

Çevresel Faktörlerin Balıklarda Cinsiyet Dönüşümüne Etkisi

*Muhammet Altunok, Volkan Kızak, Osman Özden, Murat Türel

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye
*E mail: muhammet.altunok@ege.edu.tr

Abstract: *The influence of environmental factors on sex determination in fish.* Under normal conditions sex is considered to be strongly determined by genotype. Nevertheless, influence of environmental factors on sex differentiation in fish has long been suggested due to intersexual features detected in the gonads of some gonochoristic individuals and by the presence of skewed sex ratios in wild populations. Recent data on both reptiles and fish suggest that temperature could be mainly affecting sex differentiation rather than sex determination. Many fish species are characterised by a sexual growth dimorphism, which makes monosex rearing most advantageous for aquaculturists. In future, influence of environmental factor like temperature, can be used for sex differentiation in aquaculture.

Key Words: Fish, sex differentiation, environmental factors, aquaculture.

Özet: Normal şartlar altında cinsiyetin genotip tarafından belirlendiği kabul edilir. Fakat, doğal populasyonlarda cinsiyet oranlarının bir yöne doğru eğilim gösterdiğinin fark edilmesi ve bazı gonokoristik bireylerin gonadlarında interseks özelliklerin saptanması nedeniyle, balıklarda cinsiyet farklılaşması üzerine çevresel faktörlerin etkileri olduğu ileri sürülmüştür. Yapılan son çalışmalar göstermektedir ki, hem sürüngenlerde hem de balıklarda, sıcaklık büyük ölçüde eşey tayininden ziyade cinsiyet farklılaşmasını etkilemektedir. Birçok balık türü, üreticiler için tek cinsiyetli üretimi avantajlı yapan eşeyssel gelişim farklılığı ile karakterize edilmektedir. Çevresel etkilere sıcaklık, gelecekte yetiştiricilik çalışmalarında cinsiyet dönüşümünde kullanılabilecek bir etkidir.

Anahtar Kelimeler: Balıklar, cinsiyet farklılaşması, çevresel etkiler, yetiştiricilik.

Giriş

Bazı omurgalı canlılarda cinsiyetin farklılaşması genetik ve çevresel faktörlerin etkisi altındadır. Balıklarda cinsiyetin farklılaşması eşey tayin genlerince kontrol edilmektedir. Ancak, balıklarda da cinsiyetin belirlenmesi sadece cinsiyet kromozomlarına bağlı olmayıp, çevresel koşulların da etkili olduğunu gösteren araştırmalar bulunmaktadır (Baroiller ve diğ., 1999; Devlin and Nagahama, 2002). Steroidlerle gonadal cinsiyetin değiştirilebilmesi, gonokoristik türlerde dış faktörlerin cinsiyet oranları üzerinde etkisi bulunduğunu göstermektedir (Baroiller ve D'Cotta, 2001). Balıklarda cinsiyet özellikle erken larval gelişim döneminde, sıcaklık, pH ve stok yoğunluğu gibi

çevresel faktörlerden etkilenmektedir (Piferrer ve diğ., 2005). Balıklarda ve sürüngenlerde cinsiyetin belirlenmesinde bu faktörlerin en önemlisi olarak sıcaklık öne çıkmaktadır. Genotipik ve fenotipik cinsiyet mutlaka uyum sağlamak durumunda değildir ve bazı türlerde genomlar ile çeşitli çevresel ve içsel faktörler arasındaki etkileşimler cinsiyete karar verebilmektedir (Shapiro, 1988).

Sıcaklık, metabolik değerleri ve aktiviteleri modifiye ettiğinden, biyolojik işlevleri etkileyen en kritik faktörlerden biridir (Espina ve diğ., 1993). Bu nedenle cinsiyetteki farklılaşma ile ilişkili çevresel faktörler içerisinde sıcaklık en çok çalışılan konu olmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Balıklarda cinsiyet oranı üzerine etki eden faktörler.

TÜR	BELİRLEYİCİ FAKTÖR	ETKİSİZ FAKTÖR	KAYNAK
<i>Carassius auratus</i>	T	P, d	Goto ve diğ., 2000
<i>Dicentrarchus labrax</i>	T	P	Blazquez ve diğ., 1998
<i>Ictalurus punctatus</i>	T		Patino ve diğ., 1996
<i>Oreochromis niloticus</i>	T	d, FR, S	D'Cotta ve diğ., 2001
<i>Paralichthys olivaceus</i>	T		Yamamoto, 1999
<i>Oncorhynchus nerka</i>	T		Azuma ve diğ., 2004

T: Sıcaklık, P: Fotoperiyot, d: Stok yoğunluğu, FR: Yemleme oranı, S: Tuzluluk.

Bazı omurgalılarda (amfibiyenler, sürüngenler ve balıklar) ortam sıcaklığının cinsiyetin farklılaşmasını etkilediği gözlemlenmiştir (Blazquez ve diğ., 1998, Baroiller ve diğ., 1999). Sıcaklık, metabolik faaliyetler üzerinde steroidlerin

biyosentezi için ve balıklarda öncelikli taraf olan beyin üzerinde etki göstermektedir (Pavlidis ve diğ., 2000).

Birçok balık türü, üreticiler için tek cinsiyetli üretimi avantajlı yapan, eşeyssel gelişim farklılığı ile karakterize

edilmektedir. Örneğin, alabalık türlerinde dişi bireyler, tilapya türlerinde ise erkek bireyler karşı cinsle kıyasla daha hızlı geliştiğinden tercih edilmektedir. Bu nedenle kültür sistemlerinde tamamı dişi ya da tamamı erkek balık üretimi oldukça cazip olmaktadır. Bugüne kadar tek cinsiyetli üretim için çeşitli kromozom manipulasyonları, hibrit denemeleri ve hormonlar kullanılmıştır. Hormon kullanımı bugünlerde oldukça popüler olmakla ve hem ticari hem de deneysel alanda çok iyi sonuçlar vermekle birlikte etik ve yasal bazı soruları birlikte getirmektedir. Bu nedenle çevresel faktörlerin cinsiyet dönüşümünde bir araç olarak kullanılması, alternatif bir çözüm yolu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu alandaki çalışmalar, eşey tayininde kritik hassas periyodun belirlenmesi, genotip ve çevre arasındaki ilişkiler, dış faktörlerce cinsiyet farklılaşmasının değişiminde görevli moleküler mekanizmaların anlaşılması üzerinde yoğunlaşarak devam etmektedir.

Balıklarda Cinsiyet ve Cinsiyeti Etkileyen Faktörler

Çoğu balıkta cinsiyet gelişimi, genellikle kuluçkadan çıktıktan hemen sonra başlamaktadır. Embriyonun genetik yapısına karşılık, bu noktada meydana gelecek modifikasyonlar, gonadları ya ovaryum ya da testis olacak şekilde programlar. Fenotipik cinsiyetin değiştirilebileceği bu dönem türlere göre farklılık gösterebilmektedir. Eğer bir larva keseli dönemden sonra anabolik steroidleri absorbe ederse eşey hücrelerinin gelişimi gerçekleşir (Shepherd ve Bromage 1992).

Gonadal Gelişim

Kemikli balıkların çoğu ayrı eşeylidirler ve yaşamları süresince sadece ya erkek ya da dişi olarak kalmaya devam ederler. Burada önemli bir not olarak belirtilmesi gereken, balığın olgunlaşma sağladığı sonuçtaki cinsiyetinin başlangıçtaki gonadal gelişimin gidişatıyla aynı olmayabileceğidir. Örneğin, ayrı eşeyliler direkt olarak ya dişi ya da erkek olarak gelişebilirler veya başlangıçta hermafrodit olup ardından sadece fonksiyonel ovaryumlar veya testisler yönünde değişirler. Eşey tayini mekanizmaları yönüyle bu ikinci grup direkt ayrı eşeylilerden daha çok fonksiyonel hermafroditlere benzerler ve her iki gonadal dokuyu baştan sona eşeyssel olgunluğa kadar bulundururlar. Ayrı eşeyli türlerin gonadal gelişimleri üzerine farklı stratejilerin kullanıldığı görülmektedir ve bunların içinde iki büyük tip önem kazanmaktadır. Ayrılmış tek eşeyli (birincil ayrı eşeyli) türlerde erken gonad gelişimi ancak geçerli olan bir gonadtan doğrudan ovaryum veya testis meydana gelmesiyle gerçekleşir. Örnek vermek gerekirse, *Oncorhynchus kisutch* (Piferrer 2001), *Dicentrarchus labrax* (Zanuy ve diğ. 2001) gibi. Buna alternatif olan gonadal gelişim modeli ayrılmamış türlerde bulunan ve bütün bireylerin başlangıç olarak ovaryum dokusu geliştirdikleri modeldir. Zebra balıkları (*Danio rerio*) ve tetrazonlarda (*Barbus tetrazona*) gonadlar önce ovaryumlar olarak gelişir, fakat popülasyonun yaklaşık yarısında ovaryum dokusu sonra dejenerer olur ve gonadlar ilave hücreler tarafından istila edilirler. Böylece gonadın erkekleşmesi başlar ve başlangıç

olarak sonunda normal testise dönüşmeye kararlı ara eşeyli gonad oluşur. Bazı ayrı eşeyli balık türleri ise testis ya da ovaryuma ayrılmadan önce bütün gonadların başlangıçta ara eşeyli oldukları bir ara dönem geçirirler. *Epinephelus striatus* gibi ikincil ayrı eşeyli olarak tanımlanan bu türlerin, ilk araştırmalara göre fonksiyonel hermafroditler gibi geliştikleri görülmektedir, fakat kesin bir gonadal gelişim modeli ortaya koymak ve tarif etmek için gonadal gelişimin bütün safhalarının tam bir analizi gerekmektedir (Devlin ve Nagahama 2002).

Cinsiyet Tayini

Cinsiyet tayini bir başka ifadeyle eşey tayini anlam olarak cinsiyetler arasındaki farklılaşmanın oluşumu olarak kabul edilmiştir. Biyolojide ve genetik çalışmalarda temel önemli konulardan biridir. Balık yetiştiriciliğinde de çok açık ve uygulamaya yönelik önemi vardır (Mank ve diğ. 2006).

Birincil ve ikincil cinsiyet karakterlerinin gerçekte gelişimi hormonal yönlendirmelere ve bir parça sahip olunan gonadlara bağlıdır. Cinsiyet tayininin doğasında pek çok hipotezler vardır. Karmaşık iddialarla birlikte geliştirilen bu hipotezler otozomlarla cinsiyet kromozomları arasındaki ilk erkek ve ilk dişi eğilimlerindeki dengelerle ilgilidir. Modern eğilimler basit sistemler üzerindedir ve memelilerdekine benzer esaslara göre tek bir gen lokusunun erkek ya da dişiye karar verdiği şeklindeki bir işleyişin olduğu varsayımdır. Balıkların çoğunluğunda cinsiyet kromozomları, klasik karyotiple tanımlamak için, morfolojik olarak yeterince birbirinden ayrı değildir. Dolaylı yaklaşımlar normal koşullar altında cinsiyetin kuvvetli şekilde genotip tarafından tayin edildiğine dikkat çekmektedir. Ayrı eşeyli balıklarda hormonlar, dişilerdeki östrojenler ile erkeklerdeki androjenler, gonadal cinsiyet farklılaşmasının düzenlenmesinde büyük olasılıkla anahtar fizyolojik basamağı oluşturur. Ovaryum farklılaşmasında kritik gen olarak androjenleri östrojenlere katalize eden P450 aromataz görülmektedir (D'Cotta ve diğ. 2001). Bununla beraber, balıklarda cinsiyet farklılaşmasındaki çevresel faktörlerin etkisi doğada yaşayan popülasyonlarda, çarpık eşey oranlarının bulunması ve bazı ayrı eşeyli bireylerin gonadlarında interseks özelliklerin tespit edilmesinden dolayı uzun zamandan beri araştırılmaktadır (Baroiller ve D'Cotta 2001). Balıklarda cinsiyet farklılaşması (eşey farklılaşması) sonuçta özel eşey tayin genleri tarafından kontrol edilir. Fakat buna rağmen diğer zorlamalarla kemikli balıklardaki cinsiyet gelişimi planlanabilir ve istenilen şekilde yönlendirilebilir.

Cinsiyet ayrımı için balıklara uygulanabilen 3 model bulunmaktadır. Bunlar kromozomal, poligenik ve genotip-çevre ilişkili eşey ayrımıdır (Piferrer 2001). Kromozomal model kalıtsal olarak da adlandırılabilir ve cinsiyet kromozomlarının bulunmasına bağlıdır. Bu kromozomlar, bir çift heterokromozom olup çoğu eşeyssel gelişimden sorumlu genleri toplar ve biriktirir. Ticari öneme sahip balıkların çoğunluğu kullanılan anaç stoku ve çevre koşullarına bakılmaksızın 1:1 erkek/dişi oranından çok farklı bir oran üretmezler. Birçok genden etkilenen şekilde tanımlanabilecek olan poligenik eşey tayini, baskılayıcı erkek

ve dişi eşey tayini genlerinin normal kromozomlarda (otozom) bulunduğu (heterokromozomlarda olduğu gibi) bir eşey tayin sistemidir. Genetik cinsiyet tayini olarak da bilinen bu model çok sayıda cinsiyetle ilgili genlerin cinsiyet kromozomlarından çok normal kromozomlarda (otozom) bulunmasıyla karmaşılaşır. Bu tip eşey tayinine sahip balıklar 1:1 erkek/dişi oranından farklı cinsiyet oranları ile karakterize edilirler. Smith (1982) gökkuşağı alabalıklarının (*O. mykiss*) bu iki grubun ortasında bulunabileceğini, Quillet ve diğ. (2004) ayrı eşeyli olduklarını belirtmektedir.

Çevresel eşey tayini modeli ise genotip ve çevre arasındaki etkileşimi kapsar. Buna en açık örnek *Menidia menidia* türünde rastlanan eşey tayinidir. Bu türde cinsiyet hem genetik hem de çevresel kontrol altında gerçekleşir ve ortaya çıkan cinsiyet larval gelişimin kritik safhası boyunca maruz kalınan ortam sıcaklığına bağlıdır.

Cinsiyet Tayinini Etkileyen Faktörler

İlkel omurgalılarda fenotipik cinsiyetin farklılaşması, memelilerdekine oranla sıcaklık (balıklar, amfibiyanlar ve sürüngenler), sosyal faktörler (balıklar), ksenobiyotikler (balıklar ve sürüngenler) ve hormonal müdahaleler (balıklar, amfibiyanlar, sürüngenler ve kuşlar) gibi çevresel faktörlere karşı çok daha hassastırlar. Steroid hormonların kullanıldığı uygulamalarda kısmen ya da tamamen fonksiyonel fenotipik cinsiyete dönüşümlerin teşvik edildiği ve bu yüzden memeli olmayan omurgalıların eşey farklılaşması sürecinde hormonların önemli rol oynadığı bilinmektedir (Baroiller ve diğ. 1999). Gün ışığının süresi, radyasyon, su kalitesi, pH, stok yoğunluğu ve yumurtaların döllenme zamanı gibi diğer faktörlerle ilgili araştırmalar mevcuttur (Baroiller ve diğ. 1999, Baroiller ve D'cotta 2001).

Çevresel Faktörler ve Sıcaklığın Cinsiyete Etkisi

Gonadal cinsiyetin farklılaşmasındaki esneklik 1930'lu yıllarda balıklara dışarıdan yapılan steroid uygulamalarını takiben bildirilmiştir, fakat çevresel faktörlerin (sıcaklık, pH, salinite, yoğunluk ve sosyal etkileşimler) ayrı eşeyli türlerde cinsiyet oranlarını etkilediğinin belirlenmesi son zamanlarda olmuştur (Craig ve diğ. 1996, Baroiller ve D'cotta 2001).

Balık türleri diğer omurgalıları gibi çevresel eşey tayini göstermektedir (Baroiller ve diğ. 1999). Esas çevresel tayin edici, erken gelişme döneminde etkili olan sıcaklıktır. Sıcaklığın etkisiyle ilgili çalışmaların çoğunluğu sürüngenler ve amfibiyanlar üzerine odaklanmıştır. Sıcaklık etkileri aynı zamanda sıcaklığa bağlı eşey tayini veya kısaca TSD olarak adlandırılmaktadır. Timsah, kaplumbağa, kertenkele ve bazı kurbağa türlerine kadar geniş bir alanda etkisi denemelerle kanıtlanmıştır (Pieau ve diğ. 1999).

Birçok sıcaklığa duyarlı balık türlerinde (bazı atherinidler, tilapya, yassı balıklar) erkek oranı sıcaklıkla birlikte artmakta ve/veya ovaryum farklılaşması düşük sıcaklıkla yönlendirilmektedir. Bunun tersine bazı yetiştiriciliği yapılan balıklarda ise (*Dicentrarchus labrax*, *Ictalurus punctatus*) yüksek sıcaklıklar dişi ağırlıklı cinsiyet oranları veya düşük sıcaklıklar erkek ağırlıklı cinsiyet oranlarını yükseltmektedir.

Paralichthys olivaceus türünde ise ortalama sıcaklıkta 1:1 cinsiyet oranı oluşurken her iki yüksek ve düşük sıcaklıkların erkek oranlarını arttırdığı belirtilmiştir (Hurley ve diğ. 2004).

Baroiller ve diğ. (1999) birçok balık türünde sıcaklığa bağlı eşey tayinine dair işaretler bulunduğunu ve bu sayıların artarak devam ettiğini bildirmişlerdir. Kanal yayın balığında *Ictalurus punctatus* cinsiyet normal şartlarda XY sistemi tarafından genetik olarak tayin edilir. Ancak, cinsiyetin karar verildiği kritik hassas dönemde aşırı yüksek sıcaklıklar uygulandığında dişiye meyilli cinsiyet oranları ortaya çıkmaktadır. Bu durum çevresel faktörlerin etkisini gösteren açık bir belirti olarak kabul edilmektedir (Patino ve diğ. 1996). Bir salmon türünde (*Oncorhynchus nerka*), embriyonik gelişim sırasında sıcaklığın yükselmesi dişi çoğunluklu cinsiyet oranı ile sonuçlanmaktadır (Craig ve diğ. 1996). Benzer şekilde, yüksek sıcaklık *Epiplatys chaperi* türünde de dişi eğilimli populasyonlara sebep olmaktadır (Devlin ve Nagahama 2002). Levreklerde, normal büyüme sıcaklığı olan 25°C su sıcaklığında genellikle erkek ağırlıklı populasyonlar oluşurken (Piferrer ve diğ. 2005), gonadların farklılaşma eğiliminde ve kararsız olduğu safhada, larvaların düşük sıcaklıkta (15°C) kuluçkalanması tamamı erkek populasyonların ortaya çıkmasıyla sonuçlanmaktadır (Blazquez ve diğ. 1998). Bunun tersine *P. olivaceus* türünde yüksek sıcaklık dişilerin sayısını azaltmaktadır (Yamamoto 1999). *V. moseri* türünde ise gonadal farklılaşmaya yakın zamanda su sıcaklığı 14°C'den 18°C'ye çıkarıldığında eşit olan dişi erkek cinsiyet oranı tamamı erkek yavrular olarak değişmektedir (Goto ve diğ. 1999). Goto ve diğ. (2000) *Limanda yokohamae* için sıcaklığın 15°C'den 25°C'ye çıkarılması durumunda erkekleşme görüldüğü bildirilmiştir. *O. bonariensis* normal yetiştirme sıcaklığında erkek birey ağırlıklı populasyon oluştururken, sıcaklık düşürüldüğünde tamamı dişi bireylerden oluşan populasyon meydana getirebilmektedir (Strüssmann ve diğ. 1997). Bazı durumlarda türler bu etkilerden üremedeki başarıyı artırma stratejisi olarak faydalanırken, diğerlerinde eşey tayini üzerindeki bu etkiler doğal yollarla olmayabilir ve aşırı çevresel koşullar altında gerçekleşen normal cinsiyet tayininin bozulması ile ortaya çıkabilir. Gerçekten de bazı çalışmalarda, balıklarda üreme hücrelerinin yükselen sıcaklığa olan hassasiyeti gösterilmiş (Strüssmann ve diğ. 1998) ve hatta memelilerden farklı olarak sadece erkeklerde değil dişilerde de yükselen sıcaklığın üreme hücrelerinin dejenerasyonuna ve yok olmasına sebep olduğu bildirilmiştir (Ito ve diğ. 2003). Bu durum sıcaklığın gonadal gelişim üzerine patolojik etkilerinin olduğunu desteklemektedir. Benzer şekilde sürüngenlerde sıcaklığın gen üzerine olan etkisinin izleri bulunmuştur (Western ve diğ. 1999). Bazı durumlarda sıcaklığın cinsiyet üzerine etkileri tamamen gizli kalabilir ve böyle durumlarda sadece aile içi yapılan çok dikkatli araştırmalarla ortaya çıkarılabilir. Aksi takdirde farklı aileler arasındaki genetik çeşitlilikle büyük populasyonlar içinde bu etki gizli kalır (Hostache ve diğ. 1995).

Cinsiyet Tayininde Hassas Periyot

Sürüngenler (Pieau ve diğ. 1999) ve amfibiyanlar (Chardard

ve diğ. 1995) için şimdiye kadar izah edildiği gibi yavrular veya yumurtalar dış etkilere (hormon vb.) histolojik gonadal cinsiyet farklılaşması sürecinde veya öncesinde maruz bırakılmaktadır. Sıcaklığın cinsiyeti etkilemesi için yapılacak uygulamanın zamanı da bu şekildedir. Tilapyalardaki 10 günlük sıcaklık uygulamasının 21 gün süren hormonal müdahale kadar etkili olduğu ve her iki uygulamanın döllenmeden sonraki 14 ile 24 günler arasındaki kritik periyodu kapsadığı bildirilmiştir. Buna rağmen son zamanlarda bildirilen sonuçlar hem tilapya balıkları hem de levrekler için öncekilerden farklı hassas dönem aralıklarının ve açılımlarının olabileceğini desteklemektedir. Bunlardan bazıları tilapyalarda hormonal müdahalede hassas olan dönemde uygulansa bile düşük sıcaklığın etkili olmadığı şeklindeki bulgulardır (Desprez ve Melard 1998). Altunok ve diğ. (2008), döllenmeden sonraki 40 ile 70. günler arası uygulanan 17°C yüksek su sıcaklığına, farklı alabalık (*O. mykiss*) populasyonlarının farklı tepkiler verdiklerini ve genel olarak fenotipik cinsiyet oluşturmak için sıcaklık etkisine karşı dirençli olduklarını bildirmişlerdir.

Sıcaklık değişimi ile yapılan müdahaleler hormonal müdahalelere benzer şekilde kritik duyarlı dönemde uygulanmalıdır (Baroiller ve D'Cotta 2001). Tilapyalarda (*O. niloticus*) cinsiyet genetik olarak, sıcaklıkla veya sıcaklık/genotip etkileşimiyle tayin edilmektedir. Bu türde fonksiyonel erkekleştirme, gonadal farklılaşmanın kritik bir periyodunda, yetiştirme ortamında yüksek sıcaklık uygulanmasıyla sağlanabilmektedir (Tessema ve diğ. 2006). Craig ve diğ. (1996) *O. nerka* 'daki eşey tayininde etkili gelişim safhasının, 9°C su sıcaklığında, döllenmeden sonraki 40 ile 86. günler arası olduğunu bildirmektedir. Yine bu tür için Azuma ve diğ. (2004) hassas zaman diliminin yumurtadan larvaların çıktığı sürelerle denk geldiğini belirtmiştir. Pasifik salmonduna ise embriyonik gelişim sırasında %50 açılımın tamamlandığı günden 3 gün sonra başlayıp yumurtaların tamamının açıldığı günden sonraki 17 günü kapsamaktadır (Piferrer ve diğ. 1994, Nakamura 1994). Balıklar erken gelişim evresi boyunca morfolojik, anatomik, fizyolojik ve davranış olarak büyük değişimler geçirirler. Bunlar embriyodan larvaya ve sonra juvenile olan değişimler gibi özetlenebilir. Bu yüzden sıcaklık uygulamasının süresi balığın yaşından çok boyutuyla ilişkilidir (Pavlidis ve diğ. 2000). Koumoundouros ve diğ. (2002) balıkların metamorfozisin ortasına farklı kronolojik zaman ve yaşlarda ulaştıklarını ve bunun sıcaklığın büyümeye olan etkisinden kaynaklandığını bildirmiştir.

Sonuç

Araştırmalar göstermektedir ki, çeşitli tatlı su ve deniz balıkları türlerinde cinsiyet oranı ve cinsiyet farklılaşması bazı çevresel faktörlerin etkisinde kalabilmektedir. Bunlar arasında sıcaklık en etkili cinsiyet belirleyicisi olarak göze çarpmaktadır. Günümüzde küresel ısınmanın ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri yoğun bir şekilde incelenirken, elde edilen bazı bilgilerin endüstriyel amaçlı olarak da kullanılabilmesi şansı doğmaktadır. Bilindiği üzere, gökkuşağı alabalığında dişi bireylerin erkeklere kıyasla daha hızlı gelişmesi nedeniyle, bu

türün kültüründe verimi arttırmak için tek cinsiyetli dişi populasyonların üretiminin önemine uzun zamandan beri dikkat çekilmektedir. Hormonal ve diğer dişileştirme yöntemleri populasyondaki dişi oranını arttırmak amaçlı olarak birçok durumda uygulanmaktadır. Bununla birlikte, tüketici kesimin çoğunluğu çevreye duyarlı üretim istemekte ve yemlerine hormon ve benzeri katkıları eklenmiş balık tüketmeyi reddetmektedir. İstenilen yönde cinsiyet oranının değiştirilmesinde çevresel faktörlerden sıcaklığın kullanılmasıyla bu zararların önüne geçilmiş olacaktır. Bu şekilde yapılacak manipülasyonun insan sağlığına ve çevreye hiçbir şekilde zararı yoktur.

Kaynakça

- Altunok, M., O. Özden, V. Kızak and M. Türel. 2007. Su Sıcaklığının Gökkuşağı Alabalığında (*O. mykiss*) Cinsiyet Dönüşümüne Etkisi. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), Proje No: 105O344, s.55.
- Azuma, T., K. Takedab, T. Doib, K. Mutoa, M. Akutsab, M. Sawadab and S. Adachi. 2004. The Influence of Temperature on Sex Determination in Sockeye Salmon *Oncorhynchus nerka*. Aquaculture, 234: 461-473.
- Baroiller, J.F., Y. Guiguen and A. Fostier. 1999. Endocrine and Environmental Aspects of Sex Differentiation in Fish. Cell. Mol. Life Sci, 55: 910-931.
- Baroiller, J.F., H. D'Cotta. 2001. Environment and Sex Determination in Farmed Fish, Comparative Biochemistry and Physiology Part C, 130: 399-409.
- Blazquez, M., S. Zanuy, M. Carillo and F. Piferrer. 1998. Effects of Rearing Temperature on Sex Differentiation in The European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L.). J. Exp. Zool., 281: 207-216.
- Chardard, D., G. Desvages, C. Pieau and C. Doumon. 1995. Aromatase Activity in Larval Gonads of Urodele Amphibia during Normal Sex Differentiation and During Sex Reversal by Thermal Treatment Effect. Gen. Comp. Endocrinol., 99: 100-107.
- Craig, J.K., C.J. Foote and C.C. Wood. 1996. Evidence for temperature-dependent sex determination in sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 53: 141-147.
- D'Cotta, H., A. Fostier, Y. Guiguen, M. Govoroun and J.F. Baroiller. 2001. Aromatase Plays A Key Role during Normal and Temperature-Induced Sex Differentiation of Tilapia *Oreochromis niloticus*. Molecular Reproduction and Development, 59: 265-276.
- Desprez, D., C. Melard. 1998. Effect of Ambient Water Temperature on Sex Determinism in The Blue Tilapia, *Oreochromis aureus*. Aquaculture, 162: 79-84.
- Devlin, R.H., Y. Nagahama. 2002. Sex Determination and Sex Differentiation in Fish: An Overview of Genetic, Physiological, and Environmental Influences. Aquaculture, 208: 191-364.
- Espina, S., F. Diaz-Herrera and L.F. Bucle. 1993. Preferred and Avoided Temperatures in The Crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda, Cambaridae). Journal of Thermal Biology, 18(1): 35-39.
- Goto, R., T. Mori, K. Kawamata, T. Matsubara, S. Mizuno, S. Adachi and K. Yamauchi. 1999. Effects of Temperature on Gonadal Sex Determination in Barfin Flounder *Verasper moseri*. Fish. Sci., 65: 884-887.
- Goto, R., T. Kayaba, S. Adachi, K. Yamauchi. 2000. Effects of temperature on sex determination in marbled sole *Limanda yokohamae*. Fish. Sci., 66: 400-402.
- Hostache, G., M. Pascal and C. Tessier. 1995. Effects of the Incubation Temperature on The Male/Female Ratio in *Atipa Hoplosternum Littorale*, Hancock (1828). Can. J. Zool., 73: 1239-1246.
- Hurley, M.A., P. Mattheissen and A.D. Pickering. 2004. A Model for Environmental Sex Reversal In Fish. Journal of Theoretical Biology, 227: 159-165.
- Ito, L.S., M. Yamashita and C.A. Strüssmann. 2003. Histological Process and Dynamics of Germ Cell Degeneration In Pejerrey *Odontesthes bonariensis* Larvae and Juveniles During Exposure to Warm Water. Journal of Experimental Zoology, 297: 169-179.
- Koumoundouros, G., M. Pavlidis, L. Anezaki, C. Kokkari, A. Sterioti, P.

- Divanach and M. Kentouri. 2002. Temperature Sex Determination in the European Sea Bass, *Dicentrarchus labrax* (L., 1758) (Teleostei, Perciformes, Moronidae): Critical Sensitive Ontogenetic Phase. *J. Exp. Zool.*, 292: 573-578.
- Mank, J.E., D.E.L. Promislow and J.C. Avise. 2006. Evolution of Alternative Sex-Determining Mechanisms in Teleost Fishes. *Biological Journal of The Linnean Society*, 87: 83-93.
- Nakamura, M. 1994. A Study of Susceptibility of Sex Reversal after A Single 2-Hour Treatment of Androgen in Amago Salmon. *Fish. Sci.*, 60: 483-484.
- Patino, R., K.B. Davis, J.E. Schoore, C. Uguz, C.A. Strüssmann, N.C. Parker, B.A. Simco and C.A. Goudie. 1996. Sex Differentiation of Channel Catfish Gonads: Normal Development and Effects of Temperature. *J. Exp. Zool.*, 276: 209-218.
- Pavlidis, M., G. Koumoundouros, A. Sterioti, S. Somarakis, P. Divanach and M. Kentouri. 2000. Evidence of Temperature-Dependent Sex Determination in The European Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax* L.). *Journal of Experimental Zoology*, 287: 225-232.
- Pieau, C., M. Dorizzi and N. Richard-Mercier. 1999. Temperature-Dependent Sex Determination and Gonadal Differentiation in Reptiles. *Cell. Mol. Life Sci.*, 55: 887-900.
- Piferrer, F., S. Zanuy, M. Carrillo, I.I. Solar, R.H. Devlin and E.M. Donaldson. 1994. Brief Treatment With An Aromatase Inhibitor During Sex Differentiation Causes Chromosomally Female Salmon To Develop As Normal, Functional Males. *J. Exp. Zool.*, 270: 255-262.
- Piferrer, F. 2001. Endocrine Sex Control Strategies for the Feminization of Teleost Fish. *Aquaculture*, 197: 229-281.
- Piferrer, F., M. Blázquez, L. Navarro and A. González. 2005. Genetic, Endocrine, and Environmental Components of Sex Determination and Differentiation in The European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *General and Comparative Endocrinology*, 142: 102-110.
- Quillet, E., L. Labbe and I. Queau. 2004. Asymmetry in Sexual Development of Gonads in Intersex Rainbow Trout. *Journal of Fish Biology*, 64: 1147-1151.
- Shapiro, D.Y. 1988. Behavioral Influences on Gene Structure and Other New Ideas Concerning Sex Change in Fishes. *Environ Biol Fish*, 23: 283-297.
- Shepherd, J., N. Bromage 1992. *Intensive Fish Farming*. Blackwell Scientific Publications.
- Smith, L.S. 1982. *Introduction to Fish Physiology*. T.F.H. Publications, Inc., Neptune.
- Strüssmann, C.A., T. Saito, M. Usui, H. Yamada and F. Takashima. 1997. Thermal Thresholds and Critical Period of Thermolabile Sex Determination in Two Atherinid Fishes *Odontesthes bonariensis* and *Patagonia hatcheri*. *J. Exp. Zool.*, 278: 167-177.
- Strüssmann, C.A., T. Saito and F. Takashima. 1998. Heat-Induced Germ Cell Deficiency in The Teleosts *Odontesthes bonariensis* and *Patagonina hatcheri*. *Comp. Biochem. Physiol.* 119: 637-644.
- Tessema, M., A. Müller-Belecke and G. Hörstgen-Schwark. 2006. Effect of Rearing Temperatures on The Sex Ratios of *Oreochromis niloticus* Populations. *Aquaculture*, 258: 270-277.
- Western, P.S., J.L. Harry, J.A.M. Graves and A.H. Sinclair. 1999. Temperature-Dependent Sex Determination: Upregulation of SOX9 Expression after Commitment to Male Development. *Dev. Dyn.*, 214: 171-177.
- Yamamoto, E. 1999. Studies on Sex-Manipulation and Production of Cloned Populations in Hirame, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, 173: 235-246.
- Zanuy, S., M. Carrillo, A. Felip, L. Rodríguez, M. Blázquez, J. Ramos and F. Piferrer. 2001. Genetic, Hormonal and Environmental Approaches for the Control of Reproduction in the European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture*, 202: 187-203.