

TRANSGENİK BALIKLAR: FAYDA VE RİSKLERİ

Süleyman Akhan^{1*}, Mehmet Ali Canyurt²

¹ Rize Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, Rize

² Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, Bornova, İzmir

Özet:

Yüzyılın son 20 yılında genetik mühendisliği alanında kaydedilen gelişmeler ve bu tekniklerin bakteriden sonra gelişmiş organizmalar ve balıklara da uygulanması sonucu transgenik balıklar önemli bir hal almıştır. Genetik olarak değiştirilmiş ilk transgenik balık 1985 yılında bildirilmiştir. Balıklarda yapılan gen transferi çalışmaları genelde büyüme hızını artırma, hastalıklara karşı direnci artırma ve soğuğa karşı toleransı artırma üzerine yapılmıştır. Farklı yöntemler kullanılarak yapılabilen bu genetik manipülasyonlar, yetiştiricilik açısından daha hızlı büyüme, hastalıklara karşı direnç kazandırma, düşük su sıcaklıklarına karşı toleransın artırılması ve akvaryum balıklarında daha güzel görünümlü bireylerin elde edilebilmesi gibi bazı yararlar sağlamakla beraber, doğal popülasyonların kontaminasyonu, genetik olarak değiştirilmiş gıdaların (GDO) insan sağlığı üzerine olumsuz etki gösterebileceği gibi kimi olumsuz risklerin de bulunabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada balıklarda gen transferi, sağladığı yararlar ve getirdiği riskler tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Genetik manipülasyon, GDO, transgenik balık, fayda ve risk analizi

Abstract: **Transgenic fish: benefits and risks**

Development in area of genetic engineering and application of those investigated techniques to plants and animals in last 20 years of 20th century, transgenic fish has become important. First genetically modified fish was reported in 1985. The transgenic study which was performed on fish has been focused on fast growth, improving diseases resistances and cold tolerances. It has been thought that, although those genetic manipulations have brought some benefits such as fast growing, resistance to high and low temperature and good looking for ornamental fishes, it has carried some risks as contamination wild stocks by transferred genes and negative effect on human health. In this review gene transfer methods in fish and its benefits and risks were argued.

Keywords: Genetic manipulation, GMO, transgenic fish, analysis of benefits and risks

* **Correspondence to:** Dr. Süleyman AKHAN, Rize Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, Rize-TÜRKİYE
Tel: (+90 464) 2233385 Fax: (+90 464) 2234118
E-mail: akhansuleyman@hotmail.com

Giriş

İstatistiksel veriler, 2005 yılında dünya balık ve kabuklu üretiminin % 39,9'unu yetiştiricilik yoluyla elde edildiğini göstermektedir (FAO, 2006). Avcılık yoluyla üretilebilecek balık ve kabuklu miktarı ise maksimum sürdürülebilir miktara ulaşmıştır ve üretimi daha fazla arttırmak mümkün görünmemektedir. Bu nedenle artan su ürünleri ihtiyacının yetiştiricilik yoluyla sağlanması kaçınılmazdır.

Yetiştiricilikte üretimin artırılabilmesi için, yetiştiriciliği yapılan türlerin seleksiyon ve gen transfer teknolojisi kullanılarak genetik olarak ıslah edilmesi yoluna gidilmiştir. Biyoteknoloji alanındaki hızlı gelişim canlı organizmaların kromozom ve genlerinin manipüle edilmesine olanak sağlamıştır. Transgenik balık ve kabuklu üretimi, yetiştiricilikte üretimi artırma potansiyeli taşıdığı için son yirmi yılda önemli bir konu olmuştur (Zbikowska, 2003; Dunham, 2004).

Gen transferi, yabancı DNA veya RNA parçasının konak hücre veya organizmada çalışacak şekilde konak gametin, embriyonun veya somatik hücrenin stoplazması veya çekirdeğine birtakım kimyasal ve fiziksel işlemler sonucu sokulmasıdır (Hallerman ve Kapuscinski, 1990; Tsai, 2003). Bu yabancı DNA parçasığı, transfer yapılacak konağa akraba bir türe veya tamamıyla farklı bir türe ait olabilir. Transfer edilen yabancı geni taşıyan organizma ve bu organizmaların döllerine transgenik organizma denilmektedir. Transgenik organizmalar ayrıca genetik olarak değiştirilmiş organizmalar (GDO) olarak ta adlandırılmaktadır (Tsai, 2003).

Balıklarda gen transferi çalışmaları 1980'li yıllarda başlamıştır. İlk transgenetik balığın 1985 yılında Zhu ve ark., tarafından rapor edilmiştir. İlk transgenik balığın üretilmesinden günümüze kadar birçok balık ve kabuklu türünde gen transferi çalışması yapılmış ve bir çoğunda başarı sağlanmıştır (Levy ve ark., 2000). Etik açıdan tartışmalı olmasına rağmen, günümüzde insan gıdası olarak önemli bir yere sahip balık ve kabuklu türlerinde, kaliteyi arttırmak için veya genetik olarak daha üstün

hatlar üretmek için gen transferi çalışmaları devam etmektedir. Diğer taraftan moleküler biyoloji ve embriyoloji için model türler olan zebra (*Danio rerio*) ve medaka (*Oryzias latipes*) gibi balıklarda araştırma amaçlı olarak daha fazla çalışma yapılmaktadır.

Transgenik balık üretimi için temel prosedürler: (1) transfer edilecek genin dizaynı ve elde edilmesi, (2) hazırlanan yabancı genin balık üreme hücresine ya da zigota yerleştirilmesi, (3) transgenik balıkların izlenmesi, (4) transfer edilen genin ekspresyon ve fenotipinin belirlenmesi, (5) döllerdeki kalıtımına bakılması, (6) kalıcı olarak transgenik olan bireylerin seçilerek transgenik hattın oluşturulması olarak sıralanmaktadır (Levy ve ark., 2000).

Bu çalışmada transgenik balık üretimi için yapılan çalışmalar, gen transferinin getirdiği faydalar yanında beraberinde getirebileceği muhtemel riskler, hem etik açıdan hem de insan sağlığı açısından ele alınmış ve tartışılmıştır.

Transgenik Balık ve Kabuklu Türleri

İlk transgenik hayvan Palmiter ve ark. (1982) tarafından üretilen bir fare olmuştur. Bu araştırmadan sonra ilk transgenik balık 1984 Zhu ve ark. (1985) tarafından üretilmiştir. Genellikle gen transferi çalışmalarının yapıldığı balık türleri iki gruba ayrılabilir; bunlardan birincisi yetiştiriciliği yapılan ve insan gıdası olarak tüketilen türler, diğeri ise temel bilimlerde biyoteknoloji alanında yapılan çalışmalarda model olan türlerdir. İnsan gıdası olarak tüketilen türlerin başlıcaları sazan (*Cyprinus carpio*), tilapia (*Oreochromis sp.*), som balıkları ve alabalıklar (*Salmo sp.*, *Oncorhynchus sp.*) ve kanal yayını (*Ictalurus punctatus*), model türlere de zebra balığı (*Danio rerio*), medaka (*Oryzias latipes*) ve havuz balığı (*Carassius auratus*) sayılabilir (Aleström, 1996). Bu türlere ek olarak bazı kabuklu ve eklem bacaklı türlerinde de gen transferi çalışması yapılmıştır ve hala bu çalışmalara devam edilmektedir. Yapılan çalışmalar türlere göre Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Genetik olarak değiştirilmiş balık, kabuklu ve eklembacaklı türleri (Beardmore ve Porter, 2003; Rasmussen ve Morrissey, 2007)**Table 1.** Genetically modified fish and crustaceans species (Beardmore and Porter, 2003; Rasmussen and Morrissey, 2007)

Tür	Hedef gen
Havuz balığı (<i>Carassius auratus</i>)	Neomisin direnç geni, CAT, GH
Zebra balığı	Luciferaz geni, neomisin transferaz geni, CAT, beta galaktosidaz geni, GFP
Atlas Okyanusu som balığı (<i>Salmo salar</i>)	GH, AFP, winter flounder AFP, CSGH
Coho som balığı (<i>Oncorhynchus kisutch</i>)	GH
Chinook Som balığı (<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>)	Salmon GH, AFP,
Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	tiGH, INT-tiGH, CSGH, ypGH, lac Z, bakteriyel lac Z, RGH, HGH
Sazan (<i>Cyprinus carpio</i>)	GH, salmon GH,
Gökkuşağı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Hexokinaz geni, GH, sazan alfa globin, salmon GH, CAT, beta galaktosidaz geni
Sazan (<i>Labeo rohita</i>)	HGH,
Ot sazanı (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)	Hlf, sazan beta aktin promotor,
Alp alabalığı (<i>Salvelinus alpinus</i>)	Salmon GH, insan CVM geni,
Turna (<i>Esox lucius</i>)	Sığır GH, salmon GH,
Çizgili levrek (<i>Morone saxatilis</i>)	Sinek cercopin geni,
Kanal yayını (<i>Ictalurus punctatus</i>)	GH, ipek böceęi cecropin geni,
Medaka (<i>Oryzias latipes</i>)	Sinek cercopin geni, domuz cercropin benzeri peptid geni,
Ayu (<i>Plecoglossus altivelis</i>)	rtGH
Mercan (<i>Pagrus major</i>)	Salmon GH
Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	GH
İstiridye (<i>Crassostrea virginica</i>)	Aminoglycoside phosphotransferase II, GFP,
Midye (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)	Tesadüfi salmon DNA'sı

Tablo 1'de kullanılan kısaltmalar: GH: Growth Hormone, AFP: Anti-freeze Protein, HGH: Human Growth Hormone, BGH: Bovine Growth Hormone, CSGH: Coho Salmon Growth Hormone, ypGH: Yellowfin Porgy Growth Hormone, CAT: Chloramphenicol Acetyl Transferase, tiGH: Tilapia Growth Hormone, RTGH: Rainbow Trout Growth Hormone, RGH: Rat Growth Hormone, CMV: cytomegalovirus promoter, hLF: human lactoferrin gene, GFP: green fluorescence protein, rtGH: gökkuşağı alabalığı büyüme hormonu geni.

Gen transferinin potansiyel ve mevcut yararları

Balıklar üzerinde yapılan gen transferi çalışmaları amaçlarına göre yedi ana başlık altında toplanabilir (Maclean ve Laight, 2000): (1) hızlı büyüme, (2) donma veya soğuğa karşı tolerans, (3) tuzluluğa tolerans, (4) hastalıklara karşı direnç kazandırma, (5) kısırılık, (6) metabolik modifikasyon, (7) farmakolojik proteinleri üretme.

Hızlı büyüyen hatlar üretmek yetiştiricilik açısından en fazla ilgi gören çalışmalardır. Atlas Okyanusu som balığı ve koho salmonuna, GH geni transfer edildikten sonra kontrol grubundan on kat daha fazla büyüdüğü bildirilmiştir (Devlin ve ark., 1995). Tilapialarda yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar alınmıştır. Rahman ve ark. (1998) yaptıkları çalışma sonunda kontrol grubundan üç kat daha büyük bireyler üretmeyi başarmıştır. Buna ek olarak, büyümeyi hızlandırmak amacıyla üretilen transgenik balıklarda bazı morfolojik (deri renginde değişim) ve fizyolojik (yumurta ve sperm veriminde düşüş) anormallikler de bildirilmiştir.

Antifriz proteini ve antifriz glikoproteinleri soğuksu deniz balıklarında bulunmaktadır. Ana fonksiyonları balık kanının soğukta donmasını önlemektir. Bu proteini kodlayan tip III antifriz protein geni, Shears ve ark. (1991) tarafında transfer edilmiş ve başarılı sonuç elde edilmiştir. Hedef organizmaya transfer edilen antifriz protein geni, transgenik balıkta bu proteini üreterek kültür balıklarında soğuğa karşı toleransı arttırmaktadır. Doğal olarak bu geni taşıyan pisi (*Pseudopleuronectes americanus*) serumunda 10–20 mg/ml bulunan bu protein, APF geni transfer edilmiş Atlas Okyanusu som balığında mevsimsel olarak değişmekle beraber serumdaki ekspresyon düzeyi 250 µg/ml ölçülmüştür. Bu düzeyde bile, kültürü yapılan transgenik som balıklarında soğuğa karşı toleransın arttığı bildirilmiştir (Zbikowska, 2003).

Gen transferi metodu süs balıkları üretimi amacı için de kullanılmaktadır. Son zamanlarda denizanasında (*Aequorea victoria*) bulunan yeşil floresan proteini (Green fluorescence protein; GFP) ve kırmızı floresan proteini (Red fluorescence protein RFP) kodlayan gen transgenik çalışmalarda kullanılan en popüler gen olmuştur. GFP reporter geni zebra balığına transfer edildikten sonra transgenik zebra balığı kasında bu protein üretilmeye başlanmıştır (Long ve ark., 1997). Bu proteini üreten balıklar karanlıkta yeşil floresan ışığı vermektedir.

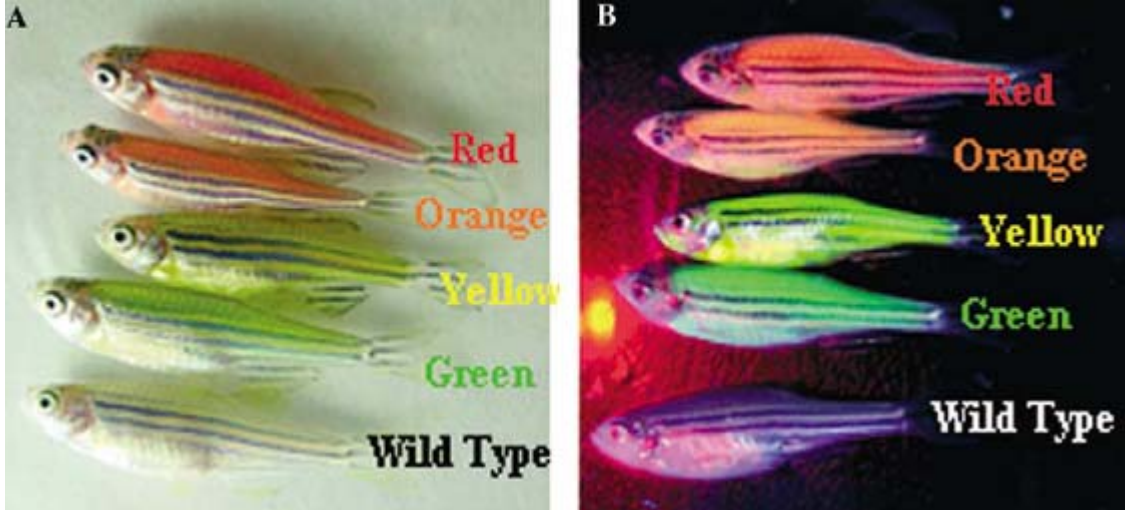
Doğal olarak askorbik asit biyosentezini (L-AAB) yapamayan gökkuşuğu alabalıklarına fare L-glutono-γ-lakton oksidaz (GLO) cDNA verilmiştir. İkinci olarak gökkuşuğu alabalığına glikozun yararlılığını arttırmak için insan glikoz transporter (hGLUT1), veya fare heksokinaz (rHKII) geni transfer edilmiştir. Glikoz transporter ve heksokinazın glikoz taşımada ve fosforilasyonda sınırlı rol oynadıkları görülmüştür. Sockeye salmonu metalotionenin promotör geni yine aynı metabolik modifikasyon için kullanılmış ancak yine tam başarı sağlanamamıştır (Krasnov ve ark., 1999).

Yetiştiricilik endüstrisinin en önemli amaçlarından biri hastalıklara karşı dirençli kültür hatları üretmektir. Biyoteknoloji bu anlamda yeni fırsatlar sunmaktadır. Bunlardan birisi de bazı balık patojenlerine karşı antibakteriyel özelliği olan lizozimi kodlayan balık lizozim genidir. Diğer genler ise antimikrobiyal özellik taşıyan pleurocidini ve moronecedini kodlayan genlerdir (Zbikowska, 2003). Dunham ve ark. (2004) kanal yayınına cecropin B genini transfer ederek kanal yayın balıklarına *Flavobacterium columnare* enfeksiyonuna karşı direnç kazandırmıştır. Deneysel enfeksiyonda transgenik olmayan kontrol grubunda enfeksiyon sonucunda yaşama % 27,3 olurken, cecropin B geni taşıyan transgenik gruplarda % 100 yaşama oranı gözlemlendiğini bildirmiştir.



Şekil 1. Aynı yaştaki GH kodlayan gen transfer edilmiş transgenik tilapia (solda) ve transgenik olmayan tilapia (sağda) (Rahman ve ark., 2001)

Figure 1. GH coding gene transferred transgenic tilapia (on the left) and non transgenic tilapia (on the right) (Rahman et al., 2001)



Şekil 2. Yeşil (GFP) ve kırmızı (RFP) floresan geni taşıyan transgenik zebra balıkları (Gong ve ark., 2003). (A): Gündüz, (B): Gece

Figure 2. Green (GFP) and red (RFP) fluorescent gene transferred zebra fish (Gong et al. 2003) (A): in the day light, (B): at night

Ticari olarak kültürü yapılan transgenik balıkların doğaya kaçmaları mümkündür. Çünkü balıklar ağ kafeslerde yetiştirilmektedir. Eğer kaçan balıklar yabancı stoklarla çiftleşir ve üremeyi başarırsa modifiye edilmiş genin doğadaki bireylere taşınması olasıdır. Bu nedenle güvenlik amacıyla transgenik balıklara sıcak veya basınç şoku uygulanarak triplodizasyon yapılır. Fakat bu yöntem % 100 güvenilir değildir. Bu nedenle daha güvenilir olan GnRH hormonunun kodlayan GnRH geninin GAP bölgesi silinerek GnRH salgısı bloke edilerek canlı tamamıyla kısırlaştırılmış olur (Dunham, 1999).

Transgenik Balıkların Getirdiği Potansiyel Riskler

Yetiştiricilikteki transgenik uygulamaları yukarıda bahsedilen faydaların yanında bazı riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle transgenik türler ticari olarak yetiştiriciliğe alınmadan önce insan sağlığı açısından ve çevresel açıdan muhtemel etkilerinin kesinlikle düşünülmesi gerekir.

Transgenik balıklar insan gıdası olarak tüketilebilir mi?

Transgenik su ürünlerinin uzun süreli tüketilmesinin etkilerinin ne olduğu bilinmemektedir. Ancak yabancı bir genin sucul organizmaya transferi bu canlıda bilinmeyen toksin ve alerjenlerin üretilmesine neden olabilir (Kelly 2005). Örneğin eğer kabuklu proteinini kodlayan gen balığa transfer edilirse, kabukluya karşı alerjisi olan herhangi bir insanın bu balığı yediğinde alerji olma riski vardır. Diğer potansiyel risk hastalıklara karşı direnci artan transgenik balık, insan sağlığını tehdit edebilecek yeni patojenlere konaklık edebilir. Dünya çapında transgenik organizmaların sağlığa etkisi konusunda önemli tartışma ve anlaşmazlık söz konusudur. Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada bazı transgenik canlıları benimsemesine rağmen Avrupa, bürokratik direnç ve anti-GDO'cu kanunlar nedeniyle transgenik canlıların üretimi ve tüketimini onaylamamaktadır (Rasmussen ve Morissey, 2007).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (2000)'ne göre sucul organizmalarda uygulanan biyoteknolojik uygulamaların oluşturduğu risk çok az ve önemsizdir. Sucul organizmalarda yapılan gen transferi çalışmalarında kullanılan hedef gen, alerjik etkiye neden olabile-

cek genel antimikrobiyal proteinleri kodlayan genlerin transfer edildiği bitkilerin aksine, genelde balık türlerine ait büyüme hormonunu kodlayan genlerdir. Şu ana kadar üretilen birçok transgenik balık prototipi ekstra büyüme hormonu geni transfer edilmiş canlılardır. Bu da, balıkta sadece biraz daha fazla büyüme hormonu salgılanmasını sağlamaktadır. Büyüme hormonu dışarıdan alınan proteini indirgeyen bir hormondur. Büyüme hormonu transfer edilmiş balık etinin insan gıdası olarak tüketilmesi tamamıyla güvenlidir. Ancak yine de büyüme hormonu geni transfer edilmiş balığı tüketip tüketmemeye tüketiciler karar vereceklerdir (Aleström, 1996).

Çevresel Riskler

Çevresel riskleri düşündüren en önemli olgu kültürü yapılan balıkların işletmelerden doğaya kaçmaları ve yabancı formlarıyla etkileşmeleridir (Kapusinski ve Hallerman, 1990; Maclean ve Laight, 2000; Ramirez ve Morrissey 2003). Kültür ortamında balıkların kaçmaması için ne kadar önlem alınırsa alınsın mutlaka yetiştirilen stoktan doğaya kaçış olmaktadır. Örneğin, Norveç'te kaçan kültür som balıkları Norveç nehirlerindeki som balıklarının % 30'unu oluşturmaktadır (FAO, 2002). Bu kaçan balıklar, doğada üreme yetenekleri zayıf olmalarına rağmen yabancı som balıklarıyla çiftleşme riski taşımaktadır. Diğer taraftan hastalıklara karşı direnci artan transgenik balık, taşıyıcısı olduğu patojenleri yabancı popülasyonlara bulaştırma ve doğal stok yapısını bozma riski taşımaktadır. Kültür formlarının doğada üreme yetenekleri zayıf olmalarına rağmen yabancı stoklarla çiftleşme riskleri bulunmaktadır (Rasmussen ve Morissey, 2007). Kaçan transgenik balıkların doğal stoklarla etkileşmesi biyoçeşitliliği olumsuz etkileyebilir. Şöyle ki; transgenik bireylerde yabancı genin etkisiyle beslenme ve üreme gibi balık davranışları değişebilir. Yabancı genin etkisiyle daha saldırgan veya predatör hale gelen kaçan balıklar yabancı popülasyonlara dominant olabilir ve böylece hem doğal stokların yok olmasına hem de diğer türlerin tehlike altına girmesine neden olabilir (FAO, 2000). Antifriz proteini (AFP) transgeni taşıyan balıklar, daha hızlı büyüdüğü ve hastalıklara karşı daha dirençli olduğu için doğal stoklarla daha iyi rekabet edebilmektedir. Çalışmalar büyüme hormonu (GH) transfer edilmiş som balıklarının daha iyi yem almaları nedeniyle transgenik

olmayan bireylere karşı baskın çıktığını göstermektedir (Devlin ve ark., 1999).

Birçok deniz türü yer değiştirme ve farklı ortamlarda üreme özelliklerine sahiptir, bu nedenle transfer edilen yabancı gen sadece yöresel popülasyonları etkilemeyecek daha uzaklardaki popülasyonlara da yayılabilecektir. Bu durum, uzun zaman içerisinde popülasyon dinamiğini ve yabancı stokların devamlılığını etkileyecektir (FAO, 2000). Hem kültür stoklarında hem de doğal stoklarda genetik çeşitliliğin korunması su ürünleri yetiştiricileri açısından büyük önem arz etmektedir. Doğal stoklar ve taşıdığı genler gelecekteki araştırmalar ve yetiştiriciliğin geliştirilmesi için doğal bir gen bankası gibidir. Ayrıca geniş ıslah programlarında daha fazla genetik çeşitliliğe ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle transgenik balık araştırmaları ve üretilen transgenik balıkların doğal stoklar üzerine etkisi minimize edilmelidir (Dunham, 1999).

Yukarıda bahsi geçen riskleri yok edebilmek için transgenik stokların kısırlaştırılması önerilmektedir. Ancak günümüzde halen kullanılmakta olan kısırlaştırma teknikleri % 100 başarı sağlamadığı için kaçan balıkların yabancı stokları etkilemesi yine muhtemeldir (Dunham ve ark., 2001; Dunham ve ark., 2004)

Bilimsel Etik ve Hukuki Boyut

Transgenik balıkların çevreyle etkileşimi neticesinde, beklenmedik sonuçların çıkması muhtemeldir. Sonuçta üretilen veya yakalanan balık besin zincirinin bir parçasıdır ve bu zincirin en üstünde bulunan insanoğlunu kaygılandırmaktadır. Diğer taraftan gen transferi çalışmalarının yürütüldüğü bazı model türler insanoğlunun iyiliği için kullanılmaktadır ve gıda olarak tüketilmediği ve doğaya kaçırılmadığı sürece sorun yok gibi görülebilir.

Fakat yeni mutant canlıların üretimi her zaman istenildiği gibi olmayabilmektedir. Üretilen bu canlılarda yüksek ölüm oranları anormal fenotipler ortaya çıkabilmektedir (Smith, 1999). Bu ve benzeri problemler hem bilimsel etik, hem de hayvan hakları açısından sorun olmaktadır.

Ticari anlamda transgenik balık üretimi ve pazarlanması için birtakım hukuksal ve bilimsel kriterlere uyulmasına da gerek vardır. Birleşmiş Milletler 4 Haziran 1992'de, Rio de Janeiro'da "Çevre ve Kalkınma" konferansını toplayıp, *Biyolojik Çeşitlilik Konvansiyonu'*

nu, bu sözleşmeden sekiz yıl sonra 2000 yılında bu kez *Cartagena Biyogüvenlik Protokolü'*nü konvansiyona ek protokol olarak kabul etmiştir. Cartagena Biyogüvenlik Protokolü (SCBD, 2000) ile modern biyoteknolojinin, çevre ve insan sağlığı için yeterli güvenlik tedbirleri ile birlikte geliştirilmesi ve kullanılması halinde, insanlığın refahı için büyük potansiyele sahip olduğu kabul edilmiştir. Bu protokole göre genetik olarak değiştirilmiş organizmaların ticari olarak üretimi, ithalatı, ihracatı ve risk değerlendirilmesinin nasıl yapılacağına çerçevesi çizilmiştir. Ancak işlenmiş ürünler bu protokolün dışında kalmıştır. Avrupa birliği 1998 yılında transgenik canlı ticaretini yasaklamış, protokole muhalefet etmiştir. Ancak Dünya Ticaret Örgütü'nün Avrupa'yı tazminata mahkum etmesinin ardından bu yasağı kaldırmak zorunda kalmıştır. Ülkemizde ise genetik organizmaların üretimi ve ticaretini düzenleyen biyogüvenlik yasası taslak halindedir.

Sonuç

Transgenik balıklar getirdiği bazı kaygılara rağmen yetiştiriciler için büyük ümit vaat etmektedir. İnsan gıdası olarak tüketilecek transgenik balıkların ticari boyutta üretilip üretilmemesini şüphesiz tüketiciler belirleyecektir. Çünkü genetik olarak değiştirilmiş bu balıklar tüketiciler tarafından tercih edilmez ise transgenik balık çalışmaları bilimsel çalışma olarak kalacaktır. Ancak süs balıklarında durum biraz daha farklıdır. GFP geni transfer edilmiş zebra balığı akvaryum balığı olduğu için insan sağlığı açısından sakınca arz etmeyecektir. Diğer taraftan biyoteknolojide deneysel çalışmaların yapılması zebra balığı gibi model organizmalarla devam etmektedir.

Transgenik balıklar ticari anlamda üretilceklerse Cartagena Protokolü'ne ve prensiplerine uygunluğu teyit edilerek üretilmelidir. Transfer edilecek gen viral kaynaklı olmamalıdır. Transgenik balıkların ticari olarak üretimine başlanılmadan önce gerçekçi ve inandırıcı bir yaklaşımla risk analizi yapılmalıdır. Transgenik balıkların kısırlı üretilmesi ekolojik risklerini azaltacaktır. Transgenik balıklarla ilgili olarak politikacılar, yetiştiriciler ve tüketiciler mutlaka bilgilendirilmelidir.

Kaynaklar

Aleström, P., (1996). Genetically modified fish in future aquaculture: technical, environmental and management considerations,

- ISNAR Biotechnology Service, Biotechnology Seminar, 81-85, Hague, The Netherlands.
- Beardmore, J.A., Porter, J.S., (2003). Genetically modified organisms and aquaculture, 38, *FAO Fisheries Circular*. No: 989, Rome, FAO.
- Devlin, R.H., Yesaki, T.Y., Donaldson, E.M., Du, S.J., Hew, C.L., (1995). Production of germline transgenic pacific salmonids with dramatically increased growth performance, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **52**: 1376-1384.
- Devlin, R.H., Johnsson J.I., Smailus, D.E., Biagi, C.A., Jonsson, E. ve Bjornsson, B.T., (1999). Increased ability to compete for food by growth hormone-transgenic coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum), *Aquaculture Research*, **30**:479–82.
- Dunham, R.A., (1999). Utilization of transgenic fish in developing countries: potential benefits and risks, *Journal of World Aquaculture Society*, **30**:1-11.
- Dunham, R.A., (2004). Aquaculture and fisheries biotechnology: genetic approaches, 384, CABI Publishing, Wallingford UK.
- Dunham, R.A., Majumdar, K., Hallerman, E., Bartley, D., Mair, G., Hulata, G., Liu, Z., Pongthana, N., Bakos, J., Penman, D., Gupta, M., Rothlisberg, P., Hoerstgen-Schwark, G., (2000). Review of the status of aquaculture genetics. *Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium*, 137-166, Bangkok, Thailand.
- Dunham, R.A., Warr, G.W., Nichols, A., Duncan, P.L., Argue, B., Middleton, D., Kucuktas, H., (2004). Enhanced bacterial disease resistance of transgenic channel catfish *Ictalurus punctatus* possessing cecropin genes, *Marine Biotechnology*, **4**(3): 338-344.
- FAO, (2000). The state of the world fisheries and aquaculture (SOFIA), FAO, Rome, http://www.fao.org/sof/sofia/index_en.htm
- FAO, (2006). Fishery statistics programme, Yearbooks of fishery statistics: summary tables, http://www.fao.org/fi/website/FIRetrie-veAction.do?dom=org&xml=FIDI_STAT_org.xml&xp_nav=3,1,3
- Gong, Z., Wan, H., Tay, T.L., Wang, H., Chen, M., Yan, T., (2003). Development of transgenic fish for ornamental and bio-reactor by strong expression of fluorescent proteins in the skeletal muscle, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **388**: 58-63.
- Hallerman, E.M., Kapuscinski, A.R., (1990). Transgenic fish and public policy, regulatory concerns, *Fisheries*, **15**: 21–24.
- Kapuscinski, A.R., Hallerman, E.M., (1990). Transgenic fish and public policy: anticipating environmental impacts of transgenic fish, *Fisheries* **15**: 2-11.
- Kelly, L., (2005). The safety assessment of foods from transgenic and cloned animals using the comparative approach. *Review Scientific and Technical Review, The Office International des Epizooties (OIE)* **24**(1):61–74.
- Krasnov, A., Pitkanen, T.I., Molsa, H., (1999). Gene transfer for targeted modification of salmonid fish metabolism, *Genetic Analysis: Biomolecular Engineering*, **15**: 115–119.
- Levy, J.A., Marins, L.F., Sanchez, A., (2000). Gene transfer technology in aquaculture, *Hydrobiologia*, **420**: 91-94
- Long, Q., Meng, A., Wang, H., Jessen, J.R., Farrell, M.J., Lin, S., (1997). GATA-1 expression pattern can be recapitulated in living transgenic zebrafish using GFP reporter gene, *Development*, **124**: 4105-4111.
- Maclean, N., Laight, R.J. (2000). Transgenic fish: an evaluation of benefits and risks, *Fish and Fisheries*, **1**: 146–72.
- Palmiter, R.D., Brinster, R.L., Hammer, R.E., Trumbauer, M.E., Rosenfeld, M.G., Birnberg, N.C., Evans, R.M., (1982). Dramatic growth of mice that develop from eggs microinjected with metallothionein-growth hormone fusion genes, *Nature*, **300**: 611–615.
- Rahman, M.A., Mak, R., Ayad, H., Smith, A., Mclean, N., (1998). Expression of a novel growth hormone gene results in growth

- enhancement in transgenic tilapia, *Transgenic Research*, **7**: 357-369.
- Rahman, M.A., Ronyai, A., Engidaw, B.Z., Jauncey, K., Hwang, G-L., Smith, A., Roderick, E., Penman, D., Varadi, L., Maclean, N., (2001). Growth and nutritional trials on transgenic Nile tilapia containing an exogenous fish growth hormone gene, *Journal of Fish Biology*, **59**: 62-78.
- Rasmussen, R.S., Morrissey, M.T., (2007). Biotechnology in aquaculture: transgenics and polyploidy, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, Food Safety*, 6:2-16.
- SCBD, (2000). Cartagena protocol on biosafety and the convention on biological diversity, Secretariat SBCD, Montreal.
- Shears, M.A., Fletcher, G.L., Hew, C., Gauthier, L.S., Davies, P.L., (1991). Transfer, expression, and stable inheritance of antifreeze protein genes in Atlantic salmon (*Salmo salar*), *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, **1**: 58-63.
- Smith, A., (1999). The ethics of using transgenic animals, *ANZCCART News*, **12**(3): 6-8.
- Tsai, H.J., (2003). Transgenic fish: researches and applications, *Journal of the Fisheries Society of Taiwan*, **30**(4): 263-277.
- Zbikowska, H.M., (2003). Fish can be first advances in fish transgenesis for commercial applications, *Transgenic Research*, **12**(4):379-89.
- Zhu, Z., G. Li, He, L., Chen, S., (1985). Novel gene transfer into the fertilized eggs of gold fish (*Carassius auratus* L. 1758), *Zeitschrift für Angewandte Ichthyologie*, **1**: 31-34.