



GÜNCEL ENDİŞE "SU ÜRÜNLERİNDE KİRLİLİK"

Mustafa YİPEL ¹

Ender YARSAN ²

Özet : Her geçen gün artan "kirlilik" çevre ve canlılar üzerindeki olumsuz etkileri dolayısıyla toplumsal bir endişeyi de beraberinde getirmektedir. Atıklar için nihai alıcı ortam olması dolayısıyla kirliliğe en çok maruz kalan su ortamlarının besin deposu olma özelliği her geçen gün daha da olumsuz yönde etkilenmektedir. Sucul organizmalar ve besin zincirindeki diğer canlılar bazı kirleticileri doku ve organlarında biriktirirler ve bu kirlilik besin zinciri boyunca artarak insan dahil bütün canlılara zarar vermektedir. Su ürünleri, insanların en eski besin kaynaklarının başında gelen, dünya besin gereksinimin önemli bir kısmını karşılayan temel bir gıda endüstrisi ve en hızlı büyüyen gıda sektörüdür. Bu nedenle su ürünlerindeki kirlilik biyolojik olarak sürekli izlenerek tüketimi ile oluşabilecek riskler göz önünde bulundurulmalı ve kontrol altına alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Biyolojik izleme, biyolojik birikim, biyolojik gösterge, kirlilik, su ürünleri.

Current Concern "Pollution In The Seafoods"

Summary : Due to the negative effects on the environment and living organisms "the pollution" brings a social concern with it. Hitherto that is usually considered as the final of receiving the environment for wastes are exposed to the pollution of the water environments featuring food store every day that becomes more adversely affected. The aquatic organisms and the other members of the food chain accumulate some pollutants into their tissues and organs and this pollution is increasing throughout the food chain and is damaging all living creatures, including humans in the chain. Seafood industry is one of the main resources of food industry which meets the world's food requirements and is the fastest growing sector of world's food sector and comes at the beginning of the oldest food sources of the human beings. Therefore, taken into consideration the potential risks with the consumption and should be controlled pollution in the sea foods by monitoring biologically.

Keywords: Bioaccumulation, bioindicator, biomonitoring, pollution, seafoods.

¹ Yrd.Doç.Dr. Mustafa Kemal Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Farmakoloji-Toksikoloji Anabilim Dalı, Hatay.

² Prof.Dr. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Farmakoloji-Toksikoloji Anabilim Dalı, Ankara.



GİRİŞ

Çevre, canlıların yaşamları boyunca ilişkilerini sürdürdükleri ve karşılıklı olarak etkileşim içinde bulundukları biyolojik, fiziksel, sosyal, ekonomik ve kültürel ortam olarak tanımlanmaktadır. İnsanoğlunun çeşitli faaliyetleri toprağı, denizleri, şehirleri, bitki ve hayvanların yaşadığı bütün ortamları büyük bir hızla olumsuz yönde etkilemektedir. Her türlü doğal kaynağın kullanılmasında temel ilke, koruma ve kullanma dengesinin sağlanmasıdır. İçinde yaşadığımız yüzyılda doğal kaynakların aşırı ve dengesiz kullanımı sonucu, oluşan çevre sorunları ve tahribatları, insanlar dahil dünyadaki her türlü canlının yaşamını tehdit eden boyutlara ulaştığı artık herkesçe bilinmekte ve bilimsel araştırmalarla ortaya konulmaktadır. Çevre sorunları veya çevre tahribatı zaten sınırlı olan kaynakların daha da azalmasına neden olmaktadır. Çevre sorunlarının ulusal, bölgesel ve küresel etkileri vardır. Hızla değişen dünyanın gündeminde 1970'li yılların başından itibaren giderek artan ve insanlığın en büyük ortak sorunu ve ortak endişesi haline gelmiş olan çevre ve çevrenin bozulması yer almaktadır. Çevre kirliliği; *Su, Hava, Toprak* ve *Gürültü* kirliliği olarak sınıflandırılabilir (Kaya ve ark., 2002; Anonim, 2007).

Çevre kirliliği; çevrenin fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkenlerle doğal durumunun bozulmasıdır (Kaya ve ark., 1998; Kaya ve ark., 2002). Çevredeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozulma hava, su ve toprak kirlenmesi olarak sınıflandırılabilirse de bunlar çok çabuk birbirine dönüşebilmektedir. Çünkü ekolojik dengenin bir parçasındaki bozulma, bütün sistemin yapısını olumsuz yönde etkilemektedir. Çevre kirlenmesi yöre, bölge veya ülke genelinde olabileceği gibi uluslararası boyutlarda da olabilmektedir. Çünkü coğrafi sınır tanımayan meteorolojik olaylar, uluslararası akarsu ve denizlerde de ortak sorunlar meydana getirmektedir (Anonim, 2004).

Çevre kirleticilerinin en önemli grubunu oluşturan kimyasalların sayısı bu yüzyılın başına kadar birkaç bin ile sınırlıydı ve büyük bölümünü bitkisel, hayvansal ve mineral kaynaklı doğal maddeler oluşturmaktaydı. 20. yüzyılda organik kimya bilimi ve dolayısıyla kimya endüstrisindeki hızlı gelişmeler, kullanılan kimyasalların sayısını hızla arttırmıştır. Bugün büyük bölümü sentetik olmak üzere 80 000'in üzerinde kimyasal madde ilaç aktif maddesi (4000), ilaç yardımcı maddesi (2000), kozmetik (3000), gıda katkı maddesi (2600), tarım ilacı (1500) ve endüstriyel kimyasal (48 000) çeşitli amaçlar için kullanılmakta ve her yıl yaklaşık 1000 yeni kimyasalın eklendiği hesaplanmaktadır. Sayısal artışın yanı sıra miktar olarak da hızlı bir artış söz konusudur. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) verilerine göre dünya kimyasal madde üretimi 1950 yılında 7 milyon ton iken, bu rakam 1970 yılında 63 milyon tona ve 1985 yılında 250 milyon tona yükselmiştir. Bugün bu rakamın 400 milyon tona ulaştığı tahmin edilmektedir. Kimyasal kullanımındaki bu hızlı artış toplumsal "*kemofobi*" olarak adlandırabileceğimiz bir gelişmeyi beraberinde getirmiştir. Kemofobinin oluşmasında kimyasal madde kullanımındaki artışın yanı sıra yol açtıkları sağlık sorunlarının da rolü büyüktür. Bir yandan meydana getirdikleri tehlikeler diğer taraftan modern yaşam için artan miktarlarda kullanılma gereklilikleri, kimyasalların üretim öncesi ve sonrası zararsızlık limitlerini belirlenmesinin önemini arttırmıştır (Anonim, 2008). Çevre kirliliğinin artarak devam ettiği, buna karşın doğal kaynakların gittikçe daraldığı günümüzde özellikle ekonomik önemi olan canlıların kirlilikten nasıl etkilendiğinin bilinmesi zorunluluk haline gelmiştir.

Ağızdan gıdalarla veya diğer yollarla (solunum, deriden emilim gibi) alındığında biyolojik sistemlerde hasar veya ölüm oluşturan maddelere "*toksin / zehir*", bu tür maddelerin etkilerini inceleyen bilim dalına da "*toksikoloji*" adı verilmektedir. Çevremizdeki



kimyasalların toksik etki potansiyellerini araştırarak risk değerlendirmesi yapmak ve zararlı etkilerini önleyerek kontrol altına almak Toksikolojinin başlıca hedefleri arasındadır (Kaya ve ark., 2002; Anonim, 2008). Ülkemiz büyüme süreci içinde olup, hızlı nüfus artışı ile birlikte artan ihtiyacı karşılamak amacıyla oluşan endüstriyel, kentsel ve tarımsal faaliyetler sonucu su kaynaklarımız kirlenmektedir. Temel sorun, birçok tehlikeli atığın kontrolsüz ve yasal olmayan şekilde nehir yatakları, göller ve denizler gibi alıcı ortamlara verilmesidir (Anonim, 2007).

Su kirliliği, evsel ve endüstriyel sıvı atıkların, arıtılmaksızın su ortamlarına boşaltılmaları ve tarımda verimi arttırmak için kullanılan gübreler ile zirai mücadele amacıyla kullanılan ilaçların, su ortamlarına taşınmaları gibi sebeplerle meydana gelmektedir. Su kaynaklarının kirliliği, kullanımını bozacak veya zarar verme derecesinde kalitesini düşürecek biçimde suyun içerisinde organik, inorganik, radyoaktif veya biyolojik herhangi bir maddenin bulunmasıdır. Akarsu, göl ve denizler gibi su kaynaklarımızın çeşitli etkenlerle bozulması canlıların yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Atık suların uzun yıllar arıtılmadan kontrolsüz bir şekilde alıcı ortamlara verilmesi sonucunda; aşırı kirlenmiş akarsular, akarsu havzaları, körfezler ve kirlenmiş denizler ortaya çıkmaktadır. Sınırlı olan su kaynaklarımızın kirlenmesinin önlenmesi sürdürülebilir kullanımı için önemlidir. Bugüne kadar arıtılmış atık sular için nihai alıcı ortam olarak genellikle deniz ortamları düşünülmüştür (Anonim, 2004).

Birleşmiş Milletlerce kabul edilen tanıma göre “deniz kirliliği”; haliçleri de içerisine alan deniz ortamına, biyolojik kaynaklara zarar verecek, insan sağlığına tehlike oluşturacak, balıkçılığı da içeren, denizlerden ekonomik yararlanma olasılığını kısıtlayacak ve denizin dinlence amacı ile kullanılmasını, suyun kalitesini bozarak engelleyecek şekilde, insanlar tarafından doğrudan ya da dolaylı şekilde madde

ve enerji bırakılması olayıdır (Kocamış, 2006). Deniz kirliliği; *Fiziksel, Kimyasal, Biyolojik ve Radyolojik* kirlenme olarak sınıflandırılabilir. Günümüzde deniz ve okyanuslar çok büyük kirlilik tehdidi altındadır. Denizleri olumsuz etkileyen faaliyetler sonucu meydana gelen kirlilik olayları kıyasal ve deniz ekosistemlerinde ani ve uzun dönemli hasarlara neden olmaktadır. Nihai alıcı ortam olması dolayısıyla kirliliğe en çok maruz kalan deniz ortamı, insanlığın günümüzde ve gelecekteki besin deposu olma özelliğini her geçen gün daha da olumsuz yönde etkilemektedir. Kirlilik besin zinciri boyunca yürümekte ve insan dahil bütün canlılara zarar vermektedir. Dünya nüfusunun hızla artması sonucu denizlerden daha çok yararlanma amacıyla son yıllarda araştırma çalışmalarını yoğunlaştırmıştır. Bir yandan çok büyük bir besin gücünü, öte yandan zengin mineral maddeleri ve enerji kaynağını bünyesinde barındıran denizler, ekonomik yönden giderek önem kazanmakta, oldukça ayrıntılı bilimsel çalışmalara konu olmaktadır.

Deniz ekosistemini olumsuz yönde etkileyen ve kirliliğine neden olan kaynaklar; Hava kökenli kirleticiler, Gemi ve deniz araçları kökenli kirleticiler, Kara kökenli kirleticiler olarak üç başlık altında toplamaktadır. Üç tarafı denizlerle çevrili ülkemizde, deniz kirliliği özellikle su ürünleri ve turizm değeri açısından ayrı bir önem taşımakta, fakat kirlilik her geçen gün artmaktadır. Kıyılarımızdaki kirlilik düzeyi Avrupa ülkeleri ile kıyasla daha düşükken, kirlilik düzeyi yönünden sıcak noktalar bulunmaktadır. Çevre kirlenmesine sebep olan başlıca etkenler; Turizm, Tarım, Yerleşim Alanları, Sanayi, Enerji, Madencilik ve Altyapı ve Ulaşım olarak sayılabilir (Anonim, 2004).

1. Su Ürünleri

Tüm yaşamını denizler ve içsularda geçiren bitki ve hayvan organizmaları topluluğu olarak tanımlanan (Atay, 1995) su ürünleri; denizler, iç sular ve suni



olarak yapılmış havuz, baraj, gölet, dalyan ve çiftlik gibi tesislerde tabii veya suni olarak istihsal edilen, yetiştirilen su bitkileri, balıklar, süngerler, yumuşakçalar, kabuklular, memeliler, sürüngenler gibi canlılarla bunlardan imal edilen ürünleri ifade eder (Anonim, 1995).

Su ürünleri;

- Balıklar (barbunya, kefal, çipura, levrek, alabalık, kalkan, orkinos vb.)
- Kabuklular (karides, kerevit, yengeç, istakoz vb.)
- Yumuşakçalar
 - Çift kabuklu yumuşakçalar (akivades, midye, istiridye, kidonya, kum şırlanı vb.)
 - Kafadan bacaklılar (ahtopod, kalamar, sübye vb.)
 - Karından bacaklılar (salyangoz vb.)
- Gömlekliler (tulumlular) (eklice, salpa vb.)
- Derisi dikenliler (denizkestanesi, denizyıldızı, denizhiyari, denizlalesi vb.)
- Su bitkileri ve algler (yosun)
- Memeliler (balina, yunus, fok vb.)
- Kurbağalar (yeşil su kurbağası vb.)
- Kaplumbağalar olarak gruplandırılır (Atay, 1995; Türk ve Yabanlı, 2006, Yipel, 2012).

1.1. Su Ürünleri Tarihi

Su ürünleri, insanların en eski besin kaynaklarının başında gelmiştir. Bitkilerin ekilip yetiştirilmesi ve hayvanların besin olarak kullanımı için evcilleştirilmesinden önceki dönemlerde en kolay elde edilebilen ve bu nedenle de en çok tüketilen besinler olduğu bilinmektedir. Bilim ve teknolojinin gelişmesine paralel olarak tarihin ilk dönemlerinde tüketilen bazı canlı türlerinin zaman içinde besin

olarak tüketimi tercih edilmemişken, su ürünleri tarihin ilk dönemlerinden günümüze kadar insanların diyetlerinde yer almıştır. Günümüzde dünya sularında 20 000'den fazla yenilebilen balık, kabuklu deniz hayvanı ve memeli deniz türü yaşamaktadır. Bunların yaklaşık 250 türü insanların diyetlerinde çeşitli şekillerde yer almaktadır (Besler, 2005; Öktem, 2007). Tarih boyunca büyük medeniyetler genellikle su kaynaklarının yakınlıklarına kurulmuş, çeşitli su ürünleri avlama ve üretme yolları aramışlardır. Balıkçılık, tarihin ilk dönemlerinden bu yana, ekonomik olarak anlamlı ve evrensel boyutta uygulanan, avcılık yöntemiyle yiyecek üretiminin günümüze kalan tek örneğidir. Günümüzde ise ülkemizde su ürünleri avcılığında, Avrupa Birliği'ne girme yolunda Ortak Balıkçılık Politikası (OBP) gereği ve çağın getirdiği modern av araç - gereçler ve tekneler kullanmakta ve ülke ekonomisine önemli katkıları bulunmaktadır (Atar ve Ateş, 2009).

1.2. Su ürünleri istatistikleri

Su ürünleri dünya besin gereksiniminin önemli bir kısmını karşılayan temel bir gıda endüstrisidir ve dünyada en hızlı büyüyen gıda sektörüdür. Dünya hayvansal protein tüketiminin % 15,7'sini, toplam protein tüketiminin ise % 6,1'ini karşılamaktadır (Çayhan, 2009; Şahin, 2011). 2010 yılında dünyada toplam su ürünleri üretimi 145,1 milyon ton, Avrupa Birliği'nin ise 6,4 milyon ton'dur. Bunun 90 milyon tonu avcılık ve 55,1 milyon tonu ise kültür balıkçılığı (yetiştiricilik) ile sağlanmıştır. Ülkemizde ise 2011 yılı su ürünleri üretimi toplam 703,5 bin ton olmuştur. Bunun 514,7 bin tonu (% 73,1) avcılık ve 188,7 bin tonu kültür balıkçılığı (yetiştiricilik) ile sağlanmıştır. Üretimin yaklaşık % 61,44'ü deniz balıklarından, %6,45'i diğer deniz ürünlerinden, % 5,27'si iç su ürünlerinden ve %26,83'ü yetiştiricilikten elde edilmiştir (Eurostat, 2009; FAO, 2010; Anonim, 2011). Doğal koşulları birbirinden farklı denizlerle çevrili, çok sayıda gölleri ve akarsuları olan ülkemiz su ürünleri



üretimi bakımından Dünyada 35., Avrupa ülkeleri arasında 7. sırada bulunmaktadır. Türkiye; hayvansal ürün ihracatında en büyük grubunu oluşturan su ürünlerinden 2010 verilerine göre 471,5 milyon liranın üzerinde gelir sağlanmakta ve istikrarlı bir büyüme göstermektedir. Ülkemizde su ürünlerinin % 75'i insan gıdası olarak tüketilmektedir. % 25'ye yakın bir kısmı ise balık unu, balık yağı ve katkı maddesi gibi diğer bazı amaçlarla kullanılmaktadır. Ülkemiz önemli bir su potansiyeline sahip olmasına rağmen, kişi başı tüketilen su ürünleri miktarı oldukça düşük seviyelerdedir. Türkiye'de kişi başına yıllık tüketim ortalama 7,5 kg/yıl iken bu rakam Avrupa ülkelerinde 26 kg/yıl ve dünyada ise 17,1 kg/yıl'dır (Anonim, 2011).

1.3. Su ürünlerinin Beslenme Açısından Önemi

Beslenme; büyüme, gelişme, sağlığı koruma ve yaşam kalitesini yükseltmek için vücudun gereksinimi olan besin öğelerinin alınıp kullanılmasıdır. İnsan beslenmesi açısından hayvansal ürünler içerdikleri besin öğeleri ve bu öğelerin besleyicilik değerlerinin yüksek olması nedeniyle büyük önem arz etmektedir. Dünya nüfusunun gün geçtikçe artması, sınırlı olan gıda kaynaklarının daha verimli kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle su kaynaklarından gıda üretiminde artış meydana getirme çabaları gün geçtikçe daha fazla dikkat çekmektedir. İnsanoğlunun beslenmesi için önemli bir gıda grubu olması, yapılan bilimsel çalışmalarla bireylerin karşı karşıya kaldıkları bazı hastalıklarda besin maddelerinin ve beslenme alışkanlığının önemli rolünün olduğunun ortaya çıkmasıyla insanların daha bilinçli beslenme istekleri gündeme gelmiş ve bu durumların doğal bir sonucu olarak su ürünlerine karşı olan talep ve ilgi artmıştır (Özalp, 2008). Su ürünleri sahip olduğu yüksek besin değeri ile önemli gıda maddeleridir. Besin bileşenlerinin incelenmesi ve besin maddelerinin sağlığımız üzerindeki etkisinin

bilinmesi ile bugün balık, önemli bir protein kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Balıkların kimyasal yapısı ve besleyicilik değerleri, tür, yaş, cins, cinsiyet, yaşama ortamı, yakalandıkları bölge, büyüklük ve avlandıkları mevsime bağlı olarak önemli farklılıklar gösterir (Turan ve ark., 2006; Özalp, 2008).

Hastalıkların temelinde kalıtsal faktörlerin dışında, beslenme rejimi de çok önemli yer tutmaktadır. Balık etinin bu hastalıklardaki tedavi edici rolü uzun bir süreden beri incelenmekte olup bu konuda olumlu sonuçlar alınmıştır (Turan ve ark., 2006). Yapılan araştırmalarla ağırlıklı olarak balıkla beslenen toplumlarda, et ve sebze ağırlıklı beslenenlere kıyasla ortalama yaşam süresinin daha uzun olduğu, insanların fiziksel direncinin daha güçlü olduğu belirlenmiştir (Öktem 2007). Ayda 1 ila 3 kez balık tüketen bireylerde kalp hastalığı riski % 11 azalırken bu rakamın yükselmesi, % 38'lere kadar bu riski azaltmaktadır (Öktem, 2007). Günde en az 30 g balık tüketen erkeklerde, kardiovasküler hastalıklara bağlı ölüm oranının hiç balık tüketmeyen erkeklere göre % 50 daha az olduğu belirtilmektedir. Balık tüketiminin fazla olduğu toplumlarda diabetes mellitus hastalığının görülme sıklığının daha düşük olduğunu göstermektedir. Balık tüketiminin kolorektal ve meme kanseriyle; önleme yönünde güçlü ilişkisi olduğu, akciğer ve prostat kanseriyle ise daha zayıf ilişkisi olduğu belirtilmektedir. Romatoid artiritli hastalarda balık yağının antiinflamatuvar etkileriyle semptomları azalttığı ve hastalığı geciktirici etkileri olduğu saptanmıştır. Yüksek miktarda balık tüketiminin olduğu ülkelerdeki astım insidansının diğer ülkelere göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Alzheimer'lı hastalarda yapılan çalışmalarda, haftada en az bir kez balık tüketenlerin daha az sıklıkla tüketenlere göre riskin %60 daha az olduğu gösterilmiştir. Kronik böbrek yetmezliğinde meydana gelen proteinüriye ve glomerular zararın ilerlemesine karşı koruyucu etkisi olduğu belirtilmiştir. Hamilelikte alınan balık



ve balık yağının, bebeğin doğum ağırlığıyla pozitif ilişkili olduğu gösterilmiştir. Ayrıca gebelik sırasında balık tüketimi erken doğumu önlemekte ve düşük doğum ağırlığından korumaktadır. Kan EPA ve DHA yağ asitleri düzeyi düşük kişilerde depresyon riskinin yüksek olduğu bildirilmektedir. Günlük 10 g balık yağı tüketiminin sedef hastalığındaki cilt lezyonlarını düzelttiği gösterilmiştir. Balık yağının temel yağ asidi bileşenlerinden DHA dermis ve deri altı dokunun kalınlığını olumlu yönde etkilemektedir (Besler, 2005). İyot içeriği açısından özellikle guatr hastalığının tedavisinde iyotça zengin balık eti tüketimi önerilmektedir (Özalp, 2008). Omega-3 yağ asitlerinin varlığında kan akışının olumlu yönde geliştiği bildirilmiştir. EPA ile desteklenmiş beslenme ile periferik arter hastalığı olanlarda 2 ay içerisinde kan viskozitesinde önemli derecede azalma olduğunu belirtmektedirler. Buna ilaveten kılcal damarlardaki kan akış hızında da artış bulunmuştur (Turan ve ark., 2006).

1.4. Deniz Kirliliği ve İzlenmesinde Su Ürünlerinin Kullanılması

Denizler uzun bir süre atıkların çoğu için ideal bir deşarj yeri ve sınırsız kapasitedeki atık bölgeleri olarak görülmüşlerdir. Deniz deşarjı; gelişmiş ülkelerde de dahil olmak üzere birçok ülkede basit ve ucuz bir atık bertaraf seçeneği olarak geniş uygulama alanı bulmuştur. Endüstriyel atık suları, zirai kaynaklı sular ve evsel atık sularının akarsu ve sahil sularına deşarjı dünyanın birçok kesiminde giderek yaygınlaşmıştır. Bunun sonucu, sahil ortamlarında kirlilik hızla artarak, zehirli kimyasal maddelerin biyolojik birikimi ve su ortamlarında uzun süre kalmasına bağlı olarak ekolojik zehirlenme bugünkü kritik duruma gelmiştir. Bu kirlenme suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkilemektedir. Sucul kirliliği belirleyici bu özellikler izlenerek problemlerin çeşitli çözüm yollarına gidilmektedir.

Günümüze kadar, su ortamındaki kirlilikleri izlemede geleneksel metotlar olan suyun kimyasal analizleri kullanılmaktaydı. Ancak bu yöntemler su ortamındaki potansiyel kirliliği belirlemede yetersiz ve kirleticilerin su ortamında yaşayan canlılar üzerindeki etkilerini gösterememektedir. Bu nedenle sucul kirliliği belirlemede ve izlemede organizmalardan yararlanılmaktadır. Organizmalar onları çevreleyen ortam ile denge halinde yaşadığından bütünlleştirici örnekleme aracı olarak düşünülebilir. Ekosistemi oluşturan canlı grupları birbirine besin zinciri ile bağlıdır. Aldıkları besinleri enerjiye dönüştürüp kullanır, bir kısmını da depolayıp besin zincirinin bir üst halkasındaki canlıya aktarırlar. Kirlilik etkisini izleyebilmek için kirlilik tehdidi altındaki bölgenin canlı faunasının bilinmesi ve belirli aralıklarla kontrol edilmesi gerekmektedir. Bir ortamdaki kirlilik derecesinin belirlenmesi, gerek çevrede, gerekse o çevrede bulunan organizmalardaki zararlı kimyasal maddelerin miktarını belirleme yoluyla olmaktadır. Bu amaçla deniz ve diğer su ortamlarındaki kimyasal kirlilik seviyesini belirlenmesinde, su, sediment ve ortamda bulunan sucul organizmaların kimyasal maddebirikim miktarları oldukça önemlidir. Bıbirikim, hem sahil ortamındaki canlılar üzerinde metallerin muhtemel zararlı etkileri, hem de insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkileri açısından önemlidir. Bu sebeple biyoizleme programları (biyolojik izleme / biyomonitörleme) sahil bölgelerinde kirleticilerin geçici ve kalıcı biyokullanılabilirliklerini belirlemek için gereklidirler. Bazı organizmalar kirleticilerin alımı, atılımı ve biyokullanılabilirliğinin izlenmesinde ve toksik etkilerin belirlenmesinde indikatör olarak kullanılmakta ve bu sayede ortamın kirlilik seviyesi hakkında bilgi vermektedirler (Taylan ve Özkoç, 2007; Başçınar, 2009).

Ekosistemde canlılar arasındaki doğal dengeyi bozan ve başta su ortamları olmak üzere diğer çevresel ortamların kirlenmesine yol açan unsurlar;



- Metaller,
- Pestisitler,
- Halojenli (klor, brom, aromatik bileşikler vb.) bileşikler;
 - Halometanlar (Kloroform, bromoform),
 - Dioksinler (TCDD, PCDD, HCDD, OCDD)
 - Furanlar (TCDF, PCDF, HCDF, OCDF)
 - Poliklorobifeniller (PCB),
 - Polibromobifeniller (PBB),
 - Klorofenoller (PCP),
 - Klorlu naftalenler (Tetrakloronaftalen vb.),
- Poliaromatik Hidrokarbonlar (PAH),
- Nitril bileşikler (Asetonitril, glikonitril vb.),
- N-Nitrozo bileşikler (Nitrozaminler vs.) olarak sınıflandırılabilir (Kaya ve ark., 2002).

Bazı organizmalar toksik maddelerin alımı, atılımı ve biyokullanılabilirliğinin izlenmesinde ve toksik etkilerin belirlenmesinde indikatör olarak kullanılmakta ve bu sayede ortamın kirlilik seviyesi hakkında bilgi vermektedirler (Taylan ve Özkoç, 2007). Biyoizleme (biyomonitörleme); çevreyi değerlendirmek amacıyla insanda dahil doğal ve sentetik kimyasallara maruz kalmış organizmaların (biyoindikatör / biyomonitör) doku ve sıvılarının örneklem ve analizine dayanan bilimsel bir tekniktir (Zhou ve ark., 2008). Canlılığın gerekliliği olarak canlı organizma, yaşama ortamının dengesini bozan her etkene karşı cevap vermektedir. Canlıların bu temel özellikleri çevre kalitesini belirleme ve izleme çalışmalarında biyolojik yöntemlerin kullanımını ortaya çıkarmıştır. Bunun içinde “biyoindikatör” gruplar (biyolojik gösterge canlı) kullanılmaktadır. *Biyoindikatör*, çevresel kirliliğe yaşam fonksiyonlarını değiştirerek veya toksinleri vücudunda biriktirerek cevap veren canlıdır. Biyolojik indikatörler üç temel gruba ayrılmaktadır.

İndikatör tür veya belirtici tür: İndikatör tür, ekolojileri bilinen türler olup ekosistemde azalmaları ya da çoğalmaları ekosistem üzerine birçok etmenin (iklim değişikliği, çeşitli kirleticilerin ortama karışması gibi) baskısını gösterir.

Biyomonitörler: Çevrelerinden belirli bir süre içinde belli toksinleri vücuduna alan ve dokularında biriktiren bitki veya hayvan türleridir. Bu türlerin ortamdaki varlıklarının saplanması ile pasif olarak kullanımları ortam koşulları hakkında bilgi verir. Hassas ve biriktirici biyomonitörler olarak ikiye ayrılırlar.

Test organizmaları: Bunların ekosistem çalışmalarında kullanımları sınırlıdır. Test organizmaları ile yapılan deneylerle belirli maddelerle aynı ortamda bulunabilmeleri denenerek çeşitli testlerin standardizasyonu sağlanır (Kazancı ve Girgin, 1998).

Biyomonitörler, sularda mevcut kirleticilerin seviyelerinin zamana dayalı ölçümünü sağlayan, bölgenin sadece ölçülen zamanda değil daha öncesindeki kirlilik durumunu da yansıtan, rüzgâr, dalga, akıntı hareketleri gibi fiziksel etmenlerden etkilenmeyen, metali sürekli depolayan ve yüksek konsantrasyonlarda bünyesinde biriktiren organizmalardır. Bu özellikleri de kirleticilerin organizmadaki ölçülebilirliğini nispeten kolaylaştırır. İdeal biyomonitörler su ortamında aynı yerde kalmalı, yaşadıkları ortamda bol miktarda bulunmalı, tanımlanması kolay olmalı, analiz için yeterince büyük olmalı, fazlasıyla doku sağlamalı, uzun ömürlü, yer değişimine ya da laboratuvar çalışmalarına ve ortamdaki fizikokimyasal değişimlere dayanıklı (tuzluluk, sıcaklık, pH vs.) olmalı, en önemlisi de kirleticileri net olarak biriktirebilmelidir. Bunlara ilave olarak canlı yıl boyunca örneklemeye elverişli, herhangi bir forma, şekle vücudunu değiştirmemeli ve yüksek miktardaki kirleticileri tolere edebilmelidir. Biyomonitör organizma çevre kirleticileri için erken belirleyici indikatör organizmalardır, hasar önceden doğrudan ölçülebilir, diğer yöntemlerde olduğu gibi tahmin gerektirmez, kirleticiler biyolojik olarak



incelenebilir, deneyler daha basit ve hızlı, maliyet ise azami derecede azdır. Biyomonitör seçiminde, canlının biyolojisi, beslenme şekli, solunum şekli, solunum ürünü, yaşam şekli (suda yüzen, kayaya yapışık yaşayan vs.), üreme sezonu, yaşam süresi, popülasyon yaşı, yetişkinliğe ulaşma süresi, metal birikim kinetiği önemlidir (Taylan ve Özkoç, 2007). Su kalitesini belirlemede biyoindikatör olarak;

balıklar, taban büyük omurgasızları (kabuklular), algler, protozoalar, makrofitler, bakteriler (indikatör bakteriler) ve plankton (planktonik indikatör türler) gibi sucul canlılar kullanılmaktadır. Bu organizmalar gerek bu ortamdan beslenmeleri, gerekse yaşamaları nedeniyle kirliliğe yoğun bir şekilde maruz kalmaktadırlar (tablo 1.) (Kazancı ve Girgin, 1998; Başçınar, 2009).

Tablo 1. Akuatik Canlıların ksenobiyotikleri/organik kirleticileri başlıca alma yolları (Erkoç, 2010).

Balık	Solungaçlar	Bulundukları sudan (kirleticiler çözünmüş veya süspanse halde)
	Sindirim	Başlıca besinlerle
Akuatik memeliler	Sindirim	Başlıca besinlerle Az miktarda bulundukları sudan veya içtikleri sudan
Akuatik amfibiler	Sindirim	Başlıca besinlerle
	Deri	Az miktarda bulundukları sudan (kirleticiler çözünmüş veya süspanse halde)
Akuatik omurgasızlar	Sindirim	Başlıca besinlerle
	Solunum yüzeyleri	Bir miktar bulundukları sudan (kirleticiler çözünmüş veya süspanse halde)

1.5. Kirleticilerin Su Ürünlerinde Birikimi

Sucul organizmalar ve besin zincirindeki diğer canlılar bazı toksik maddeleri doku ve organlarında biriktirirler (Taylan ve Özkoç, 2007). Bu birikim süreçleri için “biyobirikim” (biyoakümülyasyon, biyokonsantasyon), “biyomagnifikasyon” gibi bazı terimler kullanılmaktadır.

Kirleticiler besin zincirini oluşturan organizmaların yaşadıkları ortamda maruz kalma ya da bunları içeren gıdaları tüketmeleriyle doku ve organlarında birikerek canlı için zararlı olabilecek miktarlara ulaşabilirler. Bu olaya “biyobirikim” (biyoakümülyasyon) adı verilmektedir. Biyolojik birikimi olan başlıca maddeler olarak DDT, PCB gibi organik kimyasallar, radyoaktif maddeler ve ağır metaller sayılabilir (Kaya ve ark., 2002; Türe ve ark., 2009).

Bu birikimin besin yolu dışında sadece çevreden (örneğin sudan alım) maruz kalma sonucu meydana gelmesine ise “biyokonsantasyon” adı verilmektedir.

Ekosistemdeki bazı kirleticilerin besin zincirine girdikten sonra zincirin en alt noktasından başlayarak en üst noktasında bulunan canlılara kadar her basamakta miktarının artarak birikmesi (organizmada değil besin zincirinde birikimi) ve zararlı etkiler meydana getirmesi süreci ise “biyomagnifikasyon” olarak adlandırılmaktadır. Biyomagnifikasyon organizmalarda hızlı bir şekilde metabolize olamamış ve atılamamış, uzun süre depolanmış (biyoakümülyatif-birikime eğilimli) toksinler sonucu meydana gelmektedir (Yarsan ve ark., 1995; Nowell ve ark., 1999; Kaya ve ark., 2002; MacDonald ve Ingersoll, 2002; EPA, 2010; Cincinnati BCERC, 2012).



SONUÇ ve ÖNERİLER

Su ürünleri dünya besin gereksinimin önemli bir kısmını karşılayan temel bir gıda endüstrisidir ve dünyada en hızlı büyüyen gıda sektörüdür. Ülkemizde su ürünlerinin % 75'i insan gıdası olarak tüketilmektedir. Türkiye; hayvansal ürün ihracatında en büyük grubunu oluşturan su ürünlerinden önemli ekonomik katkı sağlamakta ve istikrarlı bir büyüme göstermektedir. Bu sebeplerden dolayı bu türlerdeki kirleticiler, düzeylerine bağlı olarak gıda değeri ile insan sağlığı üzerinde, ekonomik değeri ile ihracatı geliri üzerinde ve ekolojik değerleri ile popülasyonları üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de kirlilik riski yüksek bölgeler bulunmaktadır. Olumsuz etkileri dolayısıyla kirlilik düzeylerinin kritik olduğu ya da olmadığı tüm bölgelerde kirleticilerin sürekli olarak izlenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu izlemede sadece ortamın kimyasal kirlilik düzeyinin ölçülmesi, kirliliğin canlılar üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde yetersiz kalmaktadır. Bu yüzden kirliliğin izlenmesinde en ideal yol; ortamdaki *"biyoindikatör"* (biyolojik gösterge) türler aracılığıyla periyodik şekilde *"biyoizleme"* (biyolojik izleme) yapılmasıdır. Biyoindikatör su ürünleri türleri; kirleticilerin birikim düzeylerini göstermeleri yanında, *"biyobirikim / biyoakümülyasyon / biyokonsantrasyon"* sonucu sucul canlılar üzerindeki etkileri ve *"biyomagnifikasyon"* sonucu besin zincirinin üst basamaklarındaki insan ve diğer canlılar üzerindeki olumsuz etkileri açısından da son derece önemlidir.

Su ürünleri türleri arasındaki kimyasal kirleticiler düzeyleri farklarının türlerin yaşam alanları farkından kaynaklandığı düşünülmektedir. Demersal ve Bentik (tabancıl) türlerin bazı kirleticilere daha yoğun maruz kaldıkları ve dolayısıyla kirleticilerin daha fazla biyobirikime uğradığı düşünülmektedir. Bu nedenle bu kirleticiler yönünden riskli ya da hamile, yaşlı veya genç bireylerin bazı demersal ve bentik türleri tercih etmemelerinin daha doğru olabileceği söylenebilir.

Bulundukları ortam için kirlilik yönünden

biyoindikatör ve aynı zamanda gıda değeri olan türler kirleticiler düzeyleri biyolojik olarak izlenerek tüketimi ile oluşabilecek riskler göz önünde bulundurulmalı ve kontrol altına alınmalıdır. Aksi takdirde ülkemiz için sosyal ve ekonomik açıdan telafisi güç büyük kayıplar kaçınılmaz olacaktır. Bu nedenle ilgili bakanlığa bağlı olarak kurulacak yeni ulusal bir *"Kirlilik İzleme Enstitüsü"* ya da çalışmaları yürütebilecek donanımına sahip bir enstitü bu konuda yetkilendirilmelidir. Eski ve güncel veriler bu merkezde toplanarak değerlendirilmeli ve yapılacak yeni çalışmalar bu merkezle kordineli olarak yürütülmeli, su ve su ürünlerindeki kirliliğinin neden ve sonuçları araştırılarak, izleme çalışmalarının doğruluğunun kontrolü ve kirliliğinin azaltılması ve önlenmesi noktasında geleceğe yönelik planlamaların yapılması sağlanmalıdır. Ayrıca biyoizleme sonucunda elde edilen verilerle risk analizleri yapılarak su ürünlerinin elde edildiği bölgelere ve türlere göre günlük ve haftalık kabul edilebilir alım miktarları hesaplanarak tüketicilerin daha bilinçli su ürünleri tüketmeleri teşvik edilmelidir.

Yazılı, görsel materyaller, bilimsel panel ve toplantılarla başta bilgi kirliliğinin önüne geçilerek ve son yıllarda ortaya çıkan su ürünleri tüketimi üzerindeki ön yargılar giderilmelidir. Kirlilik düzeyleri diğer türlere göre yüksek olan türlerin tüketimi ve meydana getirdikleri sağlık sorunları hakkında ilgili meslek grupları ve risk grubundaki tüketicilerin bilgilendirilmesinin yanında, kirlilik düzeyi düşük olan türlerin ise tüketimi teşvik edilerek artırılması, türlerin bu yönlerinin vurgulanarak dış pazarda daha yüksek fiyatlara alıcı bulmaları ile ihracat gelirinin artırılması noktalarında olumlu katkılar sağlayacaktır.

Ayrıca farklı bölgelerde avlanan türlerin kirlilik düzeylerinin farklı olması nedeni ile su ürünleri satışı yapılan yerlerde ürünlerin orijinlerinin etiketlerde belirtilmesi konusunda yasal yaptırımların artırılması; tüketicinin daha bilinçli ürün seçim yapabilmesi açısından oldukça önemlidir.



Kaynaklar

ANONİM. (1995). *Su Ürünleri Yönetmeliği*. 10.03.1995 tarih ve 22223 sayılı Resmi Gazete.

ANONİM. (2004). *Türkiye Çevre Atlası*. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı. Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı.

ANONİM. (2007). *Türkiye Çevre Durum Raporu*. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı. Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı. Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Planlama Genel Müdürlüğü.

ANONİM. (2008). *Toksikoloji*. Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi. Biyoloji Bölümü. Ders Notları.

ANONİM. (2011). *Su Ürünleri İstatistikleri*. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK).

ATAR, H., H., ATEŞ, C. (2009). *Türklerde Tarih Boyunca Su Ürünleri Avcılığı*. *Acta Turcica* 1: 269-281.

ATAY, D. (1995). *Su Ürünleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No:1427. Ders Kitabı 414. s.: 1-11.

BAŞÇINAR, N., S. (2009). *Bentik Canlılar ve Biyoindekatör*. *Tür. Sümae Yunus Araştırma Bülteni*. 9 (1): 5-8.

BESLER, T. (2005). *Balık Tüketimi ve Sağlık Etkileşimi*. Danone Danone Enstitüsü Türkiye Derneği.

CINCINNATI BREAST CANCER AND THE ENVIROMENT RESEARCH CENTER. (2012). *Glossary of Scientific And Medical Terms*. University of Cincinnati.

ÇAYHAN, G., G. (2009). *Doğu Akdeniz'den Avlanan Kefal (Mugil Cephalus L, 1758) Balığının Aroma-Aktif Bileşikleri*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Adana.

EUROSTAT. (2009). *Total Fishery Production*. European Commission Eurostat.

EPA. (2010). *Solid waste and emergency response glossary*. U.S. Environmental Protection Agency.

ERKOÇ, F. (2010). *Çevre Toksikolojisi*. Klinik Toksikoloji Kursu. 22-24 Aralık İstanbul.

FAO. (2010). *The State Of World Fisheries and Aquaculture*.

KAYA, S., PİRİNÇİ, İ., BİLGİLİ, A. (2002). *Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji*. Alınmıştır. 2. Baskı, Medisan Yayınevi. Ankara. s.: 203-776.

KAZANCI, N., GİRGİN, S. (1998). *Sucul Ekosistemlerin Çevre Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi ve İzlenmesinde Üç Temel Biyolojik Yaklaşım*. Doğu Anadolu Bölgesi III. Su Ürünleri Sempozyumu, 10-12 Haziran 1998, Erzurum. s:51-64.

KOCAMIŞ, Z., A. (2006). *Deniz Deşarjlarında Kirlilik Dağılımının Bilgisayar Destekli İncelenmesi*. Çukurova

Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Adana.

MACDONALD, D., D., INGERSOLL, C., G. (2002). *A guidance manual to support the assessment of contaminated sediments in freshwater ecosystems, Volume I, An ecosystem-based framework for assessing and managing contaminated sediments*: U.S. Environmental Protection Agency. p.:17

NOWELL, L., H., CAPEL, P., D., DILEANIS, P., D. (1999). *Pesticides in stream sediment and aquatic biota*. Water Resources of the United States.

ÖKTEM, B. (2007). *İthal Edilen Ton Balıklarının Histamin, Ağır Metal İçerikleri ve Mikrobiyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma*. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Edirne.

ÖZALP, B. (2008). *Bazı Su Ürünlerinin Bileşimi ve Değişik Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma*. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Konya.

ŞAHİN, Y. (2011). *İkv Değerlendirme Notu*. Ab Ve İş Dünyası: Balıkçılık Sektörü. İktisadi Kalkınma Vakfı.

TAYLAN, Z, S., ÖZKOÇ, H, B. (2007). *Potansiyel Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Akuatik Organizmaların Biokullanılabilirliği*. BAÜ FBE Dergisi. 9 (2): 17-33.

TÜRE, C., CANDAN, M., BÖCÜK, H., YÜCEL, H., KETENOĞLU, O., KURT, L., TÜRK, A., ÇİÇEK, A., YAMAÇ, E. (2009). *Ekoloji*. T.C Anadolu Üniversitesi. Yayın No: 1964. Editör: TÜRE, C. 1. Baskı s.:87

TURAN, H., KAYA, Y., SÖNMEZ, G. (2006). *Balık Etinin Besin Değeri ve İnsan Sağlığındaki Yeri*. JFAS. 23 (1/3): 505-508

TÜRK, N., YABANLI, M. (2006). *Balık, Balıkçılık Ürünleri ve İnsan Sağlığı*. I. Türkiye Zoonotik Hastalıkları Sempozyumu, 14-15 Kasım 2006, Ankara. s: 151-161.

YARSAN, E., BİLGİLİ, A., SAĞMANLIĞİL, H., ÇETİNKAYA, N. (1995). *Van Gölü Suyunun Doğal Kalitesi Ve Buradan Avlanan İnci Kefali (Chalcalburnus Tarrichi, Pallas 1811) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Düzeyleri*. Ankara Üniv. Vet. Fak. Derg. 42: 445-450.

YİPEL, M. (2012). *Akdeniz Antalya Körfezi'nde Avlanan Barbunya (Mullus barbatus, Linnaeus, 1758), Kefal (Mugil cephalus, Linnaeus, 1758) ve Yeşil Kaplan Karidesi (Panaeus semisulcatus, De Haan, 1844) Türlerinde Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi*. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Doktora tezi. Ankara.

ZHOU, Q., ZHANG, J., FU, J., SHİ, J., JİANG, G. (2008). *Biomonitoring: An appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem*. *Analytica Chimica Acta*. 606:135-150.