. Amerika'da GM besinlerin etiketlenmesi ile ilgili bir zorunluluk yoktur ancak bunun yerine şirketler bu ürünleri marketlere sunmadan en az 120 gün önce FDA'ya bildirmek zorundadır, bununla birlikte şirketler gönüllü olarak etiketleme yapabilirler (12).

### **SONUÇ ve ÖNERİLER**

Genetik modifiye besinlerin beslenme ve sağlık üzerine olumlu pek çok etkisi vardır. Özellikle 2050 yılında yaklaşık olarak iki kat artacağı tahmin edilen dünya nüfusunun besin ihtiyacının karşılanmasında en etkili ve verimli teknoloji olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, besinlerin kalitesi ve besin değerinin geliştirilmesi, besin üretiminin artırılması ile artıkların en aza indirilmesini de sağlar. Genetik mühendisliği ile ham materyallerin farklı endüstriyel alanlarda kullanılması da mümkündür. Bitkilere transfer edilen genler sayesinde bitkiler hastalık ve pestisitlere karşı biyolojik savunma geliştirebilirler. Bitkilere kazandırılan bu özellik, oldukça pahalı olan kimyasal pestisitlerin kullanımının azaltılmasında, bitki tohumlarının kuraklık, pH, soğuk ve tuz yoğunluğu yüksek olan koşullarda yaşamasında önem kazanmaktadır. Tarım uygula-

malarının kolaylaşmasında da etkili olan GM teknikleri ile ürünlerin kontrolü, geleneksel yöntemlerle yetiştirilen ürünlere kıyasla daha kolaydır.

Sonuç olarak, besinlerin genetik modifikasyonunun önemli ve yararlı etkilerinin olmasına rağmen potansiyel riskleri de göz önüne alınmalıdır. Yeni üretilen GM besinlerin veya organizmaların piyasaya sunulmasından önce çeşitli tarla denemeleri yapılmalı ve bunun için dikkate değer zaman ayrılmalı ve çaba harcanmalıdır. GM ürünlerin sağlık, tarımsal pestisitler ve çevre üzerine etkilerinin saptanabilmesi için bu ürünlerin uzun dönemde değerlendirilmesi gerekmektedir. Genetik modifiye besin teknolojisinin olası zararlı etkilerini önlemek için etkin, yaygın ve bilimsel bir izleme ve denetim mekanizmasının geliştirilmesi gerekir. böyle bir yaklaşım biyogüvenlik ile ilgili yasa ve uygulamaların geliştirilmesini öncelikli kılmaktadır. Denetim ve izleme, genetik olarak müdahale edilmiş türlerin insan sağlığına ve çevreye oluşturduğu risk tehdidinin doğru saptanması ve fayda/zarar belirlenmeleri için zorunludur.

## KAYNAKLAR

- 1- Uzogara SG. The impact of genetic modification of human foods in the 21st century: A review. *Biotechnology Advances* 2000;18:179-206.
- 2- Mucci A, Hough G. Perceptions of genetically modified foods by consumers in Argentina. *Food Quality and Preference* 2003;15:43-51.
- 3- Lack G. Clinical risk assessment of GM foods. *Toxicology Letters* 2002;127:337-340.
- 4- Kleter GA, Kuiper HA. Considerations for the assessment of the safety of genetically modified animals used for human food or animal feed. *Livestock Production Science* 2002;74:275-285.
- 5- Schilter B, Constable A. Regulatory control of genetically modified (GM) foods: likely developments. *Toxicology Letters* 2002;127:341-349.
- 6- Shewry PR, Tatham AS, Halford NG. Genetic modification and plant food allergens: risks and benefits. *Journal of Chromatography B* 2001;756:327-335.
- 7- Atherton KT. Safety assessment of genetically modified crops. *Toxicology* 2002;181-182:421-426.
- 8- Hulse JH. Biotechnologies: past history, present state and future prospects. *Trends in Food Science&Technology* 2004;15:3-18.
- 9- Weick CW, Walchli SB. Genetically engineered crops and foods: back to the basics of technology diffusion. *Technology in Society* 2002;24:265-283.
- 10- Malarkey T. Human health concerns with GM crops. *Mutation Research* 2003;544:217-221.
- 11- Thomson J. Genetically modified food crops for improving agricultural practice and their effects on human health. *Trends in Food Science&Technology* 2003;14:210-228.
- 12- Ahmed FE. Detection of genetically modified organisms in foods. *Trends in Biotechnology* 2002;20(5):215-223.
- 13- Chen ZL, Gu H, Li Y, et al. Safety assessment for genetically modified sweet pepper and tomato. *Toxicology* 2003;188:297-307.
- 14- Bouis HE, Chassy BM, Ochanda JO. Genetically modified food crops and their contribution to human nutrition and food quality. *Trends in Food Science&Technology* 2003;14:191-209.
- 15- Goto FT. Iron fortification of rice seed by the soybean ferritin gene. *Nature Biotechnology* 1999;17:282-286.
- 16- Römer S, Lübeck J, Kauder F. Genetic engineering of a zeaxanthin-rich potato by antisense inactivation and co-suppression of carotenoid epoxidation. *Metabolic Engineering* 2002;4:263-272.
- 17- McKeon TA. Genetically modified crops for industrial products and processes and their effects on human health. *Trends in Food Science&Technology* 2003;14:229-241.
- 18- Garza C, Stover P. General introduction: the role of science in identifying common ground in the debate on genetic modification of foods. *Trends in Food Science&Technology* 2003;14:182-190.
- 19- Maclean N. Genetically modified fish and their effects on food quality and human health nutrition. *Trends in Food Science&Technology* 2003;14:242-252.