



Yumuşakçalarda (Molluska) Yapılan Ağır Metal Çalışmaları

Kübra ATABEYOĞLU¹, Muhammed ATAMANALP¹

1. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, ERZURUM

ÖZET: İçinde bulunduğumuz yüzyılda yoğun endüstriyel üretim, çarpık şehirleşme, çevre bilincinin yeterince gelişmemesi, doğal alanların kendiliğinden yok olması veya yok edilmesi sonucunda çevre özellikle de su ortamları hızla kirlenmektedir. Sucul ortamdaki kirletici türleri, düzeyleri ve bunların sucul canlılarda oluşturduğu etkilerin belirlenmesi akuatik toksikolojinin çalışma konularını oluşturmakta, bu amaçla yapılan analizler gün geçtikçe çeşit, sayı ve kullanılan canlı türü yönünden gelişme göstermektedir.

Bu derlemede, çalışma materyalini yumuşakçaların oluşturduğu ağır metal üzerine yapılmış araştırmaların bir araya getirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Yumuşakça (Molluska), Toksikite


Heavy Metal Studies in Mollusks


ABSTRACT: Aquatic environments are being polluted by industrial production, distorted urbanization, inadequate environmental conscious and eradicating the natural areas, in our century. Determining the pollution factors in aquatic environments, the levels and effects of them constitutes the research areas of aquatic toxicology. These researches increase with varieties, numbers and the living materials' species, day by day.

In this review; it is aimed to gather the heavy metal researches performed in mollusks.

Key Words: Heavy metal, Mollusk, Toxicity

 Sorumlu yazar / Corresponding author;

 0 442 2311352

 atabey3@hotmail.com

GİRİŞ

Sanayileşme ve nüfusun artmasına bağlı olarak hızlı bir şekilde artış gösteren endüstriyel, tarımsal ve evsel atıklar çoğu zaman arıtılmaksızın su kaynaklarına bırakılmaktadırlar. Bu atıklar akuatik canlıları direk ve indirek olarak 2 şekilde etkilemektedirler. Bu toksik etkiler yumurtlamayı engellemekte, üremeyi durdurmakta, çevresel faktörlere karşı duyarlılığı arttırmakta ve ölüme yol açmaktadır. Bunun yanında atıklar su kalitesini olumsuz yönde değiştirmek suretiyle de sucul organizmalara zararlı olmaktadır (Atamanalp ve Yanık, 2003).

Suyun, çevresel döngüsü sırasında çeşitli atık maddelerle karışması veya normalde var olan maddelerin miktarlarının bazı nedenlerden dolayı artması sulardaki kirlenme sorununu meydana getirmektedir. Ekolojik dengeyi bozan kirletici unsurlar; bazı organik maddeler, endüstriyel atıklar, petrol ve türevleri, yapay-organik tarımsal gübreler, deterjanlar, radyoaktivite, pestisitler, inorganik tuzlar, yapay-organik kimyasal maddeler, ağır metaller ve atık ısı'dır. Kirli su (atık su), en çok endüstri bölgeleri, yoğun tarım yapılan alanlar ve yerleşim bölgelerinde ortaya çıkmakta, kirlilik daha çok metal kirliliği şeklinde olmaktadır. Bu kirlenme besin zincirine de yansımakta, su ve besinler ile bünyeye alınan ağır metaller canlılarda birikerek tüm yaşam aktivitelerine zarar verebilmektedir (Hu, 2000; Taylan ve Özkoç, 2007; Kayhan ve ark., 2009; Şekil 1).

Sucul ortamdaki kirleticiler konsantrasyonlarına bağlı olarak yumuşakçalarda doku hasarları ile hassasiyetlerini arttırarak ısı değişimleri ve geçici açlık gibi çevre faktörlerinden gereğinden fazla etkilenirler. Olumsuz etkiler bazen bu canlıların ölümü ile sonuçlanabilir (Atamanalp ve Yanık, 2001).

Metaller ve bileşikleri yer kabuğunda değişik konsantrasyonlarda bulunurlar. İz metaller çevre kirlenmesi bakımından yüksek konsantrasyonlu metallere oranla çok daha tehlikelidirler. Sulardaki birikim, çözünme şeklinde olabileceği gibi, çözünmeden suların dibinde çökelme şeklinde de olabilir. Bu şekilde bir kirlenme endüstriyel ve zirai atıklardan meydana geldiği gibi herhangi bir yolla atmosfere verilen metal türü

maddelerden de meydana gelebilir. Atmosfere verilen metal türü maddeler sonunda yeryüzüne dönerler ve akarsular yolu ile su yataklarına sürüklenirler. Metal kirlenmesi, organik kirlenmeler gibi kimyasal ve biyolojik yollarla parçalanmaz, bir metal bileşiği başka bir metal bileşiğine dönüşür. Fakat metal iyonu kaybolmaz (Taylan ve Özkoç, 2007, Şekil 2).

En toksik ağır metallerin başında gelen kadmiyum, düşük konsantrasyonlarda bile su canlıları için son derece zararlı etkilere sahiptir. Kadmiyumun, çevre kirliliği görülen denizlerdeki canlılarda biriktiği ve değişik seviyelerde toksik etkiler meydana getirdiği yapılan birçok çalışmada gösterilmiştir. Organizmanın bünyesinde bakır ve çinko eksikliği büyümeyi sınırlandırırken, yüksek miktarı toksik olabilmektedir. Dokularda biriken ağır metaller, metabolik olaylarda toksik potansiyellerine ve faydalarına bağlı olarak kullanılabilir, elemine edilebilir veya dışarıya atılabilirler. Deniz ve tatlısu bivalvia türlerini barındıran *Mytilus* familyası doğal ortam veya laboratuvarında bazı ağır metallere maruz kaldığında tepki olarak; indüklenebilir, düşük moleköl ağırlıklı, sülfidril bakımından zengin ve metallothionein'e benzeyen metal bağlayan proteinler sentezleyebilir. Bunlar, ağır metal toksinlerinden arındıran, hem omurgalılarda hem de omurgasızlarda özellikle kadmiyum bağlayan ve sülfür içeren proteinler olarak bilinmektedirler (Kayhan ve ark., 2009).

Yumuşakçalar, başta denizde olmak üzere tatlı su ve karada yaşayan bentik canlılardır. Toksikoloji çalışmalarında çoğunlukla bivalvia, gastropoda ve cephalopoda sınıfının üyeleri kullanılmaktadır. Bivalvia; istiridyeye, midye, deniz tarağı gibi ortamdan kolay toplanan canlıları içerirler. Bu organizmalardan *Mytilus galloprovincialis*, *Patella caerulea* en çok kullanılan türlerdendirler. Sürünerek hareket eden Gastropoda üyeleri ağır metal kirliliği ve radyoaktivite çalışmalarında önem arz etmektedirler. Bir su ortamının Zn ve Cd açısından kirlilik düzeyini belirlemede ise cephalopoda sınıfına giren ahtapot, sübye, kalamar ve karidesin indikatör canlılar olabileceği düşünölmektedir (Başçınar, 2009).

Yumuşakçalarda toksikoloji test prosedürlerinden ilki, test kimyasallarının bivalve larvalarının embriyonik gelişmeleri üzerine etkilerini, diğer prosedür ise kabukluların büyümesini izlemek esasına dayanır. Bivalvelerin birçok türü laboratuvar şartlarında çoğaltılıp büyütülebildiği için toksikoloji testlerinde kullanılırlar. Özellikle *Mercenaria mercenaria*, *Crassostrea virginica*, *C. gigas* ve *Mytilus edulis* türleri çoğunlukla tercih edilir (Rand, 1995).

Zaten geçmişi çok eski yıllara dayanmayan akuatik toksikoloji bilim dalının canlı materyal olarak yumuşakçaların kullanıldığı çalışmalar da sınırlı sayıda bulunmaktadır.

YUMUŞAKÇALARDA AĞIR METAL ÇALIŞMALARI

Yumuşakçalar, denizlerde bol miktarda bulunmaları, metalleri yüksek yoğunluklarda biriktirip, bunları uzun bir süre bünyelerinde tutmalarından dolayı sularda kirliliği yansıtan biyolojik indikatörlerin başında gelmektedirler (Başçınar, 2009). Yüksek koruma kontrolüne ve omurgalı sistemlerine benzeyen düzenli geçiş yollarına sahiptirler ve insana ait atıklara oldukça fazla duyarlıdırlar. Bundan dolayı da çevresel toksikoloji alanında ve ağır metal

çalışmalarında sıkça kullanılmaktadırlar (Rittschof ve McClellan-Green, 2005).

Calabrese ve ark. (1977), Amerikan istiridyesi (*Crassostrea virginica*) ve bir deniz tarağı türü (*Mercenaria mercenaria*) larvalarıyla yaptıkları çalışmada civa, gümüş, bakır, nikel ve çinkonun toksisitesini araştırmışlar. İstiridyeye larvaları için Hg>Ag>Cu>Ni, midye larvaları için Hg>Cu>Ag>Zn>Ni olarak bulmuşlardır.

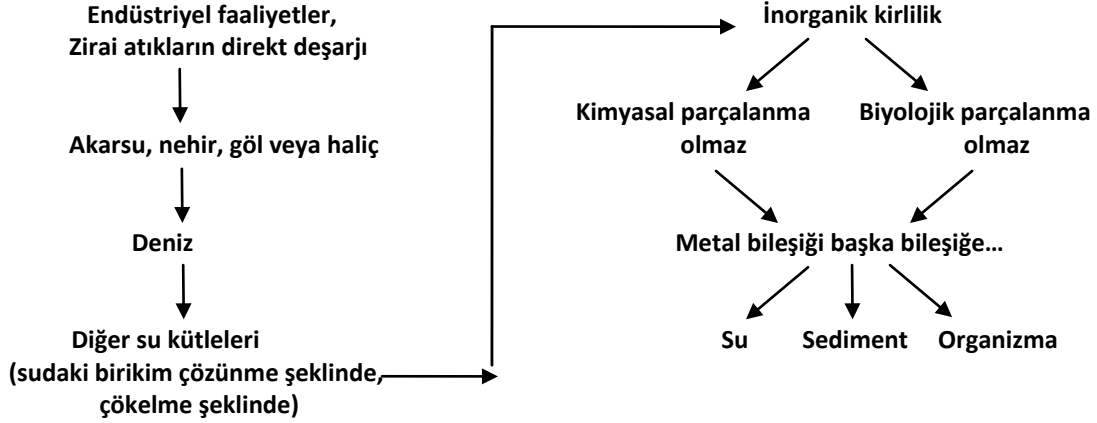
Allen nehrinde (İngiltere) yapılan biyolojik sörveyde çinko kontaminasyonunun yoğun olduğu bölgelerde *Ancylus fluviatilis* (molluska) türünün ekosistemden uzaklaştığı belirlenmiştir (Abel, 1996).

El-Sikaily ve ark. (2004), Akdeniz'in Mısır kıyılarından toplanan bivalvelerde (*Modiolus auriculatus* ve *Donax trunculus*) ve Kızıl Denizin Mısır kıyılarından toplanan *Brachiodonates sp.*'de Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pd ve Zn ağır metallerini ölçmüşlerdir. Birikim durumunu Akdeniz ve Kızıl Deniz için Fe > Zn > Cu > Mn > Ni > Co > Pb > Cd olarak bulmuşlardır.



Şekil 1. Toksik elementlerin organizmadaki fizyolojik yolları ve biyolojik yanıtları (Kayhan ve ark., 2009).

Figure 1. The biological responses and physiological pathways of toxic elements in organism (Kayhan et. al., 2009).



Şekil 2. Metalin su ortamında izlediği yol (Taylan ve Özkoç, 2007)

Figure 2. The pathway of metals in water (Taylan and Özkoç, 2007).

Van Gölü'nden yapılan örneklemelelerde *Unio stevenianus* türünde ağır metal düzeyleri araştırılmıştır. Analiz edilen tüm midyelerdeki kurşun düzeyleri 1.43 ± 0.81 ppm, kadmiyum düzeyleri 0.09 ± 0.02 ppm, bakır düzeyleri 5.83 ± 0.73 ppm, çinko düzeyleri 15.93 ± 3.26 ppm ve arsenik düzeyleri de 0.06 ± 0.05 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçların ülkemiz ve diğer ülkeler için kabul edilen normal değerler içerisinde olduğu belirtilmiştir (Yarsan ve Bilgili, 2000).

Storelli ve ark. (2000), İtalya'nın İyonian denizindeki 10 istasyondan elde ettikleri midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) ağır metalleri araştırmışlar, yapılan örneklemelelerde civa, kurşun, kadmiyum, krom, çinko ve kalay ağır metallerini tespit etmişlerdir. Analizler sonucunda midyelerdeki ağır metal konsantrasyonlarını civa için 0.15 mg/kg, kurşun için 1.19 mg/kg, kadmiyum için 0.64 mg/kg, krom için 0.31 mg/kg, çinko için 5.15 mg/kg ve kalay için 0.54 mg/kg olarak ölçmüşlerdir. Bu çalışmada bulunan değerlerin insan tüketimi için kabul edilebilir değerlerin altında bulunduğunu belirtmişlerdir.

İstanbul Boğazında Akdeniz midyelerinde kadmiyum ve kurşunun biyolojik birikimi araştırılmış, mevsimsel olarak toplanan midye örneklerinin ağır metal konsantrasyonları atomik absorpsiyon spektrofotometre (AAC) ile belirlenmiştir. Ölçüm sonucunda metallerin

konsantrasyonlarının insan tüketimi için kabul edilebilir sınırı aşmış olduğu gözlenmiştir (Kayhan ve ark., 2007).

Midye (*Mytilus galloprovincialis*), deniztaradı (*Venerupis decussatus*) ve istiridyenin (*Crassostrea gigas*) biriktirmiş oldukları ağır metal miktarını ölçmek için Morocco'nun farklı kıyı kesimlerinden 2004–2005 yıllarında mevsimlik olarak örnekleme yaparak Hg, Pb, Cd, Cr, Cu, Mn, Zn ve Ni konsantrasyonları ölçülmüştür. Midyenin yumuşak dokusunda ortalama 7.2 mg/kg (Cd), 9.6 mg/kg (Pb), 0.6 mg/kg (Hg), 26.8 mg/kg (Cu), 8.8 mg/kg (Cr), 292 mg/kg (Zn), 20.8 mg/kg (Mn) ve 32.8 mg/kg (Ni) olarak bulunmuştur. Her bir türde mevsimler ile metal konsantrasyonları arasındaki ilişkilerin yıllık benzer profiller gösterdiği saptanmıştır (Manan, 2008).

Giordano ve ark. (1989), İtalya kıyılarından toplanmış *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde civa, kadmiyum ve kurşun miktarının belirlenmesi üzerinde çalışmışlar, analizleri kadmiyum ve kurşun için elektrotermal, civa için soğuk buhar kullanarak yapmışlardır. Sonuçta, metallerin konsantrasyon değerlerinin ortalama değerlerden daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Akkuyu Koyu (İçel, Türkiye)'nden toplanan *Pinctada radiata* ve *Brachidontes pharaonis* yumuşakçalarında Cd, Fe, Zn ve Cu birikimi araştırılmıştır. Buna göre, ağır metaller *B. pharaonis*'te

Fe>Zn>Cd>Cu, *P. radiata*'da ise Fe>Zn>Cu>Cd şeklinde sıralanmıştır. Saptanan birikim miktarları, tolerans gösterilen değerlerin çok altında olduğundan, Akkuyu Koyu'nda ağır metal kirliliğinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Göksu ve ark., 2005).

Yazkan ve ark. (2004), Antalya körfezinde 2000 yılı Ocak, Şubat ve Mart aylarında avlanan bazı yumuşakça türlerinde kurşun ve kadmiyum içeriklerini araştırdıkları çalışmada, ağır metaller arasında insan sağlığı açısından önemli olan Pb ve Cd'yi yumuşakçalarda sırasıyla 0.00-0.35 mg/kg ve 0.26-0.28 mg/kg olarak saptamışlar ve bu miktarların ciddi bir tehdit oluşturmadığını ortaya koymuşlardır.

Baltık Denizinde yapılan bir çalışmada sülfite maruz kalan Baltık midyelerinin (*Macoma balthica*) daha

yüksek yaşama oranı gösterdikleri rapor edilmiştir (Jahn ve Theede, 1997).

Tosyalı (2005), Marmara Denizi'nin İstanbul kıyılarında yakalanan midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) pişirmenin çeşitli ağır metal düzeylerine etkisini araştırmıştır. Midyelerin bir kısmını haşlayarak pişirmiş diğer kısmına ise hiçbir pişirme işlemi uygulamadan ağır metal düzeylerini (bakır, kadmiyum, demir, mangan, krom, kobalt, nikel, kurşun) ölçmüştür. Genel olarak haşlanmış midyelerdeki ağır metal düzeylerinin, haşlanmamış midye örneklerine göre düşük bulunması pişirme esnasında bu ağır metallerin bir kısmında önemli düzeylerde azalma olduğunu ortaya koymuştur (Tablo 2).

Tablo 2. Midyelerdeki ağır metal konsantrasyonları (ppm) (Tosyalı, 2005).

Table 2. The heavy metal concentrations in mullets (ppm) (Tosyalı, 2005).

	Bakır	Kadmiyum	Demir	Mangan	Krom	Kobalt	Nikel	Kurşun
Haşlanmamış midye	0,04	0,29	0,79	0,09	0,33	0,03	0,28	0,15
Haşlanmış midye	0,01	0,24	0,46	0,08	0,31	0,01	0,07	0,13

Tablo 3. 28 Mayıs 1991 tarih ve 20884 sayılı resmi gazeteye göre su ürünlerinde arseniğin kabul edilebilir değerleri (Anonim, 1984; 2001; Kayhan ve ark., 2006)

Table 3. The acceptable values of arsenic in aquatic livings according to the Official Bulten, May, 28, 1991, 20884.

Ürün Cinsi	Arsenik (mg/kg)	
	Türkiye	WHO
Balık	1,00	1,8
Yumuşakça	1,00	1,8
Kabuklu	1,00	1,8

Yaroslavtseva ve Sergeeva (2005), *Mytilus trossulus*'da yaptıkları bir çalışmada, yaşamları boyunca bakıra maruz kalmanın etkisini gözlemlemişler, 0.01 mg/lit ve 0.02 mg/lit Cu konsantrasyonundaki midyelerde, larva ve embriyonal gelişimin engellendiğini saptamışlardır. Embriyo ve larvaların 0.005 mg/lit bakırı tolere ettikleri bunun yanında larval dönemde bakır hassasiyetinin daha çok olduğunu belirlemişlerdir.

Bir başka çalışmada *Polymesoda erosa* midyesinde civanın toksisitesi üzerine tuzluluğun etkisi araştırılmış, toksik etkinin farklı tuzluluklardan etkilendiği bulunmuş ve ölüm oranının tuzluluğun artışıyla yükseldiği tespit edilmiştir. 96 saat LC₅₀ değeri, 10, 20 ve 30 ppt tuzlulukta 0.58, 0.35 ve 0.26 ppm Hg olarak bulunmuştur. Midye dokularında civa birikimi su filtresinin yapıldığı kısımda diğer kısımlara göre daha fazla olarak saptanmıştır. Dokuda civa miktarının, maruz kalma süresi ve konsantrasyona bağlı olduğu rapor edilmiştir (Modassir, 2000).

Olabarrieta ve ark. (2001), *Mytilus galloprovincialis* türünde invitro olarak yaptıkları çalışmada karaciğer ve kan hücreleri üzerine kadmiyumun etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda karaciğer ve kan hücrelerinde kadmiyum dozuna bağlı olarak morfolojik değişimler olduğunu ortaya koymuşlardır.

Sucul canlılarda stres etkeni olarak bilinen kadmiyumun denendiği farklı çalışmalarda, bu ağır metalin, Akdeniz midyesinin (*Mytilus galloprovincialis*) larvalarında ve *Lymnaea auricularia* yumuşakçasının embriyolarında gelişim bozukluğu bulguları verdiği saptanmıştır (Varlık, 1991; Wadaan ve ark., 2005).

Diplodon chilensis türü midyelerde yapılan bir araştırmada potansiyel kirleticiler olan ağır metallerin tüm yumuşak dokularda ve sindirim bezlerinde yüksek düzeyde bulunduğunu araştırmacılar rapor etmişlerdir (Guevara ve ark., 2004).

Argese ve ark. (2005), Venedik Lagünü'nden (İtalya) toplanmış *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerde biriken arsenik bileşiklerinin dağılımlarını incelemişler, bu bileşiklerin midyenin sindirim bezinde diğer yumuşak dokulara oranla daha fazla biriktiğini belirlemişlerdir. 2004 yılında İstanbul balık halinden

alınan Akdeniz midyelerinde (*Mytilus galloprovincialis*) arsenik düzeyleri araştırılmış, analiz edilen midyelerde en yüksek As değeri 0.098 mg/kg, en düşük As değeri ise 0.019 mg/kg olarak bulunmuştur. Alınan örneklerde tespit edilen arsenik seviyelerinin ülkemiz için kabul edilen normal sınırlar içinde olduğu ve arseniğin ciddi bir tehlike oluşturmadığını göstermişlerdir (Kayhan ve ark., 2006; Tablo 3).

Verween ve ark. (2009), su parametrelerinin iyileştirilmesinde en yaygın işlem olarak yapılan klorlamanın *Mytilopsis leucophaeata* ve *Dreissena polymorpha* embriyoları üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, sodyum hipokloritin 0.6 mg/lit'den yüksek konsantrasyonlarının kısa sürede dahi larvalarda olumsuz etkiler yaptığını, perasetik asitin ise ticari formunun her iki türde de toksik etkisinin bulunmaması ile iyi bir klorlama ajanı alternatifi olduğunu ortaya koymuşlardır.

Prato ve ark. (2006), *Gammarus aequicauda*, *Corophium insidiosum*, *Idotea baltica*, *Sphaeroma serratum* ve *Mytilus galloprovincialis* deniz omurgasız hayvanlarında; bakır, kadmiyum ve civanın akut toksisitesini sabit biyolojik deney ve LC₅₀ değerini hesaplamayla ölçmüşlerdir. Cıvayı, bakır ve kadmiyumdan daha çok toksik bulmuşlardır ve bakırı da bu metaller arasında en az toksik olarak belirlemişlerdir.

SONUÇ

Yumuşakçalarda yapılan toksikolojik çalışmaların taranması bu konuda yayınlanan araştırma sayısının sınırlı olduğunu ortaya koymuştur. Bu canlılar toksikolojik çalışmalar için uygun organizmalar olup farklı türlerde farklı kirleticilerin etkilerini konu eden yeni araştırmalara gereksinim bulunmaktadır.

Su ürünleri yetiştiriciliği yapılan sulara (tatlı su, tuzlu su, akarsu ve durgun su) içerisinde barındırmış oldukları organizmalara zarar verecek her çeşit yabancı maddelerin ulaşmasının engellenmesi organizmalar - insan sağlığı açısından ve ekonomik yönden büyük önem arz etmektedir. Kültürü yapılacak türlerde gerekli ön tedbirler alındıktan ve incelemeler yapıldıktan sonra su

ürünleri üretim tesisleri planlanmalıdır. Sürekli kirletici kontaminasyonu olan alanlarda ve su kaynaklarında tesis

kurulmamalıdır.

KAYNAKLAR

Abel P.D., 1996. Water Pollution Biology. Taylor and Francis, 56-58.

Anonim 1984. Arsenic. Guidelines for drinking-water quality. Vol. 1, Recommendations, World Health Organization, 53, Geneva.

Anonim 2001. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Su Ürünleri yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. 3.2.2001 tarihli, 24307 sayılı Resmî Gazete.

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.

Atamanalp M. ve Yanık T., 2001. Pestisitlerin Cyprinidae'lere toksik etkileri. Ege Üniv. Su Ürünleri Derg., (3-4), 555-563.

Atamanalp M. ve Yanık T., 2003. Salmonidlerde yapılan toksikolojik çalışmalar. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 34(1), 105-110.

Başçınar N.S., 2009. Bentik canlılar ve biyoindikatör tür. Sümae Yunus Araştırma Bülteni 9, 1.

Calabrese A., MacInnes J.R., Nelson D.A., Miller J.E., 1977. Survival and growth of bivalve larvae under heavy-metal stress. Marine Biology 41, 179-184.

El-Sikaily A., Khaled A., El Nemr A., 2004. Heavy metals monitoring using bivalves from mediterranean sea and red sea. Environmental Monitoring and Assessment 98, 41-58.

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.

Göksu M.Z.L., Akar M., Çevik F., Fındık Ö., 2005. Bioaccumulation of Some Heavy Metals (Cd, Fe, Zn, Cu) in Two Bivalvia Species (*Pinctada radiata* Leach, 1814 and *Brachidontes pharaonis* Fischer, 1870). Turk J Vet Anim Sci., 29, 89-93.

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. Bioogical Trace Element Research, 102, 245-263.

Hu H., 2000. Exposure to metals. Occupational and Environmental Medicine, 27, 983-996.

Jahn A., Theede H., 1997. Different degrees of tolerance to hydrogen sulphide in populations of *Macoma balthica* (Bivalvia, *Tellinidae*). Mar Ecol Prog Ser. 154, 185-196.

Kayhan F.E., Balkis N., Aksu A., 2006. İstanbul balık halinden alınan akdeniz midyelerinde (*Mytilus galloprovincialis*) arsenik düzeyleri. Ekoloji 61, 1-5.

Kayhan F.E., Gulsoy N., Balkis 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., Muşlu M.N., Koç N.D., 2009. Bazı ağır metallerin sucul organizmalar üzerinde yarattığı stres ve biyolojik yanıtlar. Journal of Fisheries Science, 3(2), 153-162.

Maanan M., 2008. Heavy metal concentrations in marine molluscs from the Moroccan coastal region. Environmental Pollution, 153, 176-183.

Modassir Y., 2000. Effect of salinity on the toxicity of mercury in mangrove clam, *Polymesoda erosa* (Lightfoot 1786). Asian Fisheries Science, 13, 335-341.

Olabarrieta I., L'Azou B., Yuric S., Cambar J., Cajaraville M.P., 2001. In vitro effects of cadmium on two different animal cell models. Toxicology in Vitro, 15, 511-517.

Prato E., Biandolino F., Scardicchio C., 2006. Test for Acute Toxicity of Copper, Cadmium, and Mercury in Five Marine Species. Turk J Zool., 30, 285-290.

Rand G.M., 1995. Fundamentals of aquatic toxicology. Taylor and Francis, 115-118.

Rittschof D., McClellan-Green P., 2005. Molluscs as multidisciplinary models in environment toxicology. Marine Pollution Bulletin, 50, 369-373.

Storelli M.M., Storelli A., Marcotrigiano G.O., 2000. Heavy metals in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from the Ionian Sea, Italy. Journal of food protection, 63(2), 273-6.

Taylan Z.S., Özkoç H.B., 2007. Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların

- biokullanılabilirliği. BAÜ FBE Dergisi, Cilt:9, Sayı:2, 17-33.
- Tosyalı C., 2005. *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) midyesinde pişirmenin çeşitli ağır metal düzeylerine etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- 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.
- Verween A., Vincx M., Degraer S., 2009. Comparative toxicity of chlorine and peracetic acid in the biofouling control of *Mytilopsis leucophaeata* and *Dreissena polymorpha* embryos (Mollusca, Bivalvia). International Biodeterioration & Biodegradation 63, 523–528.
- 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.
- Yaroslavtseva L.M., Sergeeva E.P., 2005. Effect of copper ions on early developmental stages of the mussel *Mytilus trossulus* (Bivalvia). Russian Journal of Marine Biology, Vol. 31, No. 4, 225-231.
- Yarsan E., Bilgili A., 2000. Van Gölü'nden toplanan midye (*Unio stevenianus* Krynicki) örneklerindeki ağır metal düzeyleri. Turk J Vet Anim Sci., 24, 93-96.
- Yazkan M., Özdemir F., Gölükcü M., 2004. Antalya körfezinde avlanan bazı yumuşakçalar ve karideste Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği. Turk J. Vet Anim Sci., 28, 95-100.