

BAZI AĞIR METALLERİN SUCUL ORGANİZMALAR ÜZERİNDE YARATTIĞI STRES VE BİYOLOJİK YANITLAR

Figen Esin Kayhan*, Mehmet Nezh Muşlu, Nazan Deniz Koç

Marmara Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Göztepe- İstanbul

Özet:

Ağır metallerin sebep olduğu kirlilik düzeylerini subletal seviyelerde belirlemeye çalışan biyokimyasal, histolojik ve histopatolojik metodların, hem kirlilik etkisindeki bölgelerde hem de temiz olduğu düşünülen alanlarda uygulanmasının büyük önemi vardır. Sucul organizmalarda, ağır metaller sebebiyle oluşan stres sonrasında primer yanıt olarak biyokimyasal bozukluklar ve bunların fizyolojik etkilerinden de sekonder yanıtlar gelişir. Sekonder yanıtlar bazı histolojik, histopatolojik, biyokimyasal ve hematolojik parametrelerdeki değişimlerle saptanabilmektedir. Bu derleme çalışmasında, sucul organizmalarda toksik ağır metal birikimlerinin yaratabileceği genel sağlık sorunları, stres ve bunlara bağlı olarak gözlemlenen biyolojik yanıtlar irdelenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Sucul organizmalar, Stres, Biyolojik yanıtlar

Abstract: **Stress and biological responses seen in aquatic organisms due to some trace elements**

It is very important to apply biochemical, histologic and histopathological methods evaluating pollution degrees from heavy metals in sublethal levels in both clear and polluted areas. In aquatic organisms, biochemical defects are observed as primary responses due to heavy metals following stress and from their physiological effects secondary responses develops. Secondary responses may be evaluated by changes in histologic, histopathologic, biochemical and hematologic parameters. In this compilation study, it was aimed to explicate general health problems, stress and also biological responses observed due to these factors which are caused by toxic heavy metal accumulations in aquatic organisms.

Keywords: Heavy metal, Aquatic organisms, Stres, Biological responses

* Correspondence to:

Figen Esin KAYHAN, Marmara Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 34420 Göztepe- İstanbul -TÜRKİYE

Tel: (+90 216) 348 77 59 Fax: (+90 216) 347 87 83

E-mail: fekavhan@mvnet.com

Giriş

“Stres” kavramı bir canlının normal halini tehlikeye sokan, kapasitesini azaltıcı ve zorlayıcı olarak değerlendirilen, canlı ve çevre arasındaki etkileşim olarak tanımlanabilir. Stresin oluşması için, canlının içinde bulunduğu ya da yaşamını sürdürdüğü ortam ve çevrede meydana gelen değişimlerin, canlıyı belli düzeyde etkilemesi gerekir. Birçok canlıda stres yanıtı, stres etkenlerine karşı koymak ve onunla başa çıkmaya çalışmak amacıyla doku ve organ fonksiyonlarında değişimlerle başlar ve homeostasis sürecinden uzaklaşma ile sonlanır. Sözü edilen bu değişimler bireyler arasında farklılık gösteren ama benzer karakteristiğe sahip fizyolojik yanıtlardır (Dönmez ve ark., 2006, Schreck ve ark., 2001). Pek çok stres etkeni balıklarda “**Genel Adaptasyon Sendromu**” olarak adlandırılan stres yanıtına sebep olabilir. Ağır metaller su canlılarında hücresel ve moleküler düzeyde yapısal işlev bozukluklarına ve DNA kırılmaları frekanslarında artışa sebep olmaktadır (Kalay ve Karataş 2004, Levesque ve ark., 2002, Giordano ve ark., 1989).

Ekolojik dengeyi bozan kirletici unsurlar; bazı organik maddeler, endüstriyel atıklar, petrol ve türevleri, yapay tarımsal gübreler, deterjanlar, radyoaktivite, pestisitler, inorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler, ağır metaller ve atık ısı olarak bilinen maddelerdir. Bu maddeler doğal dengeyi olumsuz yönde tehdit eden unsurlardır. Birçok ağır metal sanayide kullanılmakta ve atık olarak doğaya terk edilmektedir. Özellikle son on yıldaki endüstriyel gelişmeler deniz çevrelerinin ağır metaller tarafından kirletildiği ve bu kirlenmenin besin zincirine de yansıdığı gerçeğini ortaya koymaktadır. Su ve besinler ile bünyeye alınan ağır metaller canlılarda birikerek tüm yaşam aktivitelerine zarar verebilme ve değiştirebilme potansiyeline sahiptirler (Hu, 2000).

Normal koşullarda ağır metallerin doğadaki oranı düşüktür. Doğal ortamdaki konsantrasyon oranı arttığında, gümüş, civa bakır, kadmiyum ve kurşun gibi ağır metaller özellikle organizmalar üzerinde toksik etki yapmakta ve enzimleri inhibe etmektedir. Canlılardaki bazı enzimatik aktiviteler için bazı metaller belli konsantrasyonlarda olmak şartı ile gereklidir. Organik maddeye bağlı olan metaller biyolojik aktiviteler sırasında kullanılabilir ve organik maddelerin bozulması ile çözünmüş olarak tekrar serbest hale geçer (Balkıs ve Algan, 2005). Ağır metaller, subletal ortam derişimlerinin etkisinde balıkların karaciğer, böbrek ve dalak gibi metal metabolizması ve metal

detoksifikasyonu ile ilgili organlarda yüksek düzeyde birikmektedir. Balıklarda karaciğer, ağır metalleri bağlayarak toksik etkilerinin azaltılmasında işlev gören metallothionein ve glutatyon gibi metal bağlayıcı proteinlerin başlıca sentez yerlerinden biridir.

Ağır metallerin alım ve birikim mekanizması

Sucul ortamdaki ağır metallerin balıklar tarafından bünyelerine alınması en fazla solungaçlar, vücut yüzeyi ve sindirim sistemi ile olmaktadır. Bunun nedeni ağır metal içeren solunum suyunun en geniş yüzey alanına sahip olan solungaç lamelleri ile etkileşmesidir. Solungaç epitelinde çevresel kirlenmeye fizyolojik tepki olarak görülebilecek hiperplazi (organ ve dokuda, ihtiyacı karşılamak için bölünebilme kabiliyeti olan hücre sayısındaki artış), mukoz hücrelerin fazla aktif olması, primer lamellerin ayrılması gibi defektler biyolojik yanıtların sadece bazılarıdır. Değişik yollardan canlı bünyesine alınan ağır metaller her organ ve dokuda farklı düzeyde birikirler. Canlı bünyesinde çeşitli metabolik yollara katıldıktan sonra vücut dışına atılabilen metallerden fizyolojik öneme sahip olanlar depolanır. Eğer bunlar toksik metallerden biri ise, enzimlerin yapısını bozabilmektedir (Yazkan ve ark., 2004). Toksik maddelerin doğrudan veya dolaylı olarak, eritrositlerin membran yapılarını, iyon geçirgenliğini ve hücre metabolizmasını bozduğu ortaya konulmuştur. Araştırmacılar, kirliliği belirlemede kullanılacak herhangi bir fizyolojik yanıt için, belirlenen organizmanın üreme periyodunun göz önüne alınmasını ve bu tip çalışmaların iki veya üçer aylık dönemler (mevsimsel) halinde gerçekleştirilmesini önermektedir (Widdows, 1985, Nikinmaa, 1992).

Sucul organizmalarda stres sonrası gelişen primer yanıt süresince açığa çıkan faktörlerin fizyolojik etkilerinden sekonder yanıtlar gelişir (Tablo 1). Sekonder yanıtlar bazı histolojik, histopatolojik, biyokimyasal ve hematolojik parametrelerdeki değişimlerle saptanabilmektedir. Balıklarda çevresel etkiler sonucu gelişen stres sonrasında homeostazisi sağlamak amacıyla, hematolojik, osmolalitik, hormonal ve enerji metabolizmasını düzenleyen bazı fizyolojik değişiklikler şekillenir (Dönmez ve ark., 2006, Acerete ve ark., 2004, Yavuzcan Yıldız ve Pulatsü, 1999). Hematoloji, balık bilimi ile ilgili olarak balıkların fizyolojik durumlarının belirlenmesinin yanı sıra su ortamlarında hızla artan kimyasal kirlenmenin

balıklar üzerindeki stres düzeyini belirlemede de yararlanılan bir bilim dalıdır. Hematolojik bilgiler su ortamındaki kirleticilerin sucül organizmalara verdikleri zararların belirlenmesinde yardımcı olur.

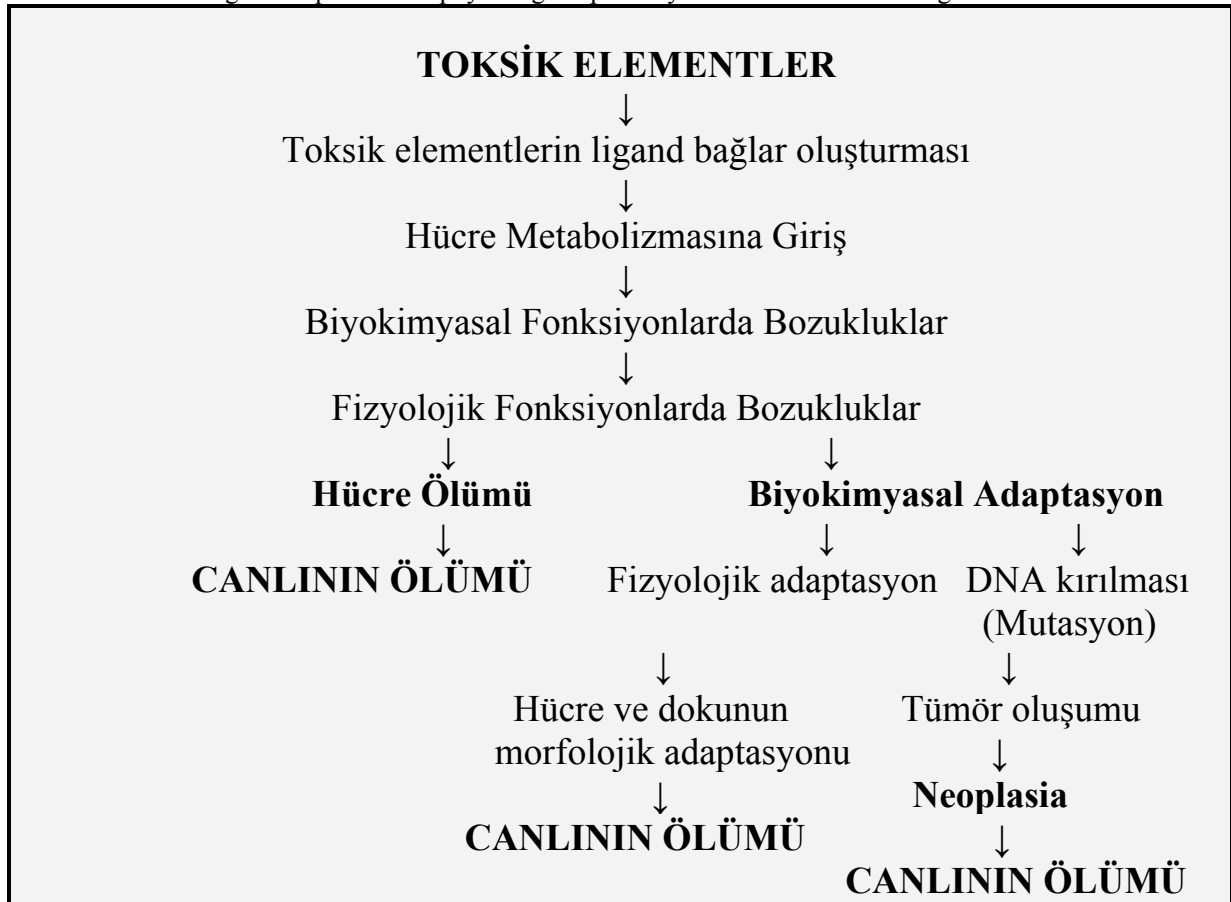
Karaciğer dokusu ağır metallerin taşınmasında ve detoksifikasyonunda görev yapan metal bağlayıcı proteinler ve buna benzer proteinlerin başlıca sentez yerlerinden biri olduğu için, kadmiyum detoksifikasyonundaki işlevi oldukça fazladır. Buna rağmen, kadmiyum birikim düzeyi bakımından özellikle kronik çalışmalarda, karaciğer dokusuna oranla birikimin en fazla böbrek dokusunda olduğu belirtilmiştir (De Conto ve ark., 1999, De Smet ve ark., 2001, Wu ve ark., 1999, Serafim ve ark., 2002). Balık dokuları (kas, karaciğer, böbrek, gonad, mide vs) deniz ortamındaki ağır metal konsantrasyon derecesini belirlemek için indikatör olarak kullanılmaktadır. Özellikle karaciğer dokusu balığın diğer organlarına göre su kirliliğinin çevresel indikatörü olarak sıklıkla tavsiye edilmektedir. Karaciğer dokusu ağır metal birikiminde

büyük öneme sahiptir (Olsvik ve ark., 2001). Bazı çalışmalarda ağır metallerin metabolik aktivitesi yüksek olan organ ve dokularda total protein derişimini arttırdığı rapor edilmiştir (De Souza ve ark., 2003, Chan ve Cherian, 1992).

Bazı ağır metallerin sucül canlılar üzerindeki etkileri farklı açıklanabilir. Örneğin; arseniğin etki mekanizması kükürt ihtiva eden enzimlerle reaksiyona girmesine bağlanmaktadır. Arsenik özellikle karaciğer, kemik doku, deri ve tırnakta birikmektedir (Francesconi ve ark., 1999, Şener ve Yıldırım, 2000, Clowes ve Francesconi, 2004, Kayhan, 2007). Deniz ürünlerinde arsenik miktarı tolerans sınırları üzerine çıkabilir. Örneğin Morina'nın karaciğer yağında, yengeçte ve planktonik organizmalarda yüksek oranda arseniğin saptandığı bazı çalışmalar vardır (Yağmur ve Hancı, 2002). Arseniğin organizmalardaki birikimi ve etkileri, arsenik bileşiğinin özelliklerine bağlıdır ve embriyolarda kronik etkilere, DNA hasarlarına veya kanserlere sebep olabilir (Dons ve Beck, 1993, Berg ve ark., 1997).

Tablo 1. Toksik elementlerin organizmadaki fizyolojik yolları ve biyolojik yanıtları.

Table 1. The biological responses and physiological pathways of toxic elements in organism.



Kadmiyum en toksik ağır metallerden biridir. Düşük konsantrasyonlarda bile su canlıları için son derece zararlı etkilere sahiptir. Kadmiyum özellikle çevre kirliliği görülen denizlerde su canlılarında birikmekte olduğu ve değişik seviyelerde toksik etkiler meydana getirdiği yapılan birçok çalışmada gösterilmiştir (Sağlamtimur ve ark., 2003, Guevara ve ark., 2004, Argese ve ark., 2005, Kalay ve ark., 2004, Kayhan ve ark., 2007). Balıklarda kas dokusu ağır metal bağlamada fazlaca etkili değildir. Bununla birlikte, insanlar tarafından tüketildiği ve sağlık riski taşıdığı için kas dokusu analizlerinin yapılması da gereklidir (Flos ve ark., 1979).

Kadmiyumun farklı ortam derişimlerinin etkisinde Sazan balığının (*Cyprinus carpio*) karaciğer ve böbrek dokularındaki kadmiyum birikimi en kısa sürede çok yüksek seviyelere ulaşırken kas dokusundaki birikimin 106 günlük bir etki süresi sonunda ortaya çıktığı belirtilmiştir. Söz konusu bu çalışmada, kadmiyum birikiminin diğer doku ve organlarda kas dokusuna oranla daha az olması kas dokusunun ağır metalleri bağlamada fazla aktif bir doku olmadığını göstermektedir. Ağır metallerin birikimlerinin incelendiği çalışmalarda kas dokusunun kullanılması yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir (De Conto ve ark., 1999).

Ağır metaller sucul ortamlarda birbirlerinden bağımsız halde bulunmadıklarından ağır metal karışımlarının sucul organizmalar üzerine yaptığı etkilerin incelendiği araştırmaların sayısı da artmaktadır (Berg ve ark., 1997, De Conto Cinier ve ark., 1999, Sağlamtimur ve ark., 2003, Guevara ve ark., 2004, Argese ve ark., 2005, Kalay ve ark., 2004). Yapılan bir çalışmada, Tatlısu çipurası (*Oreochromis niloticus*)'nın bakır+kadmiyum karışımının etkisinde balıkların solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularında oluşan bakır birikimlerini incelemiştir. Bakır birikiminin, bakırın tek başına etkisinde saptanan birikim ile karşılaştırıldığında dalgalanma gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda gerek bakır, gerekse bakır+kadmiyum karışımının etkisinde, bakırın en fazla karaciğer ve en az kas dokusunda biriktiği bildirilmiştir. Araştırmacılar bu metallerin etkisinde inceledikleri doku ve organlarda, metal bağlayıcı proteinlerin sentezinde artış gözlenmişlerdir. (Sağlamtimur ve ark., 2003).

Ağır metal stresine karşı biyolojik yanıtlar

Çevresel stres yaratan faktörler etkisi ile balıkların lökosit ve hematokrit miktarında önemli azalmalar olduğunu ve bağışıklık sistemlerinin zayıfladığını gösteren bir çalışmada biyokimyasal analizler sonucunda elde edilen veriler bazen sözü edilen kirleticilerden mi yoksa çevresel (yaş, üreme zamanı, sıcaklık, tuzluluk vs) bazı faktörlerden mi kaynaklanmaktadır tam olarak anlaşılmamaktadır (Hardig ve ark., 1988). Böyle durumlarda histolojik incelemeler organizmaların dokuları hakkında daha belirgin veriler sağlamaktadır. Aşağıdaki tabloda ağır metal ve tuzlarından etkilenen organizmaların gösterdikleri biyolojik tepkileri ve yanıtları toplu halde görmek mümkündür (Tablo 2). Argese ve ark., (2005), İtalya'nın Venedik Lagünü'nde bulunan *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerde arsenik bileşiklerinin dağılımını inceleyen bir araştırma yapmışlardır. Midyenin hepatopankreasında (sindirim bezleri) bulunan arsenik bileşikleri birikim oranının, diğer yumuşak dokulara oranla daha fazla olduğunu belirtmişlerdir (Argese ve ark., 2005). Potansiyel kirletici olarak kabul edilen bazı ağır metallerin *Diplodon chilensis* türü midyelerdeki birikiminin araştırıldığı diğer bir çalışmada ise, tüm yumuşak dokularda ve hepatopankreaslarında yüksek düzeyde tespit edildiği Arjantin'li araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Guavara ve ark., 2004).

Teke karidesi (*Palaemon serratus*) türünde yapılan ağır metal birikim deneyleri sonucunda küçük bireylerin hem doku hem de kabuklu kısımlarında biriktirdikleri kadmiyum miktarının büyük bireylere göre daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni küçük bireylerin metabolik aktivitelerinin büyüklere göre daha fazla olmasıdır. Ayrıca hem küçük hem de büyük bireylerin kabuklarında, dokulara göre daha fazla metal biriktirmeleri söz konusudur. Bunun nedeni ise, vücudun dış yüzeyinin ortamdaki metal ile doğrudan etkileşimi olabilir (Egemen ve Sunlu, 2003). Balıklardaki durum ise biraz daha farklıdır. Sudaki kadmiyum balıkların vücut yüzeyi ve solungaçları ile etkileştikten sonra diğer dokulara geçmektedir (Hollis ve ark., 1999, Wong ve Wong, 2000).

Tablo 2. Stres etkeni olarak görülen bazı ağır metaller ve bileşikleri tarafından etkilenen doku ve organlarda görülen biyolojik yanıtlar**Table 2.** Biological responses of tissue and organs which effected by some trace metals

STRES ETKENİ	SUCUL ORGANİZMA	ORGAN - DOKU	GÖRÜLEN BİYOLOJİK YANITLAR	KAYNAK
NaAsO ₂	<i>Lepomis macrochirus</i> (Mavi solungalı güneş balığı)	Ovaryum	Sitoplazmik kümeler, Yumurtanın karyolizi	Gilderhaus 1966
Kadmiyum klorür	<i>Salvenilus fontinalis</i> (Kaynak alabalığı)	Testis	Testis boyunca mor-kahve beneklenme, Tübül sınır hücrelerinin nekrozu, Kanama, vazodilatasyon	Sangalang ve O'Halloran 1972
Kadmiyum klorür	<i>Salvenilus fontinalis</i> (Kaynak alabalığı)	Testis	Leydig hücrelerinde nekroz, Germinal epitelyum deformasyonu, Normal primordiyal germ Hücreleri	Sangalang ve O'Halloran 1974
Kadmiyum	<i>Carassius auratus</i> (Japon balığı)	Kan	Eritrosit oluşumunun Engellenmesi	Houston ve Keen 1984
Kadmiyum	<i>Cyprinus carpio</i> (Sazan balığı)	Kan	Düşük Hemoglobin ve hematokrit , Anemik belirtiler, Karaciğerde doku hasarı	Koyana ve Ozaki 1984
Kurşun ve Kadmiyum	<i>Clarias batrachus</i> (Yürüyen kedi balığı)	Testis	Testiküler hasar, Spermatogenezin yavaşlaması (Cd), Üreme kapasitesinde düşüş (Pb)	Kati ve Sathyanesan 1985
Kadmiyum	<i>Salmo gairdneri</i> (Gökkuşuğu alabalığı)	Kan Karaciğer	Kanda glikojen seviyesinde azalma, karaciğerde büyüme	Larsson 1985
Kadmiyum	<i>Perca fluviatilis</i> (Tatlısu levreği)	Kan	Normastik ve Normokromik anemi	Lowe-Jinde ve Nimi 1986
Kadmiyum	<i>Mytilus galloprovincialis</i> (Akdeniz midyesi)	Larva	Larvaların %97'sinde gelişim bozukluğu	Varlık 1991
Civa klorür Metil civa	<i>Clarias batrachus</i> (Yürüyen kedi balığı)	Testis	Seminifer tübüllerde küçülme, Leydig hücrelerinde piknosis, Gonadal aktivitenin engellenmesi (Hg)	Kirubagaran ve Joy 1992
Kadmiyum	<i>Cyprinus carpio</i> (Sazan balığı)	Karaciğer Böbrek Kas	Karaciğer ve böbrekte en kısa sürede, Kas dokuda en uzun sürede etki	De Conto 1999
Bakır ve kadmiyum karışımı	<i>Oreochromis niloticus</i> (Tatlısu çipurası)	Solungaç Karaciğer Böbrek Kas	En fazla karaciğerde, en az kas dokuda ağır metal birikimi.	Sağlamtimur ve ark., 2003
Kadmiyum	<i>Palaemon serratus</i> (Teke karidesi)	Yumuşak doku ve Kabuk	Kabuklarda, dokulara göre daha fazla kadmiyum birikimi	Egemen ve Sunlu 2003
Kadmiyum, Çinko ve Bakır	<i>Carassius auratus</i> (Japon balığı)	Testis	Ortama farklı metallerin katılması durumunda fizyolojik etkilerin artması	Atamanalp ve ark., 2003

Kadmiyum	<i>Gobius niger</i> (Kömürcü kaya balığı)	Kan	Eritrositlerde fusiform ve küresel şekil görülmesi, Dikensi hücre zarı	Katalay ve Parlak 2004
Kadmiyum	<i>Cyprinus carpio</i> (Sazan balığı)	Kan Serum	Serum aspartat aminotransferaz, Alanin Aminotransferaz ve glukoz düzeylerinde değişimler	Karataş ve ark., 2005
Bakır	<i>Clarias lazera</i>	Karaciğer Kas Serum	Doku glikojen ve serum glukoz değerlerinin etkilenmesi ve karbonhidrat metabolizmasında önemli değişiklikler.	Arslan ve ark., 2006
Kadmiyum	<i>Lymnaea auricularia</i> (Yumuşakça)	Embriyo	Embriyolarda gelişim bozukluğu	Wadaan ve ark., 2005
Gümüş, krom, nikel, kurşun, demir ve çinko	<i>Penaes semisulcatus</i> (Yeşil kaplan karidesi)	Kas, solungaç, hepatopankreas ve gonad	Yaşa ve cinsiyete bağlı olarak dokularda artan birikim oranları	Yılmaz ve ark., 2007

Hematolojik parametreler, balıkların fiziksel durumlarının belirlenmesi ile stres ve hastalıkların kontrolünde su ürünleri yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanılan belirteçlerdir. Bu tip parametrelere, toksikolojik çalışmalarda da sıklıkla başvurulmaktadır.

Kadmiyumun, Japon Balığı (*Carassius auratus*) türü balıklarda eritrosit oluşumunu engellediği yapılan bazı çalışmalarda gösterilmiştir. Kadmiyuma ek olarak ortamda çinko ve bakır bulunursa balıklar üzerindeki toksik etkinin daha da arttığı belirtilmektedir (Houston ve Keen, 1984, Atamanalp ve ark., 2003). Ağır metaller gibi stres yapıcı etkenlerin etkisinde kalan farklı balık türlerinde plazma kortizol, glikoz ve laktat düzeylerinde artışlar gözlemlendiği bazı çalışmalarda belirtilmiştir (Malhilakath ve ark., 1997, Acerete ve ark., 2004, Small 2004, Biswas ve ark., 2005, Dönmez ve ark., 2006). Hematoloji, balık bilimi ile ilgili olarak balıkların fizyolojik durumlarının belirlenmesinin yanı sıra su ortamlarında hızla artan kimyasal kirlenmenin balıklar üzerindeki stres düzeyini belirlemede de yararlanılan bir bilim dalıdır. Hematolojik bilgiler su ortamındaki kirlenmelerin sucul organizmalara verdikleri zararların belirlenmesinde yardımcı olur.

Balıkların hematolojik parametreleri üzerine kirliliğin ve ağır metallerin etkisi konusunda pek çok araştırma vardır. Kadmiyumun kısa süreli etkisine maruz kalma sonucu *Salmo gairdneri* türü balıklarda kanda glikojen seviyesinde azalma ve karaciğerde büyüme gözlemlenmiştir. Kadmiyumun düşük seviyelerine maruz kalan *Perca fluviatilis* türü balıklarda normastik ve normokromik anemi gözlemlenmiştir (Lowe-Jinde ve Nimi, 1986, Larsson

ve ark., 1985). Yapılan bir çalışmada, Kömürcü Kaya balıkları (*Gobius niger*)'nin 24 gün süren kadmiyum birikim deneylerinde, balıkların eritrosit yapılarının kadmiyumdan ne ölçüde etkilendiğini incelenmiştir. Histolojik bazı değişikliklerin ortaya çıktığını, immatüre ve dejenere olmuş eritrosit sayısında artış olduğunu belirtmişlerdir. Normal eritrositlerdeki nukleuslar değişikliğe uğramış ve küresel şekil almışlardır. Ayrıca hücre zarlarının dikensi yapı kazandığını, hipokromik anemi, parçalı eritrosit yapısı ve mikronüklei sayısında artış olduğunu da gözlemlemişlerdir. Bu veriler uzun süreli birikim deneylerinde kadmiyumun balıklarda yarattığı stres ve biyolojik yanıtlara örnek olarak gösterilebilir. Balıkların kan parametrelerinin çok çeşitli çevresel kirlenmeye karşı fizyolojik bir yanıt olarak kullanılabileceği araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Katalay ve Parlak, 2004).

Midye türleri suyun kimyasal yapısına karşı çok duyarlıdır. Kadmiyum ve kurşun bulunan ortamlarda midye larvalarında meydana gelebilecek anormallikleri inceleyen araştırmacılar ise, 0.5 ppm Cd konsantrasyonunda larvaların %97'sinde anormallik tespit etmişlerdir. Çalışmada kadmiyumun, ergin midye bireylerini kurşundan daha fazla etkilediği de belirtilmiştir (Varlık, 1991). Kabuklular, genellikle bazı ağır metalleri deniz suyundan alırlar ve giderek artan oranlarda biriktirirler. Tatlısu istakozları temiz su çevreleri için de indikatör olarak kullanılırlar çünkü balıklara oranla daha düşük aktivite gösteren organizmalardır. Çeşitli konsantrasyonlarda Cd içeren ortamlarda tutulan Sazan (*Cyprinus carpio*) türü balıkların hematolojik değişimlerini inceleyen bir çalış-

mada hemoglobin ve hematokrit değerlerinin önemli oranda düştüğünü, anemik belirtilerin artmış olduğunu ve karaciğer dokularında şiddetli harabiyet gözlemlendiği rapor edilmiştir (Koyana ve Ozaki, 1984). Deniz ve göl sularının fiziksel ve kimyasal yapılarındaki değişimlerin yol açtığı stres bu türlerin üremelerinde de azalmaya yol açmaktadır (Howells ve ark., 1996). Balıklarda hastalıkların ve çevresel faktörlerin yaratacağı durumun belirlenmesinde normal hematolojik değerlere yer verilmesi kaçınılmazdır. Hematokrit seviyesi ve eritrosit sedimantasyon oranı balık sağlığında indikatör olarak kullanılmaktadır. Sucul organizmaların çevre şartlarındaki değişikliklere kısa sürede biyolojik yanıt vermeleri ve organizmanın klinik statüsü hakkında bilgi vermesi hematolojik parametreleri elde etmenin önemini arttırmaktadır.

Bakır ve çinko organizmanın bünyesinde yetersiz miktarlarda bulunduğu büyüme sınırlandırırken, yüksek miktarları ise toksik olabilmektedir. Ağır metaller bir organizmanın dokularında biriktiği zaman, gelişen metabolik olaylar bu ağır metalleri toksik potansiyellerine ve yararlılık oranlarına bağlı olarak kullanmak, elimine etmek veya dışarıya atmak zorundadır. Denizel ve tatlısu bivalvia türlerini barındıran *Mytilus* genusu laboratuvar ve doğal ortam koşullarında bazı ağır metallerle maruz kaldıklarında, tepki olarak indüklenbilir, düşük molekül ağırlıklı, sülfidril bakımından zengin ve metallothioneine benzeyen metal bağlayan proteinler sentezleyebilirler. Başlıca ağır metal detoksifiye edici proteinler olarak karakterize edilen bu proteinler, hem omurgalılarda hem de omurgasızlarda özellikle kadmiyum bağlayan ve sülfür içeren proteinler olarak bilinmektedir (Margoshes ve Vallee, 1957, George ve ark., 1979, Pavicic ve ark., 1992, Roesijadi ve Hall, 1992, Fowler ve ark., 1986).

Uluturhan (2004), Ege Denizi'nde Kıırma Mercan (*Pagellus erythrinus*) balığının bazı organlarında ağır metal seviyelerini araştırdıkları çalışmalarında, en fazla birikimin karaciğerde olduğunu belirlemişlerdir. Karaciğerin birikim ve detoksifikasyondaki rolünü gösteren bu çalışma kendi denizlerimizde yapılan güzel bir örnektir. Foça ve Aliğa Körfezi'ndeki Kömürcü Kaya balıkları (*Gobius niger*)'ndan alınan kan örneklerinde, kan parametreleri (eritrosit, hemoglobin, hematokrit, ortalama hücresel hacim, ortalama hemoglobin miktarı ve konsantrasyonu, trombosit) ölçülmüş ve mikroskopik analizler yapılmıştır. Normal olarak yassı ve oval olan eritrositlerin değişikliğe uğrayarak fusiform ve küresel şekil

aldığı, hücre zarının dikensi bir yapı kazandığı belirtilmiştir. Bu araştırma, balıkların kan parametrelerinin çevresel kirleticilere karşı biyolojik yanıtlar verebileceğini göstermektedir (Katalay ve Parlak, 2004).

Sonuç

Sucul organizmalarda ağır metal birikim ve hasarlarının incelendiği araştırmaların yapılması, bu metallere karşı duyarlılığı yüksek olan türlerin belirlenmesinin yanı sıra organizmada meydana gelebilecek biyokimyasal, fizyolojik, yapısal ve işlevsel bozuklukların belirlenmesi açısından da önem taşımaktadır. Çevre kirliliğinin bir göstergesi olarak canlılarda ölçülen metalik kirleticiler özellikle su ürünlerinde sıklıkla yüksek seviyelere ulaşabilir. Bu şekilde besinlerle birlikte düşük düzeylerde ama sürekli olarak alınan civa, kadmiyum ve kurşun gibi metal kalıntıları çevre ve insan sağlığını önemli derecede etkilemektedir.

Kaynaklar

- Acerete, L., Balasch, J.C. Espinosa, E. Josa. A. Tort, L., (2004), Physiological responses in Eurasian perh (*Perca fluviatialis*, L.) subjected to stress by transport and handling. *Aquaculture*, **237**: 167-178.
- Argese, E. C., Bettiol, C., Rigo, S., Bertini, S., Colomban P., Ghetti, F., (2005), Distribution of arsenic compound in *Mytilus galloprovincialis* of the Venice Lagoon, Italy. *Science of the Total Environment*, **15**: 267-277.
- Arslan, M., Karaytuğ., S., Cıçık, B., (2006), Bakırın *Clarias lazera*'da doku glikojen ve serum glikoz düzeyi üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi*. **23**:23-27.
- Atamanalp, M., Bayır, A. Sirkecioğlu, A.N. Cengiz. M., (2003), The effects of sublethal doses a disinfectant (Malachite Green) on blood parameters of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, **23**: 177-187.
- Balkıs, N., Algan, O., (2005), Marmara Denizi yüzey sedimentlerinde metallerin birikimi ve denetleyen mekanizmalar. *Deniz Kirliliği*, **21**, TÜDAV Yayınları, İstanbul.
- Berg, V., Erikson, G.S., Iverson, P.E., (1997), Strategies for monitoring of contaminants in marine organisms in Norwegian harbours and

- fjords, Norwegian State Food Control Reports. **94**: 300-321, Norway.
- Biswas, A.K., Seoka M., Takii, K. Maita, M. Kumai, H., (2005), Stress response of red sea bream *Pagrus major* to acute handling and chronic photoperiod manipulation. *Aquaculture*, **252**: 566-572.
- Chan, H.M., Cherian. M.G., (1992), Protective roles of MT and glutathione in hepatotoxicity of Cadmium. *Toxicology*, **72**: 281-290.
- Clowes, L.A., Francesconi, K.A., (2004), Uptake and elimination of arsenobetaine by the mussel *Mytilus edulis* (L., 1758) is related to salinity. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **137**: 35-42.
- Çelik, E.Ş., (2006), Balıkların kan parametreleri üzerine ağır metallerin etkisi. *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi*, **23**: 49-55.
- D'Souza, S.H., Menezes G., Venkatesh, T., (2003), Role of essential trace minerals on the absorption of heavy metals with special reference to lead. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, **18**: 154-160.
- De Conto Cinier, C., Ramel., M.P. Faure., R. Garin D., Bouvet, Y., (1999), Kinetics of Cd accumulation and elimination in Carp (*Cyprinus carpio*) tissues. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **122**: 345-352.
- De Smet, H., De Wachler., B. Lobinski R., Blust, R., (2001), Dynamics of (Cd-Zn) metallothionein in gills, liver and kidney of Common carp (*Cyprinus carpio*) during Cd exposure. *Aquatic Toxicology*, **52**: 269-281.
- De Smet, H., Blust, R., (2001), Stress responses and changes in protein metabolism in Carp *Cyprinus carpio* during Cd exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. **48**: 255-262.
- Dons, C., Beck, P.A., (1993), Priority hazardous substances in Norway. Norwegian State Pollution Control Reports, **93**: 22-115, Norway.
- Dönmez, A.E., Kalay., M, Özkan., F., Koyuncu, C.E., (2006), FMC ve malahat yeşili sağaltım dozlarının *Oreochromis niloticus*'un bazı kan parametrelerinde meydana getirdiği değişimler. *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi*, **23**:61-64.
- Egemen, Ö., Sunlu, U., (2003), Su Kalitesi. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları 14, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Flos, R.A., Caritat, A., Balasch, J., (1979), Zinc content in organs of dogfish subjected to sublethal experimental aquatic zinc pollution. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **63**: 77-81.
- Fowler, B.A., Carmichael, N.G. Squibb, S.K. Engel D.W. Brouwer, M., (1986), Purification and Characterization Studies of Cadmium-Binding Proteins from the American Oyster (*Crassostrea virginica*). *Environmental Health Perspective*. **65**: 63-69.
- Francesconi, K.A., Gailer, J., Edmonds, J.S., Goessler, W., Irgolic, K.J., (1999), Uptake of arsenic-betaines by the mussel *Mytilus edulis*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **122**: 131-137.
- George, S. G., Todd, K., Wright, J., (1996), Regulations of MT in teleosts: Induction of MT mRNA and protein by Cadmium in hepatic and extrahepatic tissues of marine flatfish, the turbot (*Scophthalmus maximus*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, **113**: 109-115.
- Gilderhaus, P.A., (1966), Some effects of sublethal concentrations of sodium arsenite on bluegills and the aquatic environment. *Transactions of the American Fisheries Society*, **95**: 289-296.
- Giordano, R., Arata., P., Rinaldi, S., Ciaralli., L., Giani, M., Rubbiani, M., Costantini, S., (1989), Mercury, cadmium and lead levels in marine organisms (*Mytilus galloprovincialis*) collected along the Italian coasts. *Annali Dell Istituto Superiore Di Sanita*, **25**: 511-516.
- Guevara, S.R., Bubach, D., Vigliano, P., Lippolt, G., Arribere, M., (2004), Heavy metal and other trace elements in native mussel *Diplodon chilensis* from Northern Patagonia Lakes, Argentina. *Biological Trace Element Research*, **102**: 245-263.
- Hollis, L., McGeer, J.C., McDonald, G.D., Wood. C.M., (1999), Cadmium accumulation, gill cadmium binding, acclimation, and physiological effects during sublethal Cadmium exposure in Rainbow Trout. *Aquatic Toxicology*, **46**: 101-119.

- Houston, A.H., Keen. J.E., (1984), Cadmium inhibition of erythropoiesis in Goldfish (*Carassius auratus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **41**: 18-34.
- Howells, R.G., Neck, R.W., Murray, H.D., (1996)., Freshwater Mussels of Texas, Texas Parks and Wildlife Press, Austin, TX, USA.
- Hu, H., (2000), Exposure to metals. *Occupational and Environmental Medicine*, **27**: 983-996.
- Kalay, M., Karataş, S., (1999), Kadmiyumun *Tilapia nilotica*'da kas, beyin ve kemik (omurga kemiği) dokularındaki birikimi. *Turkish Journal of Zoology*. **23**: 985-991.
- Kalay, M, Koyuncu, C.E., Dönmez, A.E., (2004), Comparison of Cd levels in the muscle and liver tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* caught from the Mersin Gulf, (In Turkish). *Ekoloji Çevre Dergisi*, **13**: 23-27.
- Katalay, S., Parlak. H., (2004), The effects of cadmium on erythrocyte structure of Black goby (*Gobius niger* L.1758). *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi*, **21**: 99-102.
- Katti, S.R., Sathyanesan, A.G., (1985), Chronic effects of lead and cadmium on the testes of the catfish *Clarias batrachus*. *Environment and Ecology*, **3**: 596-599.
- Karataş, S., Erdem, C., Cıçık, B., (2005), Kadmiyumun *Cyprinus carpio*'da serum aspartat aminotransferaz, alanin aminotransferaz ve glukoz düzeyi üzerine etkileri. *Ekoloji Çevre Dergisi*, **14**: 18-23.
- Kayhan, F.E., Gulsoy, N., Balkıs, N., Yüce, R., (2007), Cadmium and lead levels of Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from Bosphorus, İstanbul, Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **10**: 915-919.
- Kayhan, F.E., (2007), Mercury levels of Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from Bosphorus, İstanbul, Turkey. *Journal of Biological Sciences*, **7**: 369-373.
- Kirubakaran, R., Joy, K.P., (1992), Toxic effects of mercury on testicular activity in the freshwater teleost, *Clarias batrachus*. *Journal of Fish Biology*, **41**: 305-315.
- Koyana, J., Ozaki. Y., (1984), Hematological changes of fish exposed to low concentrations of cadmium in the water. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **50**:199-203.
- Larsson, A., Haux., M.L., Sjöbeck. S., (1985), Fish physiology and metal pollution: Results and experiences from laboratory and field studies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **9**: 250-281.
- Levesque, H.M., Moon, T.W., Campbell, P.C.G., Hontela, A., (2002), Seasonal variation in carbohydrate and lipid metabolism of Yellow perch (*Perca flevescens*) chronically exposed to metals in the field. *Aquatic Toxicology*, **60**: 257-267.
- Lowe-Jinde, L., Nimi. A.J., (1986), Hematological characteristics of Rainbow trout *Salmo gairdneri* in response to cadmium exposure. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, **37**: 375-381.
- Margoshes, M., Vallee, B. L., (1957), A cadmium binding protein from equine renal cortex. *Journal of the American Chemical Society*, **79**: 4813-4814.
- Malhilakath, M.V., Pereira, C., Grau. E.G., Iwama, G.K., (1997), Metabolic responses associated with confinement stress in tilapia: the role of cortisol. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **1**: 89-95.
- Nikinmaa, M., (1992), How does environmental pollution effect red cell function in fish? *Aquatic Toxicology*, **22**: 227-238.
- Olvisk, PA., Gundersen., P., Andersen., RA., Zachariassen, K.E., (2001), Metal accumulation and MT in Brown Trout *Salmo trutta*, from two Norwegian rivers differently contaminated with Cd, Cu and Zn. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **128**: 381-385.
- Pavicic, J., Skreblin, M. Kregar, I. Tursek-Znidaric M., Stegnar P., (1989), Determination of Cd binding proteins similar to metallothionein in the digestive gland of *Mytilus galloprovincialis* in the relation to the preliminary treatment of the sample. *Periodical Biology*, **91**: 213-224.
- Roesijadi, G., Hall, R.E., (1981), Characterization of mercury-binding proteins from the gills of marine mussels exposed to mercury. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **70**: 59-64.

- Sağlamtimur, B., Cicik, B., Erdem, C., (2003), Effects of different concentrations of Cu alone and Cu+Cd mixture on the accumulation of Cu in the gill, liver, kidney and muscle tissues of *Oreochromis niloticus*. (In Turkish). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, **27**: 813-820.
- Sangalang, G.B., O'Halloran M.J., (1972), Cadmium-induced testicular injury and alterations of androgen synthesis in brook trout. *Nature*, **240**: 470-471.
- Sangalang, G.B., Freeman, H.C., (1974), Effects of sublethal Cd on maturation and testosterone 11-ketosterone production in vivo in brook trout. *Biology of Reproduction*, **11**: 429-435.
- Schreck, C.B., Conteras-Sanchez W., Fitzpatrick, M.S., (2001), Effects of stress on fish reproduction, gamete quality and progeny. *Aquaculture*, **197**: 3-24.
- Serafim, M.A., Bebianno., R.M., Langstone, W.J., (2002), Effects of temperature and size on metallothionein synthesis and gill of *Mytilus galloprovincialis* exposed to Cd. *Marine Environmental Research*. **54**: 361-365.
- Shiffman, R.H., Arom, P.H., (1959), Measurement of some physiological parameters in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Canadian Journal of Zoology*, **37**: 25-37.
- Small, B.C., (2004), Effect of isoeugenol sedation on plasma cortisol, glucose and lactate dynamics in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) exposed to three stressors. *Aquaculture*, **238**: 469-481.
- Şener, S., Yıldırım, M., (2000), Veteriner Toksikoloji, Teknik Yayıncılık, İstanbul.
- Uluturhan, E., (2004), Levels of Heavy Metals in Different organs of *Pagellus erythrinus* (Red Pandora) with Environmental Parameters in the Aegean Sea, *Doktora tezi*, Danışman Çirik, Ş., Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Varlık, B., (1991), Investigation of effects of some heavy metal (Cd-Pb) to the different development stages of *Mytilus galloprovincialis*, *Yüksek Lisans Tezi*, Danışman Uysal, H., Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Wadaan, M.A.M., (2005), Heavy Metal Cadmium and its Implication on the Developmental Stages and Abnormalities in Freshwater Snail *Lymnaea auricularia* (Lymnaeidae: Gastropoda) from Al-Hasa, the Eastern Province of Saudi Arabia. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **8**: 785-789.
- Widdows, J., (1985), Physiological responses to pollution. *Marine Pollution Bulletin*, **16**: 129-134.
- Wong, C.K.C., Wong, M.H., (2000), Morphological and biochemical changes in the gill of Tilapia to ambient cadmium exposure. *Aquatic Toxicology*, **48**: 517-527.
- Wu, S.M., Weng, M.J., Yu, C.C., Lin, S.T., Chen, J.C., Hwang., P.P., Hang, P.L., (1999), Cadmium-inducible metallothionein in Tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **62**: 758-768.
- Yağmur, F., Hancı, H., (2002), Arsenik. *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, **11**: 250-251.
- Yavuzcan, Yıldız H., Pulatsü, S., (1999), Evaluation of the secondary stress response in healthy Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) after treatment with a mixture of formalin, malachite green and methylene blue. *Aquaculture Research*, **30**: 379-383.
- Yazkan M., Özdemir., F. Gölükçü, M., (2004), Cu, Zn, Pb and Cd contents in some molluscs and crustacean in the Gulf of Antalya. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, **28**: 95-100.