

Biyoteknoloji, tıp ve etik Biotechnology, medicine and ethics

Çağatay Üstün Nuray Demirci

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıp Tarihi ve Etik Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

Öz

Günümüzde öngörülenden çok daha hızlı gelişen biyoteknoloji uygulamaları, insan sağlığına yönelik olarak; yeni ilaçların üretilmesi, tedavi ya da deneysel amaçlı hormon, vitamin ve antibiyotikler gibi moleküllerin elde edilmesi, zarar görmüş dokuların işlevselliğini sağlayacak olan yapay dokuların yapılması ve hasarlı genlerin onarımlarını hedefleyen gen terapileri gibi uygulamaları içermektedir. Gen aktarımı yöntemleri sayesinde, kendi türü haricindeki bir türden bir gen parçası aktarılarak genomu değiştirilmiş olan ve bu özellikleri fenotipinde sergileyen “transgenik organizmalar/canlılar”, günümüzde tıp, biyoloji, hayvancılık gibi yaşam bilimleri içinde geniş bir uygulama alanına sahip olsa da, dünya kamuoyundaki bilimsel ve siyasal platformlardaki gündemini korumaktadır. Bu derlemede, gen aktarım teknikleri ile elde edilen canlıların tıp alanındaki kullanımlarını ve bu kullanımın etik açıdan değerlendirilmesini amaçladık.

Anahtar Sözcükler: Biyoteknoloji, transgenik organizmalar, gen aktarımı, etik.

Abstract

Today; biotechnology applications which developed much faster than expected covers; production and synthesis of molecules like of new drugs, hormones, vitamins and antibiotics, production of artificial tissues which will provide the functionality of damaged tissues and gene therapies to repair damaged genes. Even they have a wide range of applications in many different areas such as agriculture, animal husbandry, medicine, biotechnology and food processing industries; transgenic organisms which have modified genome by a transferred gene part from a different species and exhibiting these properties on their phenotypes, are one of the important topics in the scientific and political fields at the present time. In this review we aimed to discuss the usage of this organisms in the medical field and its ethical evaluation.

Keywords: Biotechnology, gene transfer, transgenic organisms, ethics.

Giriş

Günümüzde çok hızlı gelişim gösteren teknolojik uygulamaların özellikle biyoloji ve tıp alanlarında son derece yaygın şekilde kullanıldığı bilinmektedir. Temelleri 1970’li yıllara dayanan modern biyoteknoloji teknikleriyle, doğal üretme ve çoğalma süreçleriyle elde edilemeyen değişikliklerin canlıların genetik yapılarında yapılmaları da mümkün kılınmıştır. Bu bağlamda, biyoteknoloji uygulamaları günümüzde insan sağlığına yönelik olarak; yeni ilaçların üretilmesi, tedavi ya da deneysel amaçlı hormon, vitamin ve antibiyotikler gibi biyomoleküllerin elde edilmesi, zarar görmüş dokuların işlevselliğini sağlayacak olan yapay dokuların üretimi ya da hasarlı genlerin onarımlarını hedefleyen gen terapileri gibi uygulamaları kapsamaktadır.

Buna ek olarak; bazı mikroorganizmaların biyomoleküllerinin saflaştırılarak kullanılmasında olduğu gibi endüstriyel kullanıma yönelik ürünlerin geliştirilmesi, bitki, hayvan ve mikroorganizma gruplarını kapsayan yeni transgenik canlıların üretimi ile aşı, pestisit eldesi, biyolojik yakıt gibi ürünlerin sağlanması gibi konularda da yine gen aktarım yöntemlerinin modern teknoloji ile doğa bilimlerine uygulanması söz konusudur.

Günümüzde gen aktarımı yöntemleri sayesinde, kendi türü haricindeki bir türden bir gen parçası aktarılarak, genomu değiştirilmiş olan ve bu özellikleri fenotipinde sergileyen bitki, hayvan ya da mikroorganizmalar; “genetiği değiştirilmiş organizmalar” ya da kısaca “transgenik canlılar” olarak isimlendirilirler. Bu organizmalara aktarılan genlere “transgen” denir (1,2).

Biyoteknoloji ve genetik mühendisliği çoğu zaman aynı anlamda kullanılsa da; genetik mühendisliğin yöntemlerini uygulamaya geçiren biyoteknoloji sayesinde transgenik canlıların elde edilmesi mümkündür (3).

Yazışma Adresi: Çağatay Üstün

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıp Tarihi ve Etik Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

Makalenin Geliş Tarihi: 31.07.2014 Kabul Tarihi: 15.10.2014

Bu uygulamaların yapılmasında; rekombinant DNA eldesi, nükleik asitlerin hücre ve organellere doğrudan veya dolaylı olarak enjeksiyonu, transgenik embriyonik kök hücre uygulaması, farklı gruplar arasında uygulanabilen hücre füzyonu, klonlama, elektroporasyon gibi *in vitro* nükleik asit teknikleri sıkça kullanılan kavramlardır.

Transgenik uygulamaların; çalışma yapılabilecek hastalık modellerinin geliştirilmesi, yeni özellikli canlıların üretimi ve bunlardan elde edilen ürünlerin kullanımı, gen tedavisi gibi yöntemlerle hatalı genlerin tamirinin yapılması gibi amaçları olduğu söylenebilir. Bu amaçlar doğrultusundaki araştırma ve uygulamalardaki transgenik canlı üretimi; ziraat, hayvancılık, tıp, biyoteknoloji ve gıda üretim endüstrisi gibi birçok farklı alanda hızla devam etmektedir.

Genetiği değiştirilmiş canlılar, günümüzde her ne kadar modern hayatın parçası konumunda olsalar da, halen dünya kamuoyundaki bilimsel ve siyasal alanlardaki önemli tartışma konularından birini oluşturmaktadırlar (4).

Transgenik Canlıların Tarihçesi

Canlılar arasında gen aktarımının mümkün olabileceğini gösteren ilk deneysel çalışma, Griffith tarafından 1928 yılında gerçekleştirilen ve patojen olmayan pnömokok bakterilerinin, ısıyla öldürülmüş patojen pnömokoklar ile aynı ortama konduğu deneydir. Deney sonucunda, patojen olmayan bakterilerin, patojen bakterilerden genetik materyalin aktarımıyla patojenite kazandıkları ortaya konmuştur (5).

Yine 1944 yılında Avery ve ekibi yaptıkları çalışmada, genetik materyal olan DNA'nın aktarımının söz olabileceğini göstermişlerdir (6).

1953'de DNA yapısının keşfinden (7) sonra devam eden süreçte Boyer ve Cohen'in 1973 yılında antibiyotik direnç geninin bir *E. Coli*'ye aktararak elde ettikleri ilk transgenik canlıyla da genetik mühendisliği uygulamaları önemli bir ivme kazanmıştır (8).

1974'de Jaenisch'in yabancı bir DNA'yı fare embriyosuna nakletmesiyle ilk transgenik hayvanın üretimi sağlanmış (9), ancak sonrasında genetik mühendisliğinin olası riskleri ve etik yönü 1975 yılındaki Asilomar Konferansında tartışılmıştır. Bu konferanstaki temel önerilerden birisi de, rekombinant DNA teknolojisinin güvenliği olduğu kanıtlandığında uygulanabilir olması üzerinedir (10).

1976 yılından itibaren ticarileşen biyoteknoloji uygulamaları, gen aktarımının avantajları sayesinde gıda ya da ilaç olarak gündelik hayatın içinde ve araştırma alanlarında yer almaya başlamıştır.

Genentech şirketinin 1977 yılında insan proteini somatostatini ve bir sonraki yıl ise insan insülinini *Escherichia coli*'de üretmesiyle, modern biyoteknolojinin

tıptaki kullanım alanları gelişmeye başlamış ve bu süreç günümüze dek gelmiştir (11).

Transgenik canlıların hastalık modeli olarak kullanılmasının yanı sıra, transgenik canlılardan ürün elde edilmesi, yani aktarılan genle sentezlenen proteinlerin eldesi gen aktarım çalışmalarına farklı bir boyut kazandırmıştır. Bu konuda yapılan ilk çalışma, 1990 yılında insan laktoferrin geni aşılansız olan "Herman" isimindeki boğadır (12). Deney sonucunda, transgenik dişilerin sütünde eklenen genin ürünü olan laktoferrinin bulunduğu görülmüş olsa da, elde edilen miktarın az olması nedeniyle bu sütün ilaç olarak kullanımı benimsenmemiştir. Bununla beraber bu gelişmiş transgenik canlıların üretimi, büyük etik tartışmaların da başlamasına neden olmuştur. Dahası, 1996 yılında bilim dünyasında büyük yankılara sebep olan *Dolly* adlı kuzunun yetişkin bir koyunun meme bezi hücresinden klonlanarak üretilmesi de, hayvanların insan sağlığında kullanılmak üzere tasarlanmalarını hızlandırırken, etik tartışmaların da boyutunu genişletmiştir (13).

1980'lerin sonundan itibaren genetik olarak değiştirilmiş canlıların Food and Agriculture Organization (FAO) ve World Health Organization (WHO) gibi örgütler tarafından değerlendirilmeleri söz konusu olsa da, günümüzde halen transgenik canlıların insan sağlığına etkisi üzerine çelişkili araştırmalar yapılmakta ve tartışmalar sürmektedir.

Transgenik Canlıların Tıptaki Kullanımları

İlgili bir genin başka bir canlıya aktarımı ve o gen ürününün elde edilmesi teorikte kolay gibi görünse de, pratikte bunun özgül bir hastalığın tedavisinde kullanımı için bütün uygulama öncesi evreleri başarıyla geçmiş olması ve etik bir uygunluk taşıması gerekmektedir. Yine de belirli bir genin, normal veya transgenik bir hayvana aktarımı, birçok insan hastalığı modelinde araştırma yapılmasına olanak vermiştir. Gen aktarımlı hayvanlar çoğu insan hastalığı için model canlı olarak gerekli etik izinler çerçevesinde kolaylıkla kullanılabilir. Bu konuda yapılan çalışmalar kalıtsal, farmakolojik, terapötik denemeleri, aşı, doku ve birçok alanda kullanılan biyomoleküllerin üretimi gibi uygulamaları kapsamaktadır.

Transgenik hayvan modellerinde; kistik fibroz (14), Huntington hastalığı (15), Alzheimer (16), retinitis pigmentosa ve kalıtsal tirozinemi (17) gibi hastalıklar sıklıkla çalışılmış genetik hastalıklardandır.

Yapılan deneysel çalışmalarla, moleküllerin yanılma ömürleri, tam biyolojik etkinlik göstermeleri ya da antijenik özellik kazanmaları için bol miktarda ve hızlıca elde edilmeleri gerektiği düşünülmüştür. Bunun en kolay yolunun ise; hayvanların sütü, yumurtası, kanı, idrarı gibi vücut ürünlerinin veya sıvılarının olabileceği kanısına varılmış ve bazı canlıların tasarımı da bu amaca uygun şekilde planlanmıştır. Bu amaca uygun şekilde genetiği

değiştirilen bir koyuna, eksikliğinde insanlarda hemofiliye neden olan Faktör IX geninin aktarılması ve hayvanın sütünde bu proteinin bol miktarda üretilmesi (19) ile kalıtsal anjiyoödem (20) veya yenidoğan Pompe hastalığının (21) tedavisinde kullanılan transgenik tavşan sütlerinin de yine insan sağlığı için kullanılması önerilmiştir. Bunlardan başka, diyabet tedavisi için kullanılan insülin, hemofili hastaları tarafından kullanılan pıhtılaşma faktörleri ile fibrinojen, antitrombin III, hemogloblin, serum albumini, doku plazminojen aktivatörü, alfa-1-antitripsin ile monoklonal antikoları içeren diğer terapötik proteinlerin de tasarımları ve sentezleri yine gen aktarımlı hayvanlar ile yapılmaktadır.

Genetiği değiştirilmiş bitkisel ve hayvansal ürünlerden başka, bakteri, maya ve küf gibi transgenik mikroorganizmalar da, tıp veya ziraat gibi farklı alanlarda biyomolekül veya gıda katkı maddeleri olarak kullanılmaktadırlar. C vitamini gibi birçok vitaminin ve vücutta kullanılan birçok aminoasidin üretimi uzun yıllar kimyasal yöntemle yapılmış olsa da, günümüzdeki eldeleri gen aktarımlı mikroorganizmalar tarafından sağlanmaktadır. Bunlardan başka terapötik değeri olan proteinler ve ilaçlar da yine günümüzde belirli mikroorganizmalara ilgili genin aktarımı ile kolayca elde edilebilir (22).

Yine *Human Immunodeficiency Virus* (HIV) veya Deli Dana (*bovine spongiform encephalopathy*) gibi hastalık modelleri için de transgenik bazı proteinlerin ifadesi sağlanmış ve bu alanlarda da araştırmalar yapılması olanaklı kılınmıştır. Ayrıca canlı mikroorganizma kökenli olmayan Hepatit aşısı gibi aşılardan elde edilmiş ve yine transgenik canlıların kullanımı söz konusudur. Düşük kolesterollü yumurta ya da yenilebilir aşılardan elde edilen transgenik ürünlerin elde edilmesi de hem hayvan hem bitki grupları tarafından yapılabilmektedir. Bu bağlamda, son zamanlarda gen aktarımlı canlılarla hem gıda hem de ilaç olarak tüketilebilecek ürünlerin elde edilmesi mümkün görünmektedir. Örneğin, transgenik yenilebilir ürünlerdeki aşılardan, düşük maliyetleri ve de kolay ulaşılabilir olmaları nedeniyle gelişmekte olan ülkelerde uygulanabilirliği daha ön plandadır. Aynı şekilde sürekli enjeksiyonla insülin almak zorunda olan diyabet hastalarının da benzer yöntemle ağızdan alınan insülin formlarına kavuşması modern biyoteknoloji uygulamalarının ileriki zaman hedeflerindedir.

Transgenik model canlıların tıptaki başka bir kullanım alanı da kanser araştırmalarıdır. Örneğin, hızlı şekilde üretilerek yayılan tümör oluşumları kısa sürede ve istenilen şekilde yapılabilmektedir. Bu sayede kanser oluşumu için gereken hayvan sayısı ve maliyetler de düşürülebilmektedir.

Son zamanlarda gen aktarımlı canlıların kullanıldığı başka bir alan da gen tedavisi araştırmalarıdır. Gen tedavisi, tedavi amaçlı olarak hücreye bir genin aktarılmasını ve mutant fenotipin bu aktarımla

düzeltilerek düzgün işlev görmesini amaçlayan bir yaklaşımdır.

Günümüzde her alanda karşımıza çıkan transgenik uygulamalar ve bu uygulama ürünlerinin tıptaki kullanım alanları gelişen teknoloji ile giderek artmakta ve çeşitlenmektedir.

Etik Değerlendirme ve Sonuç

Son yıllarda gen aktarım teknolojilerinin süratle gelişmesi, insan yaşamını kolaylaştırmanın yanı sıra, artan dünya nüfusunun ihtiyaç duyduğu gıda ve biyolojik madde gereksinimlerini karşılamak anlamında da büyük öneme sahip olduğu görülmektedir. Ancak bu konunun etik ve ahlaki boyutuyla olan ilişkisinin sürekliliği beraberinde kaygı ve ikilemleri de getirmektedir. Bunun en önemli sebebi, genetiği değiştirilmiş hayvan ve bitkilerin gıda olarak kullanımında insan sağlığını tehdit eden bir etkinin görülebilme olasılığıdır. Bu kaygılar, teknolojinin insan hayatını kolaylaştıracak ve artan dünya nüfusuyla ortaya çıkan açlık sorunu için önemli bir çözüm alternatifi olabileceği gerçeğini değiştirmemektedir. İnsanlık, açlık sorunu karşısında iki yolun kesiştiğini fark etmektedir. Bir yanda doğal ve genetiği değiştirilmemiş besinleri tüketebilecek şanslı kitleler, diğer yanda ise genetiği değiştirilmiş besinleri tüketmek zorunda bırakılanlar... Bunun adaletli bir şekilde çözümü üzerinde çokça düşünmek gerekiyor.

Özellikle DNA üzerinden yapılan çalışmalarda belirgin bir kontrol sağlamak zordur. Bu anlamda gizli yapılan çalışmalarla bu konuda aşamalar kaydedilmesi de mümkündür. Belki de asıl tehlike buradadır.

Doğada gen alışverişi, yalnızca benzer türlerin bireyleri arasında olurken, genetik teknolojinin gelişmesi sayesinde klonlanan genler herhangi bir canlı hücrelerine aktarılabilir hale gelmiştir. Genlerin bir organizmadan alınarak üretilmesi ve bu genin diğer genlerden fiziksel olarak ayrılıp saf olarak elde edilmesi ve nükleotid dizisinin belirlenmesi, gen klonlaması olarak açıklanmaktadır. Gen teknolojisi, bu tekniği kullanan ve sürekli olarak geliştirip yaşamın her alanına yayan araştırmacılara bir takım sorumluluklar da getirmektedir. Nitekim germ hücrelerinde yapılan tedaviler, daha sonraki kuşakların sağlığını etkilemekte ve bazı tehlikeli durumlar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle bu tekniklerin sadece tedavi amacına yönelik olması ve bunu yaparken de belli etik ilkelere uyulması gerekmektedir.

Genler üzerinde gerçekleştirilen manipülasyonların anlık etkilerinden çok, uzak etkileri üzerinde yoğunlaşmak gerekmektedir. Canlıların genetik şifreleri üzerindeki kutsallığın ve hakların bir başka önemli nokta olduğunu unutmamalıyız. Bilim insanı olmak sorumluluk duygusunu hissetmek, vicdanı ikinci plana itmemek, belli değerleri ve ilkeleri zedelememektir. Bunun aksi yaklaşımların her zaman için örnek teşkil edebileceğini

ve yapılacak diğer çalışmalar için mazur görülebilecek sebepler oluşturabileceği düşünülmelidir.

Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM) tarafından 2003 yılında imzalayıp onaylayarak iç hukukumuzun bir parçası haline getirdiği *İnsan Hakları ve Biyotıp Sözleşmesi* (4.4.1997) Türk hukuku bakımından kanun düzeyinde değer taşıyan bir metindir. İnsan Hakları ve Biyotıp Sözleşmesi'nin 12. maddesinde "*Genetik hastalıkları teşhise yönelik veya ya kişinin bir hastalığa neden olan bir geni taşıdığını belirlemeye ya da genetik bir yatkınlığı veya bir hastalığa eğilimi ortaya çıkarmaya yönelik testler, sadece sağlık amaçlarıyla veya sağlık amaçlı bilimsel araştırma için ve uygun genetik danışmada bulunmak şartıyla yapılabilir*"; 13. maddesinde ise "*İnsan genomunu değiştirmeye yönelik bir müdahale, yalnızca, önleme, teşhis ve tedavi gayeleriyle ve sadece, amacının herhangi bir altsoyun genomunda değişiklik yapılması olmaması halinde yapılabilir.*" şeklinde belirtilmiştir (23).

Erdemir'e göre ise, "*İnsan üzerinde genetik deneyler yapalım mı?*" sorusu tıp etiği açısından önem arz eden bir durumdur. Bilimin ilerlemesine engel olmamak için öncelikle *istenmeyenlerin sınırının neresi olduğunu doğru bir şekilde saptayarak* gen teknolojisi konusunda ortaya çıkabilecek riskleri ortadan kaldırmak en doğrusudur. Bu nedenle gen teknolojisi etik açıdan da değerlendirilmeli ve bu yeni teknolojinin olası sonuçları olasılık tahminleri şeklinde ortaya konulmalıdır. Günümüz toplumlarında çok detaylı bir etik norm kataloğu bulunmamaktadır. Diğer taraftan değişik toplumların belirli değişikliklerle hukuk normları şeklinde insan hakları ve kişinin özgürlük hakları olarak toplanmışlardır. Gen teknolojisinin insan sağlığı için kullanılması, eğer yararlı sonuçlar verecekse uygundur. Ancak bu teknolojinin etik ilkeler çerçevesinde uygulanması gerekmektedir. Bu durum etik açıdan yararlı olma ilkesine uymayı sağlayacaktır (24).

Biyoteknoloji özellikle doğal canlılara müdahaleyi içermesi nedeniyle etik boyut içermekte ve sonuçları açısından tartışmalı bir alan olarak sosyal bilimlerin alanına gün geçtikçe artan bir biçimde damgasını vurmaktadır. Biyoteknoloji alanında gerçekleştirilen değişim, şeylerin maddi dünyasına müdahale değil, canlıların biyolojik "doğal" yaşamlarına müdahaledir. Bu anlamda etik boyut çerçevesinde yoğun tartışmalar yürütülmektedir. Özellikle biyoteknolojinin sağlık alanında sunduğu olanakların yanı sıra bu gelişmelerin kötüye kullanılmasının yaratabileceği sorunlar da etik tartışmaların konusunu oluşturmaktadır (25).

Tarımsal ve tıbbi biyoteknoloji konuları ve bu alandaki gelişmelerin topluma yansımaları ile yakından ilgili oldukları düşünülen hekim, mühendis ve sosyal bilimciler ile yapılan bir çalışmada genel olarak tüketicilerin tıp alanında gerçekleştirilen biyoteknolojik uygulama ve ürünlere olumlu yaklaştığı ancak tarım sektörü söz konusu olduğunda sağlık, güvenlik ve etik kaygı ve

değerlerinin dikkate alınmasını istedikleri saptanmıştır. Ayrıca tarımsal biyoteknoloji uygulamalarında, güvenlikten emin olunması, etkin ve bilimsel bir denetim mekanizmasının geliştirilmesi ve bilimsel belirsizlikler nedeni ile oluşan kaygıların minimize edilmesi biyoteknolojiden sağlanan yararların artırılabilmesi için Ar-Ge çalışmalarının düzenlenmesi ve biyoteknoloji konusundaki yasal düzenlemelerin en kısa zamanda, çevre hukukundaki "ihtiyat ilkesi" ve tüketici hukukunun temelini oluşturan tüketici hakları göz önüne alınarak yapılması gerektiği vurgulanmaktadır (26).

Özgen ve arkadaşlarının (2007) tüketicilerin biyoteknolojik uygulama ve ürünlere yönelik bilgi düzeyleri, tutumları, kabulleri ile algıları, kaygıları ve korunmalarına yönelik görüşleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacı ile ülkemizde yaptıkları araştırma-larının sonucuna göre, tüketicilerin biyoteknolojik uygulama ve ürünler ile ilgili bilgi düzeylerinin düşük, bilim ve teknolojiye yönelik tutumlarının olumlu olduğu, çevreye duyarlı oldukları, en çok ilaç üretiminde gen teknolojisinin kullanımını destekledikleri, genetik modifikasyonda en çok bitki organizması ve mikroorganizma kullanılması görüşüne katıldıkları, biyoteknolojik uygulama ve ürünlere yönelik sosyal kabullerinin ve genetiği değiştirilmiş ürünler ve ürün gruplarını satın almaya duydukları isteğin ve gelecekte gen teknolojisi ile üretilmiş ürünleri satın almayı düşünme durumlarının düşük düzeyde olduğu, ancak gelecekte genel olarak üretimde gen teknolojisinin kullanılmasını destekledikleri bulunmuştur. Ayrıca, tüketicilerin tıbbi biyoteknoloji ve çevresel biyoteknolojiye yönelik algılarının daha olumlu olduğu, biyoteknolojik uygulama ve ürünler ile ilgili olarak sağlık-çevre ve ekonomi, pazar, bilgiye ulaşma ve etik ile ilgili kaygılarının olduğu, korunmalarına yönelik çerçevede yer alabilecek çevre hukuku, tüketici hukuku ve bilgi kaynakları ile ilgili görüşlere katılma düzeylerinin yüksek olduğu saptanmıştır. Aynı çalışmada ilaç üretiminde gen teknolojisinin kullanılmasına taraftar olan erkeklerin oranının (%53), kadınların oranından (%43) yüksek bulunduğunu, ancak tüketicilerin genetik modifikasyona yönelik tutumlarının cinsiyete bağlı olarak değişmediğini saptamışlardır (27).

Gen aktarımı tekniği çok yeni olup, hızla yaygınlaştığı için henüz kesinleşmemekle birlikte, ileriye yönelik çeşitli risk olasılıkları ve bunların olası yansımaları yaygın olarak tüm dünya genelinde tartışılmaktadır. Bu riskler; sağlık riskleri, çevresel (ekolojik) riskler, ekonomik ve ticari riskler, sosyal ve hukuksal riskler ve etik açıdan gelişebilecek riskler olarak sıralanabilmektedir (28).

Son yıllarda büyük önem kazanan gen aktarım teknolojisinin uygulandığı tıp, ziraat, biyomühendislik, veteriner hekimlik, hayvancılık gibi birçok alanda zaman ve iş gücü tasarrufunun ekonomik getirileri ile zaman ve kalite açısından da yararlı olduğu düşünülse bile ekosistemin karmaşık yapısından dolayı gen aktarımlı canlıların ve bunların insan sağlığında kullanımının

bugün bilinen risklerinin dışında ne gibi olumsuzluklara yol açabileceğini şimdiden bilmek mümkün görünmemektedir.

Modern biyoteknolojide yaşanan bu gelişmeler ışığında, yakın gelecekte ata gen (korunmuş gen) kaynaklarının özel bir önem kazanacağı şimdiden söylenebilir. Bu nedenle, gen aktarımı uygulamalarında doğanın doğal uyumuna ve gelecek nesillerde oluşabilecek risklere

karşı dikkatli olmak, bir tür özen gösterme yükümlülüğüdür.

Sonuç olarak, yapılan transgenik uygulamaların ve bunlardan elde edilen ürünlerin kullanımında, gerekli biyogüvenlik önlemlerinin alınması kadar; insan, hayvan ve diğer tüm canlılar açısından etik ilke ve değerlerin göz önünde tutulması gerektiğini düşünüyoruz.

Kaynaklar

1. Uzogara SG. The impact of genetic modification of human foods in The 21st century: A review. *Biotechnol Adv* 2000;18(3):179-206.
2. Cellini F, Chesson A, Colquhoun I, et al. Unintended effects and their detection in genetically modified crops. *Food Chem Toxicol* 2004;42(7):1089-1125.
3. Wall, RJ. Biotechnology for the production of modified and innovative animal products: Transgenic livestock bioreactors. *Livestock Production Science* 1999;59(2):243-55.
4. Zülal A. Gen aktarımlı bitkilerin geleceği. *Bilim ve Teknik* 2000;388: 92-4.
5. Griffith F. The significance of pneumococcal types. *J Hyg* 1928;27(2):113-59. <http://profiles.nlm.nih.gov/ps/access/CCAAOD.pdf> (Erişim Tarihi: 09.06.2014)
6. The Oswald T. Avery Collection: Shifting focus: Early work on bacterial transformation, 1928-1940. Profiles in science. U.S. National Library of Medicine. <http://profiles.nlm.nih.gov/ps/retrieve/Narrative/CC/p-nid/38> (Erişim Tarihi: 09.06.2014)
7. Watson JD, Crick FHC. A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature* 1953;25(171):7377-8. <http://dwb4.unl.edu/Chem/CHEM869N/CHEM869NLinks/biocrs.biomed.brown.edu/Books/Chapters/Ch208/DH-Paper.html> (Erişim Tarihi: 09.06.2014)
8. Cohen SN, Chang ACY. Recircularization and autonomous replication of a sheared R-factor DNA segment in Escherichia coli transformants - PNAS. *Proc Nat Acad Sci USA* 1973;70(5):1293-7.
9. Jaenisch R, Mintz B. Simian virus 40 DNA sequences in DNA of healthy adult mice derived from preimplantation blastocysts injected with viral DNA. *Proc Natl Acad Sci USA* 1974;71(4):1250-4.
10. Berg P, Baltimore D, Brenner S, Roblin RO, Singer MF. Summary statement of the Asilomar conference on recombinant DNA molecules. *Proc Natl Acad Sci USA* 1975;72(6):1981-4.
11. Goeddel DV, Kleid DG, Bolivar F, et al. Expression in Escherichia coli of chemically synthesized genes for human insulin. *Proc Natl Acad Sci USA* 1979;76(1):106-10.
12. Krimpenfort P, Rademakers A, Eyestone W, et al. Generation of transgenic dairy cattle using 'in vitro' embryo production. *Biotechnology* 1991;9(9):844-7.
13. Campbell KH, McWhir J, Ritchie WA, Wilmut I. Sheep cloned by nuclear transfer from a cultured cell line. *Nature* 1996;380(6569):64-6.
14. Harris A. Towards an ovine model of cystic fibrosis. *Hum Mol Genet* 1997;6(13):2191-3.
15. Hersch SM, Ferrante RJ. Translating therapies for Huntington's disease from genetic animal models to clinical trials. *NeuroRx* 2004;1(3):298-306.
16. van Dooren T, Dewachter I, Borghgraef P, van Leuven F. Transgenic mouse models for APP processing and Alzheimer disease: Early and late defects. *Subcell Biochem* 2005;38(1):45-63.
17. Patters RM, Alexander CA, Wells KD, et al. Genetically engineered large animal model for studying cone photoreceptor survival and degeneration in retinitis pigmentosa. *Nat Biotechnol* 1997;15(10):965-70.
18. Overturf K, al-Dhalimy M, Ou CN, Overturf K, et al. Adenovirus-mediated gene therapy in a mouse model of hereditary tyrosinemia type I. *Hum Gene Ther* 1997;8(5):513-21.
19. Clark AJ. Expression of human anti-hemophilic factor IX in the milk of transgenic sheep. *Nat Biotechnol* 1989;7(5):487-92.
20. Gaddek JE, Hosea SW, Gelfand JA, et al. Replacement therapy in hereditary angioedema: Successful treatment of acute episodes of angioedema with partly purified C1 inhibitor. *N Engl J Med* 1980;302(10):542-6.
21. Van den Hout JM, Kamphoven JH, Winkel LP, et al. Long-term intravenous treatment of Pompe disease with recombinant human a-glucosidase from milk. *Pediatrics* 2004;113(5):448-57.
22. Andersen DC, Krummen L. Recombinant protein expression for therapeutic applications. *Curr Opin Biotechnol* 2002;13(2):117-23.
23. Biyoloji ve Tıbbın Uygulanması Bakımından İnsan Hakları ve İnsan Haysiyetinin Korunması Sözleşmesi: İnsan Hakları ve Biyotıp Sözleşmesi, Oviedo, 4.4.1997.
24. Demirhan Erdemir A. Tıpta Etik ve Deontoloji (Yirmibirinci Yüzyılda). *Gen Teknolojisi ve Tıp Etiği. Nobel Tıp Kitabevleri*; 2011:637-54.
25. Erbaş H. Türkiye'de biyoteknoloji ve toplumsal kesimler. Profesyoneller, kentsel tüketiciler ve köylüler. *Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü Yayınları No: 4*; 2008:35-6.
26. Bayoğlu AS Özgen Ö. Tüketicilerin tarımsal ve tıbbi biyoteknolojiye yönelik tutumları ile fayda ve risk algılarının incelenmesi. *J Int Soc Res* 2010;3(1):90-103.
27. Özgen Ö, Emiroğlu H, Yıldız M, Taş AS, Puruçuoğlu E. Tüketiciler ve modern biyoteknoloji: Model yaklaşımlar. *Biyoteknoloji Enstitüsü Yayınları No: 1*, Ankara, Ankara Üniversitesi Basımevi; 2007:254.
28. Topal RŞ. Değiştirilen: Gen mi, sen mi, evren mi? ISBN 605-0001-00-6. İstanbul; Yeni İnsan Yayınevi; 2007:192.