

Akuakültür Canlılarında Zehirli Etki Oluşturabilecek Maddeler

*Hüsamettin Ekici, Ender Yarsan

Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı, 06110, Dışkapı, Ankara, Türkiye
*E mail: husamettinekici@gmail.com

Abstract: *Substance That Could Have Toxic Effect on Aquaculture Animals.* Aquatotoxicity is defined as a scientific field under ecotoxicology; which studies the effects of industrial chemicals, antropogenic and natural substances on aquatic organisms, populations and ecosystems from cellular to systematic level under the ecotoxicology term. Toxic substances accumulated in water and fishes/other aquatic organisms are potentially hazardous for human consumption which engenders extra importance from hygienic point of view as well. Among those potential hazards; heavy metals following oil and oil derivatives, pesticides, detergents, radioactive substances, polichlorinated biphenils, antibiotics and biotoxins are considered as the most common and important toxins.

Key Words: Aquaculture, water pollution, toxicity, heavy metals, pesticide.

Özet: Akuatik toksikoloji; ekotoksikoloji içerisinde yer alan ve endüstriyel kimyasallar, antropojenik ve doğal maddelerin akuatik organizmalara, populasyon ve ekosistemlere etkilerini hücre seviyesinden tüm vücut seviyesine kadar farklı aşamalarda inceleyen bir bilimdir. Su ve besin maddeleri yolu ile balıklarda ve diğer su canlılarında biriken zehirli maddeler hem bu canlılar, hem de tüketiciler için tehlike unsuru oluşturur. Su ürünlerinde bu yabancı maddelerin birikimi, hijyenik açıdan da çok önemlidir. Su ürünlerinde birikim yapan ve sağlık açısından tehlikeli olan maddeler denilince akla ilk sırada ağır metaller olmak üzere yağlar ve türevleri, pestisidler, deterjanlar, radyoaktif maddeler, poliklorlu bifeniller, antibiyotikler ve biyotoksinler gelir.

Anahtar Kelimeler: Akuakültür, su kirliliği, zehirlilik, ağır metaller, pestisid.

Giriş

Çevre, doğa ve insan tarafından biçimlenen öğelerin ve koşulların tümüdür. İnsan ve çevre birbirini bütünüyen, karşılıklı etkileşim içinde olan kavramlardır. Son yıllarda nüfustaki hızlı artış, enerji ve besin yetersizliği, düzensiz kentleşme, insanların aşırı tüketim isteği ve baş döndürücü bir hızla gelişen teknolojik ilerlemeler, çevre kirliliği sorununun önemini iyice hissettirir hale getirmiştir. Söz konusu sorunların çözülmesinde önemli rol oynayan teknolojik gelişmeler, insanlığın yararına birçok yeni ve alternatif ürünler sunarken küçümsenmeyecek oranda ve nitel-nicel yönden oldukça farklı atıkların oluşmasına da neden olmaktadır. Bu nedenle, günümüzde birçok endüstri kuruluşlarının önemli sorunu olan bu tür atıkların arıtımında; ekonomik yönden ucuz, pratik uygulamalarda kolaylık sağlayacak arıtım süreçlerine yönelik geniş bilimsel araştırmalar yapılmaktadır (Sağlam ve Cihangir, 1995; Ağçasulu, 2007; Anonim, 2009a).

Su ürünleri kültürü (akuakültür), insan gıdası için su canlılarının üretimidir. Akuakültür, genişleyen ve sürekli gelişmekte olan bir endüstridir. Su canlıları, kafes, gölet veya tank gibi sınırlı bir alanda yetiştirilirler ve beslenmelerinin bir kısmı veya tamamı için genellikle insanlara bağımlıdır (Coppock ve Nation, 2007; Silvera ve Ojeda, 2009). Su ve besin maddeleri yolu ile balıklarda ve diğer su canlılarında biriken zehirli maddeler hem bu canlılar, hem de tüketiciler için tehlike unsuru oluşturur. Su ürünlerinde birikim yapan ve sağlık açısından tehlikeli olan maddeler denilince akla ilk

sırada ağır metaller olmak üzere yağlar ve türevleri, pestisidler, deterjanlar, radyoaktif maddeler, poliklorlu bifeniller, antibiyotikler ve biyotoksinler gelir (Seçer ve Bozkurt, 200; Coppock ve Nation, 2007).

1. Ağır Metaller

Su ortamındaki canlılar ağır metalleri, sudaki yoğunlukları dikkate alındığında 1.000-10.000 defa daha fazla biriktirmektedirler. Günümüzde dokuz milyon kimyasal madde bulunmaktadır ve buna her geçen gün yenileri eklenmektedir. Sularımız bu türlü kirleticilerden etkilenmekte ve bunların en önemlilerini de ağır metaller oluşturmaktadır. Kirlenmiş sulara bulunan ağır metaller, su organizmaları için zehirli olmamasına rağmen, bu metallerin tuzlarının solüsyonları, su ürünleri için az veya çok oranda zehirli olabilmektedir (Seçer ve Bozkurt, 2001).

Metaller erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgarın taşıdığı tozla, volkanik aktivitelerle, ormanların yanmasıyla ve bitki örtüsüyle sulara taşınır. Denizdeki metaller, birçok nehir bu denize katılımı sonucu birikir. Ayrıca bu nehirlerin endüstriyel ya da kentsel bölgelerden geçmesi sonucu insan atıkları nedeniyle birikim çok daha fazla olabilir. Kimyasal kirleticiler atmosfer yoluyla da önemli ölçüde su ortamına karışır. Çünkü atmosferde bulunan bu elementler zamanla rüzgar ve yağışlarla suya geçer. Madencilik endüstrisi ağır metal kirliliğine yol açan kaynakların başında gelir. Maden cevherlerinden metallerin kazanılması sırasında meydana

gelen atıklar, çoğu kez tabii tutuldukları işlemlerle aktifleşip birer kirlilik kaynağı haline gelir. Bu metaller daha sonra atmosferik etkilerle çözünerek yeryüzü ve yeraltı sularına geçer (Altundoğan ve diğ., 1998; Acker ve diğ., 2005; Ağcasulu, 2007).

Ağır metaller deniz ortamında iz halinde bulunmalarına karşılık, organizmadaki doğal düzeyleri ve birikimleri farklı olmaktadır. Ağır metal deyimi, doğadaki tüm metaller ve metalloidleri kapsamaktadır. Bu metaller, çevre kirlenmesine neden olmalarından ve çok düşük yoğunluklarda bile deniz organizmalarına ve dolayısıyla insanoğluna zehirleyici etki gösterdiğinden deniz ekosisteminde sürekli etki göstermektedir (Yarsan ve diğ., 2000; Anonim, 2009b).

Ağır metaller balıkların sağlığını etkileyebilir. Doğrudan sudan alınabildiği gibi dolaylı olarak daha küçük balıklar, omurgasızlar veya bitkisel besinlerden de alınabilmektedir. Akuatik ortama serbest olarak bırakılan metaller, balıklarda fizyolojik düzensizliklere yol açar ve balıkların kan parametrelerine de etki ederler. Genellikle ağır metallerin etkileri balıklarda negatif olarak strese yol açar ve çoğunlukla ölümlü sonuçlanır (Çelik, 2006).

Suya ait ekosistemlerdeki canlılarda ağır metal birikimini etkileyen organik ve inorganik faktörler şu şekilde ifade edilebilir: Suyun ısı, oksijen miktarı, sertliği, organik bileşimi, pH değeri ve canlıların genel fizyolojik davranışı, yaşam döngüsü, mevsimsel değişiklikler, beslenme alışkanlığı gibi özellikleri biyolojik sistemlerin metal kirliliğinin değerlendirilmesinde dikkate alınmalıdır. Bu kriterler özellikle besin zinciriyle ağır metal birikiminin tayininde yardımcı olmaktadır (Forstner ve Wittmann, 1981).

Ağır metaller sulara ayırdıklarılarından veya zor ayrıştırdıklarından organizmaların dokularında büyük yoğunluklarda birikir. Emilmeyen ağır metaller ise boşaltım sırasında vücuttan atılır. Eğer boşaltım işlemi bunun için yeterli değilse toksik ağır metaller toksik olmayan bileşikler içinde biçim değiştirerek karaciğer ve böbrekte depolanır (Acker ve diğ., 2005; Loumbourdis ve diğ., 2007).

1.1. Cıva

Cıva normal şartlarda çok az yoğunluklarda bile olsa, pratik olarak su, hava ve toprakta bulunmaktadır. Her yıl toplam 40.000-50.000 ton cıvanın atmosfere ve 4.000 ton cıvanın denize ulaştığı sanılmaktadır (Seçer ve Bozkurt, 2001; Kaya ve Akar, 2002).

Cıva balıklarda, özellikle beslenme zincirinin son halkası olan karnivor balıklarda (örneğin turna, mezgit balıklarında vs.), daha çok birikim yapmaktadır. Cıva balıklarda karaciğerde, insanlarda ise saçta depolanmaktadır. Cıvanın çok küçük dozları bile, balıklar için çok toksiktir. Cıvanın değişik kimyasal formlarının toksitesi birbirinden çok farklıdır. Organik cıva bileşikleri genelde organizmaya gıda yoluyla girmekte ve akümülyasyondan sonra kronik toksik bozukluklar meydana getirmektedir. Solungaçlar yoluyla büyük miktarda çok çabuk alınan anorganik cıva tuzları akut toksik etki yapmaktadır (Dökmeci, 2001; Seçer ve Bozkurt, 2001; Kaya ve Akar, 2002; Dural ve diğ., 2007).

1.2. Bakır

Potansiyel olarak su kültürü sistemlerine girebilen yüzey sularını kapsayan bakır iyonların birçok kaynağı vardır. Bakır yerkabuğundaki kayalarda doğal bakır veya bakır içeren sülfür (kalkopirit, kalkosit) ve karbonat mineralleri halinde (malahit, azurit) bulunur. Bununla birlikte, bakır minerallerinin çözünürlükleri düşük olduğundan sularındaki bakırın çok az bir kısmı doğal kökenlidir (Gümüşdere, 2007; Anonim, 2009c). Bakır tuzları halinde Veteriner Hekimlik ve tarımda geniş şekilde kullanılır. Dolayısıyla böcek öldürücü ya da fungusid amaçla kullanımı sonucunda veya bakır işletmeleri çevresinde sulara karışabilir (Kaya ve Akar, 2002). Balıklar tarafından bakırın alınması büyük oranda solungaçlar ve besinlerle olmaktadır. Bakırın vücuttan atılması ise idrar ve dışkı yolu ile olmaktadır (Sağmanlıgil, 1994; Cicik, 2003). Ayrıca bakır, bir algisid olarak ve parazitler için tedavi edici olarak su kültüründe de kullanılır. Bakır iyonları, solungaç hücrelerinde bulunan enerji bağı sodyum/potasyum pompasını parçalar. Bu durum, sodyum iyonlarının dışarı çıkışının artmasına olanak sağlar (Cicik, 2003; Coppock ve Nation, 2007).

1.3. Çinko

Çinko, maden yatakları ve toprakta başlıca çinko sülfür ve çinko karbonat şeklinde bulunur. Genelde kadmiyumla birlikte bulunur. Çinko esaslı boyalar %50-55 oranında çinko içerir ve zehirlenme yönünden en önemli tehlikeyi de bunlar oluşturur. Çinko zehirliliği fazla olan bir metal değildir. Çinko bileşiklerinin toksik etkisi su sertliğine, oksijen miktarına ve sıcaklığa bağlıdır. Çinkonun etki şekli henüz bilinmemekle beraber solungaç dokusunu tahribata uğrattığı saptanmıştır (Altundoğan ve diğ., 1998; Cicik, 2003; Kaya ve Akar, 2002; Ağcasulu, 2007).

1.4. Kurşun

Kurşun, kireç taşından, kurşun yatağından ve yağmurla doğal suya karışarak balıklar ve balıkların besin zincirine katılan canlıların vücudunda birikir. Suda az çözünen kurşun tuzları midede hidroklorik asidin etkisiyle çözünür ve kana geçebilir. Kana geçen kurşunun atılımı çok yavaş olduğundan devamlı bir birikim söz konusudur (Dökmeci, 2001; Baykan, 2007; Oymak ve diğ., 2008).

1.5. Kadmiyum

Kadmiyum toksikolojik yönden önemli metallerden birisidir. Doğada çinko ile birlikte bulunur; ayrıca, diğer mineral filizlerinde de mevcuttur. Kadmiyumlu mineral yatakları, metal arıtma tesisleri, kadmiyum içeren plastik ve metal atıklarından çevreye yayılan kadmiyum, çevrenin (toprak, su ve hava) ve bu arada tarım ürünleri ile besinlerin kirlenmesine yol açar. Kara kesimlerindeki kadmiyumun bir kısmı akarsularla sudaki canlılara ve oradan da insan ve hayvanlara ulaşmaktadır (Ritterhoff, ve Zauke, 1998; Kaya ve Akar, 2002; Acker ve diğ., 2005).

2. Metal olmayanlar

Klor

Su ortamında ölçülebilir düzeyde klor bulunması, balıklar için bir risk olarak kabul edilebilir. Klor ve klor bileşikleri, su ürünlerinin üretiminin yapıldığı göletler ve tankları dezenfekte etmek için ve kentsel suda dezenfektan olarak kullanılır. Klor artıklarının zehirliliği, su sıcaklığının etkisi nedeniyle değişkendir. Sudaki kalıcı klor genellikle oksidatif ve iritasyona sebep olur ve solungaçlara zarar verir. Solungaç lezyonu, daha yüksek yoğunluklarda meydana gelen nekroz ile hiperplazi ve hipertrofi olabilir. Solungaç lezyonları, hipoksiye de sebep olur (Coppock ve Nation, 2007).

3. Mikotoksinler

Mikotoksinler mantarlar tarafından oluşturulan ve bunları içeren yem, yem hammaddeleri ve besinleri yiyen hayvan ve insanlarda zehirlenmelere ve ölüme yol açabilen maddelerdir. Mantarlar öldükten sonra da mikotoksinler yem ve besinlerde uzun bir süre kalırlar. Anılan maddelerde mikotoksinler tehlikeli düzeyde bulunabilirler. Normal pişirme ve işleme sırasında, özellikle aflatoksinler olmak üzere, mikotoksinlerin önemli bir kısmının parçalanmadan kalması konunun önemini daha da artırır (Kaya, 2002). Bazı mikotoksinlerin kaynakları, hedef doku, organlar ve oluşabilecek etkiler Tablo 1'de verilmiştir

3.1. Fumonisin ve Moniliformin

Fumonisin B1 (FB1) ve moniliforminin (MON) balıklarda verimliliği azalttığı varsayılmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda Kanal Kedibalığı'nın, FB1 ve MON'e Tilapia'dan daha duyarlı olduğu ve FB1'in, Kanal Kedibalıklarında MON'den daha zehirli olduğu gösterilmiştir (Pillay ve Kutty, 2005 c; Coppock ve Nation, 2007).

3.2. Aflatoksin

Aflatoksinlerin (AF), balıklarda karaciğer kanserine sebep oldukları 1960'lı yılların başında tespit edilmiştir. Gökkuşluğu Alabalıkları, AF'e duyarlıdır. Bu balıklarda 0.4 ppb'den daha az bir miktara bir yıldan daha kısa süre maruz kalınması

karaciğer kanserine sebep olabilir. Somon balıkları, AF'nin karsinojenik etkilerine Gökkuşluğu Alabalıklarından daha dirençlidir. Diyetlere eklenen vitamin C'nin AFB1'e karşı korunmada etkili olabileceği gösterilmiştir (Coppock ve Nation, 2007).

3.3. Okratoksin

Okratoksinlere Gökkuşluğu Alabalıklarının parantral olarak maruz kalmasıyla yapılan çalışmalarda, okratoksin A (OA)'nın, okratoksin B (OB)'den 10 kat daha zehirli olduğunu gösterilmiştir (Pillay ve Kutty, 2005 c; Coppock ve Nation, 2007).

Diğer Kontaminasyon Kaynakları

4.1. Pestisidler

Günümüzde çok sakıncalı sayılabilecek derecelerde çevre ve besin kirlenmesine katılan maddelerin bir grubu da pestisidler adı verilen ilaçlardır. Modern tarımın bir gereği olarak zararlılarla savaş amacıyla doğrudan toprağa ve kültür bitkilerine uygulanan bu tür ilaçlar, kullanıma şeklinin bir gereği olarak doğrudan besin kirlenmesine katılırlar (Sağmanlıgil, 1994; Levine, 2007). Günümüzde tarımda daha fazla verim alınması ve insanlarla hayvanlara zararlı olan çeşitli hastalıkların önlenmesi amacıyla pestisidler yaygın olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de tarım ilaçları kullanımına, pestisid gruplarına göre bakıldığında; en önemli grubun % 47 ile insektisidler olduğu, bunu %24 ile herbisitlerin izlediği, fungusitlerin ise % 16 payı olduğu görülmektedir (Levine, 2007; Anonim, 2009d).

Endüstriyel atık sular, kanalizasyon suları, su yüzeyine doğrudan pestisid uygulamaları, artık kimyasalların kazayla yüzey sularına karışması veya bilerek boşaltılması gibi etkiler alıcı sulardaki pestisid derişimlerinin önemli ölçüde artmasına neden olmaktadır. Sudaki pestisid kalıntıları, bozunma veya dönüşüm ürünlerinin canlılara olumsuz etkilerinin bilinmesi ise, pestisidlere olan ilginin gün geçtikçe artmasına neden olmakta, alıcı sulara deşarj edilen atık sulardan giderilmelerini, bu amaçla değişik teknolojilerin uygulanmasını ve geliştirilmesini zorunlu hale getirmektedir (Dökmeci, 2001; Anonim, 2009d).

Tablo1. Bazı mikotoksinlerin kaynakları, hedef doku veya organlar (Kaya, 2002).

Mikotoksinler	Mantar çeşidi	Besin veya ürün çeşidi	Hedef organ, doku ve oluşan etki
Aflatoksinler	<i>A.flavus</i> <i>A.parasiticus</i> <i>P.puberulum</i>	Tahıllar, yemler, yağlı tohum küspeleri	Karaciğer; gelişme hızı ve verimde azalma; sarılık, kanama, sürgün, karaciğer kanseri, bağışıklık sisteminin baskılanması
Fumonisinler	<i>Fusarium</i> türleri	Mısır	Beşin ve akciğer yangısı
Okratoksinler	<i>A.ochraceus</i> <i>P.viridicatum</i>	Tahıllar, otlar	Karaciğer ve böbrek hasarı, iştah kaybı, sürgün, bağışıklık sisteminin baskılanması
Moniliformin	<i>F.moniliforme</i>	Mısır	Balık yemlerinde bulunmasına izin verilen değeri 10 ppm dir

4.2. Klorlu dioksinler

Su kültürü canlılarında poliklorodibenzodioksinler (PCDD), poliklorodibenzofuranlar (PCDF), poliklorlubifenil (PCB) bileşikleride bulunabilir. Bu grupların her biri, benzer maddelerin bir karışımıdır. Bileşiklerin bu grupları, kalıcı organik karbonlar olarak bilinirler. Canlılar bunlarla temasa geçtikten sonra sağlık sorunlarıyla karşılaşabilirler (Coppock ve Nation, 2007; Timbrell, 2008).

Kedibalıkları, onları tüketen kişiler için önemli bir PCDD kaynağı olarak tanımlanır. Kas yağları için diyetten PCDD ve PCDF'nin alınmasıyla ilgili yapılan bir çalışmada, Gökkuşluğu Alabalıkları, PCDD ve PCDF içeren diyetle beslemenin ilk 13.5 ayında, PCDD ve PCDF'nin kas dokusundaki yağa yaklaşık % 30 oranında taşındığı bulunmuştur. 19. ayda transfer oranı, erkek alabalık için % 34'e yükselmiş ve yumurtadan çıkan dişi alabalık için % 27 oranında azalmıştır. Diyetteki PCDD ve PCDF'nin yoğunlukları kas yağında PCDD ve PCDF'nin yoğunluklarıyla direkt olarak ilgilidir (Coppock ve Nation, 2007; Pillay ve Kutty, 2005b).

4.3. Metil civa

Metil civa (MeHg), akuatik ortamlardan kaynaklanan ve insan yiyecekleri için sorun olan bir maddedir. MeHg akuatik sistemin su zeminindeki canlı organizmalar tarafından oluşturulur. Balıkta MeHg'nin, iskelet kası için ilgisi vardır ve iskelet kasında biyolojik sistemde toplanır. Diyetteki MeHg'nin yaklaşık % 23'ü ve diyetteki inorganik civa (Hg), balıklar tarafından emilir. Dört ay süreyle 5 ve 10 ppm MeHg içeren diyetlerle beslenen balıklarda, sırasıyla kaslarda (donmuş-kurutulmuş) MeHg'nin 1.1 ve 3.1 ppm düzeylerinde olduğu tespit edilmiştir. Atlantik Somonları için eşik toksik düzey, diyetle 0.5 ppm MeHg olarak ifade edilmiştir. Et kafalı Golyan Balıklarında yapılan çalışmalar, yumurtlama parametrelerinde diyetteki MeHg'nin eşik düzeyininin 0.88 ppp'den küçük olduğunu göstermiştir (Coppock ve Nation, 2007; Pillay ve Kutty, 2005a).

4.4. Deterjanlar

Sentetik deterjanlar içerdikleri fosfor nedeni ile alıcı ortamlarda ötrofikasyona neden olurlar, bunun yanısıra deterjanların sularda oluşturduğu köpük estetik bir sorun olarak da ortaya çıkar. Bunun ötesinde deterjanlar kimyasal yapılarına bağlı olarak alıcı su ortamlarında çeşitli düzeylerde kirliliğe neden olabilirler. Bir diğer önemli kirlenici madde de deterjanlarda katkı maddesi olarak kullanılan ve yüzey aktif maddelerin etkinliğini artırma özelliği olan sodyum tripolifosfat (STPP) olup, kullanımında da çeşitli kısıtlamalar ve yasaklamalar söz konusudur. Katkı maddelerinin birinci görevi suyu yumuşatmaktır. Bunlar birçok avantajlarının yanı sıra fosfor içermesi nedeni ile önemli çevre problemlerine de yol açmaktadırlar. Çünkü STPP içerdiği yüksek düzeydeki fosfor (P) nedeni ile sularda alg çoğalmasının artmasına ve dolayısıyla oksijen azaltımına neden olmaktadır. Bu durumda su canlıları yok olup, ötrofikasyon ortaya çıkmaktadır (Gümüşdere, 2007; Timbrell, 2008; Anonim, 2009c).

4.5. Uçucu Organik Bileşikler

Atık sularda bulunan organik bileşiklerin çoğu uçucu organik bileşiklerdir (UOB). Bunların buhar basıncı yüksek olduğundan arıtma tesislerinde ve alıcı ortamlarda emisyonu, koku ve toksik kirlenmeye sebep olurlar. Atık sulardan yayılabilecek muhtemel UOB'ler şöyle sınıflandırılabilirler; aromatik hidrokarbonlar (HK), klorlu HK, oksijenli HK ve alifatik HK (Gümüşdere, 2007; Timbrell, 2008).

Endüstri ve ticari aktiviteler, kentsel atık sulardaki UOB'lerin en büyük kaynaklarıdır. UOB'ler için başlıca endüstriyel kaynaklar kimya ve petrokimya üretimleri, elektronik üretimi ve petrol rafinerileridir. Evsel, endüstriyel ve ticari kökenli kaynakların yanısıra UOB'ler arıtma tesislerinden de oluşurlar. Su dezenfeksiyonu sırasında trihalometanlar oluşur ve bunlar da UOB kaynağı oluşturabilirler. Bununla beraber atık su arıtma tesisinde dezenfeksiyon ve koku kontrolü için yapılan klorlamada UOB kaynağı olarak ortaya çıkar. Ayrıca biyokimyasal dönüşümler sırasında da UOB'ler oluşabilir (Gümüşdere, 2007; Timbrell, 2008; Anonim, 2009c).

4.6. Endüstriyel Çözücüler

Sayıları her geçen gün artan ve pek çok endüstriyel aktivitede kullanılan bu grup bileşiklerin kanserojen olmaları dolayısıyla derişimleri içme sularında sınırlandırılmaktadır. Bu bileşiklerin en yaygın olarak kullanılanları; boya, metal işleri, eczacılık, asetat film yapımında kullanılan diklorometan; florokarbon sentezi ve eczacılıkta kullanılan kloroform; metal ve plastik temizlemede kullanılan metil kloroform; yine florokarbon sentezi ve yangın söndürücülerde kullanılan karbon tetraklorür; metal temizleme ve kuru temizlemede kullanılan trikloroetilen ve perkloroetilen olarak sıralanmaktadır. Bu bileşiklerden trikloroetilen, perkloroetilen, metil kloroform ve diklorometan içme sularında sık sık rastlanan endüstriyel çözücüler olarak tanımlanmaktadır (Gümüşdere, 2007; Anonim, 2009c).

4.7. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar

Temel olarak organik maddelerin tam yanmaması sonucu ortaya çıkan bu bileşikler, egzoz emisyonları, yakıt kullanımı ve kısmen de, bakteri ve bitki faaliyetleri sonucu ortaya çıkmaktadır. Demir boruların yüzeyinde kullanılan bu tür kaplamalarla, suya polisiklik aromatik hidrokarbonların geçtiği bilinmektedir. En yüksek çözünürlüğe sahip polisiklik aromatik hidrokarbonlar bileşiği olan fluorantan bu yolla suya geçmekte ve derişimi, kabul edilebilir sınır değerleri aşabilmektedir (Gümüşdere, 2007; Anonim, 2009c; Jiang ve diğ., 2009).

4.8. Dezenfeksiyon Sonucu Oluşan Organik Maddeler

Klorun sularda bulunan doğal organikler olan hümit ve fulvik asitler ile reaksiyona girmesi sonucu oluşan klorlu organik bileşikler, sularda bulunan başlıca dezenfeksiyon yan ürünleri ya da trihalometanlar (THM) olarak tanımlanırken, sularda doğal olarak bulunan bromür de, THM oluşumuna yol açmaktadır. Uygulanan klor miktarının suda bulunan organik madde miktarına oranının, oluşan yan ürünlerin türlerini

belirleyen en önemli faktör olduğu söylenmektedir. Örneğin, düşük klor dozlarında, fenol suya tat veren klorofenole çevrilirken, yüksek dozlarda tatsız klorlu kinonlara çevrilmektedir (Gümüştöre, 2007; Levine, 2007; Anonim, 2009c).

5. Sonuç

Su kültürü, büyüyen bir endüstridir. Akuatik organizmalarda hastalıkların toksikolojik nedenleri iki grupta toplanabilir. Bunlar, suda zehirli maddeler ve hayvan yemindeki zehirli maddeler şeklinde ifade edilebilir.

Su ortamındaki kirliliğin önlenmesi noktasında içme suyu, kanalizasyon ve katı atık işleme ve depolama tesislerinin çevrenin ekolojik dengesini bozmayacak ve çevreye en az zarar verecek şekilde faaliyetlerin düzenlenmesi öncelikle yapılması gereken bir uygulama olarak önerilebilir. Koruma altına alınan bölgelerin bozulmaması ve çevre sorunlarının artırılmaması için duyarlı yörelere atık su ve kanalizasyon gibi altyapı şebekelerinin uzatılmasının ve deşarjların bu yörelere yapılmasının önüne geçilebilir. Atık suların yerüstü akarsu ve durgun suları ile yer altı su kaynaklarını kirletmesinin önüne geçilmesini öngören çalışmalar desteklenebilir. Su kalitesi standartlarının geliştirilmesi ve en iyi şekilde uygulanması için gerekli çalışmalar yapılabilir ve gerekli eşgüdüm önlemleri alınabilir. Su kalitesi ile ilgili olarak yürürlükte bulunan kanun, tüzük ve yönetmeliklerin en etkili bir şekilde uygulanmasını öngören önlemler alınabilir. İçme suyu temini ve atık su deşarjı ile ilgili çalışmalar yapan birimler arasında eşgüdüm sağlamak ve çevre-imar planlarına aykırı düşen bireysel çalışmaların önüne geçilebilir. Toplumun bilinçlendirilmesi amacıyla görsel ve yazılı basında da bu konu üzerine gereken hassasiyet gösterilerek yeterli miktarda yayın yapılmalıdır.

Kaynakça

- Acker, L.A., Mcmahon, J.M., Gawel, J.E. 2005. The Effect of Heavy Metal Pollution in Aquatic Environments on Metallothionein Production in *Mytilus* sp., Proceedings of the 2005 Puget Sound Georgia Basin Research Conference.
- Ağcasulu, Ö. 2007. Investigation of Accumulation of Heavy Metals in Tissues of *Capoeta tinca* (Heckel, 1843) Living in Çeltikce Stream of Sakarya River, (in Turkish) *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*.
- Altundoğan, H.S., Erdem, M., Orhan, R., Özer, A., Tümen, F. 1998. Heavy Metal Pollution Potential of Zinc Leach Residues Discarded in Çinkur Plant. *Tr. J. of Engineering and Environmental Science*, 22: 167-177.
- Anonim, (2009a). Çevre Kirliliği. <<http://www.efendizade.com/cevre-kirliligi.html>> (2009, Ocak, 11).
- Anonim, (2009b). Türkiye'de Su Kirliliğine Etki Eden Etmenler. Erişim: <<http://www.cevreonline.com/CevreKR/su%20kirlilik%20etmenleri.htm>> (2009, Ocak, 11).
- Anonim, (2009c). Atık Sular ve Özellikleri. <http://www.warez-turks.com/atik_sular_ve_ozellikleri1-t554.0.html;imode=>> (2009, Ocak, 11).
- Anonim, (2009d). Sulu Çözeltilerdeki Pestisitlerin Güneş Işığı Etkisiyle Bozunumu. <<http://www.nuveforum.net/732-cevre-muhendisligi-bolumu/46397-sulu-cozeltilelerdeki-pestisitlerin-gunes-isisi-etkisiyle-bozunumu/>> (2009, Ocak 11).
- Baykan, O. 2007. Lead Nitrate (Pb (NO₃)₂) Metal Salt *Daphnia Magna* (Straus 1820) (Cladocera, Crustacea) on the Investigation of Acute Toxic Effects, (in Turkish). *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*.
- Cicik, B. 2003. The Effects of Copper-Zinc Interaction on the Accumulation of Metals in Liver, Gill and Muscle Tissues of Common Carp (*Cyprinus carpio* L.), (in Turkish). *Ekoloji Çevre Dergisi*, 12(48): 32-36.
- Coppock, R.W., Nation, P.N. 2007. Aquatic Toxicology. p: 709-713. Ramsh C. Gupta [eds.], *Veterinary Toxicology: Basic and Critical Principles*, Elsevier.
- Çelik, E.S. (2006). The Effect of Heavy Metals on Fish Blood Parameters, (in Turkish). *E.Ü. Su Ürünleri Derg.*, 23(1/1): 49-55.
- Dökmeçi, İ. 2001. Zehirler ve Zehirlenmeler, S: 249-692, İ.Dökmeçi [eds.], *Toksikoloji*, 3. Baskı İstanbul: Nobel.
- Dural, M., Göksu, M.Z.L., Özak, A.A. 2007. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. *Food Chemistry* 102: 415-421.
- Forstner, G., Wittmann, T. 1981. *Metal pollution in the aquatic environment*, p: 271-318, Berlin Heidelberg [eds.], 2nd ed. New York Springer Verlag.
- Gümüştöre, H.T. 2007. Effect of Ultrasound on Degradation of Hazardous Organic Compounds, (in Turkish). *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*.
- Jiang, J.J., Lee, C.L., Fang, M.D., Liu, J.T. 2009. Polycyclic aromatic hydrocarbons in coastal sediments of southwest Taiwan: An appraisal of diagnostic ratios in source recognition. *Marine Pollution Bulletin* 105(5): 752-760.
- Kaya, S., Akar, F. 2002. Metaller, Diğer Organik Maddeler ve Radyoaktif Maddeler, s: 207-250. S.Kaya, İ.Pirinççi, A.Bilgili [eds.], *Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji*, 2.baskı, Ankara:Medisan.
- Kaya, S. 2002. Mikotoksinler, s:538. S.Kaya, İ.Pirinççi, A.Bilgili [eds.], *Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji*, 2.baskı, Ankara:Medisan.
- Levine, M.J. 2007. Pesticides in The Air, Water and Soil, p: 187-218. *Pesticides: A Toxic Time Bomb in Our Midst*, Westport: Praeger.
- Loumbourdis, N.S., Kostaropoulos, I., Theodoropoulos, B., Kalmanti, D. 2007. Heavy metal accumulation and metallothionein concentration in the frog *Rana ridibunda* after exposure to chromium or a mixture of chromium and cadmium. *Environmental Pollution* 145: 787-792.
- Oymak, İ., Sekman, E., Top, S., Yazıcı, R., Bilgili, M.S., Demir, A., Varank, G. (2008). Kurşunun Zeolitle Adsorpsiyonunun İzoterm ve Kinetik Analizi. <http://cevre.club.fatih.edu.tr/webyeni/konfreweb/2008_pdf/sayfa328.pdf> (2009, Ocak, 11).
- Pillay, T. V. R., Kutty, M. N. (2005a). Health and Diseases, p: 201-245, T.V.R. Pillay ve M.N. Kutty [eds.], *Aquaculture Principles and Practises*, 2 nd ed. U.K: Blackwell Publishing.
- Pillay, T. V. R., Kutty, M. N. (2005b). Aquaculture Practices, p: 319-613, T.V.R. Pillay ve M.N. Kutty [eds.], *Aquaculture Principles and Practises*, 2 nd ed. U.K: Blackwell Publishing.
- Pillay, T. V. R., Kutty, M. N. (2005c). Nutrition and Feeds, p: 105-173. T.V.R. Pillay ve M.N. Kutty [eds.], *Aquaculture Principles and Practises*, 2 nd ed. U.K: Blackwell Publishing.
- Ritterhoff, J., Zauke, G.P. 1998). Potential role of metal-binding proteins in cadmium detoxification in *Themisto libellula* (Mandt) and *Themisto abyssorum* Boeck from the Greenland Sea. *Marine Environmental Research*, 45: 179-191.
- Sağlam, N., Cihangir, N. (1995). Studies of biological processes, Biosorption of Heavy Metals, (in Turkish). *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Derg.*, 11: 157-161.
- Sağmanlıgil, H. 1994. Environmental Health and Risk of Chemicals, (in Turkish). *Y.Y.Ü. Vet.Fak.Derg.*, 5(1-2): 57-64.
- Seçer, S., Bozkurt, Y. 2001. The Effect of Heavy Metals Toxicity of mercury to fish, (in Turkish). *EKİN Derg.*, 18: 83-87.
- Silveira, J.A.H., Ojeda, S.M.M. 2009. Evaluation of the health status of a coastal ecosystem in southeast Mexico: Assessment of water quality, phytoplankton and submerged aquatic vegetation. *Marine Pollution Bulletin*, 59(1-3):72-86.
- Timbrell, J.A. 2008. Biochemical Mechanism of Toxicity: Specific Examples, p: 293-391. J.A. Timbrell [eds.], *Principles of Biochemical Toxicology*, 4nd ed. New York, Informahealthcare.
- Yarsan, E., Bilgili, A., Türel, İ. 2000. Heavy Metal Levels in Mussels (*Unio stevenianus* Krynicki) Obtained From Van Lake, (in Turkish). *Türk J. Vet. Anim. Sci.*, 24: 93-96.