

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SU ÜRÜNLERİNE VE TÜKETİMİNE ETKİSİ

Sühendan Mol, Hande Doğruyol*

İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, İstanbul

Özet:

İklim değişikliği, günümüzde dünyanın karşılaştığı en büyük sorunlardan birisidir. Sera gazları, pestisitler ve ağır metaller, insan faaliyetleri sonucunda artmakta ve küresel ısınmada önemli rol oynamaktadır. Buna bağlı olarak suyun seviyesi, salinitesi ve sudaki oksijen düzeyi değişmekte, patojenler ve toksik algler küresel düzeyde yayılmaktadır. Son yıllarda yabancı türler ortaya çıkmış ve Türkiye sularında ani kitlesel balık ölümleri artmıştır. Karadeniz'in ısınması sebebiyle yakın bir gelecekte Türkiye sularında hamsi görmek mümkün olmayabilecektir. Su ürünleri sucul ortamlardaki değişimlere karşı çok hassas olduğundan iklim değişikliğinin, yetiştiricilik ve balıkçılık sektörlerinde zararlara neden olması kaçınılmaz hale gelecektir. Bunların yanı sıra, iklim değişikliği su ürünlerinin güvenilirliğini, çeşitliliğini, miktarını ve kalitesini tehdit ederek gıda kaynaklı hastalıkların artmasına neden olabilecektir. Bu sebeple, su ürünleri tüketimi azalacak ve su ürünleri işleme sektörü de bu durumdan olumsuz yönde etkilenecektir. Bu olumsuzlukların önüne geçilebilmesi için sera gazı emisyonlarının azaltılması ve destekleyici çevreci teknolojilerin yanında ülkelerin müşterek gıda güvenlik programları oluşturmaları gerekmektedir. Ayrıca iklim değişikliğinin su ürünleri tüketimi üzerindeki etkisi detaylı araştırılmalı ve bu konudaki çalışmalar desteklenmelidir. İklim değişikliği sonucu açığa çıkan tehlikeler Kritik Kontrol Noktalarında Tehlike Analizi (HACCP) çerçevesinde değerlendirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, Küresel ısınma, Sera gazları, Çevre, Su ürünleri, Balık

* Correspondence to:

Hande DOĞRUYOL, İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Ordu Cad. No:200 Laleli, İstanbul-TÜRKİYE

Tel: (+90 212) 455 57 00/16411 Fax: (+90 212) 514 03 79

E-mail: dogruyol@istanbul.edu.tr

Abstract: The Effect of Climate Change on Seafood and their Consumption

Problems such as economic losses due to fish diseases and infections, are the most important issue for the development of the fisheries sector. Current studies focus on the use of immunostimulants against fish diseases due to the fact that there is still no effective treatment for a few fish diseases and the available treatments possess additional stress for fish. In this review, the advantages and disadvantages of the immunostimulants used against fish diseases and studies on the current immunostimulants are summarized. Climate change is one of the greatest problems the world faces today. Greenhouse gases, pesticides and heavy metals have increased due to the human activities and played a key role in global warming. Therefore, level, oxygen content and salinity of the water have been changed and pathogens, toxic algae increased at the global scale. In recent years alien species occurred and sudden massive fish kills increased in Turkish waters. Anchovy may not be seen in Turkish waters in a closed future due to the warming of Black Sea. Since seafood are sensitive to the changes in aquatic environments, climate change will inevitably damage aquaculture and fishery sectors. Climate change will also threaten the safety, diversity, amount, quality of seafood and seafood-borne diseases will increase. Therefore, seafood consumption will decrease and seafood processing sector will be affected negatively. To avoid these negative conditions besides decreasing greenhouse gases emissions and supporting environmental technologies; governments must create collective food safety programs. The effects of climate change on seafood consumption must be well examined and studies on this subject must be supported. The hazards, occurred as the result of climate change, must be considered in Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) plans.

Keywords: Fish health, Fish diseases, Fisheries, Aquaculture, Immunostimulant

Giriş

İklim ortalamalarında ve özelliklerinde meydana gelen değişimlere iklim değişikliği denmektedir. İklim değişikliği çağımızın en önemli çevresel sorunu olup yaşam alanlarını, biyolojik çeşitliliği, besin zincirini, ekonomiyi ve insan yaşamını doğrudan etkilemektedir (Kılıç, 2008). İklim koşullarında meydana gelen değişimlerin "iklim değişikliği" olarak tanımlanabilmesi için söz konusu değişimlerin istatistiksel olarak belirlenebilmesi ve on yıllar veya daha uzun süreler devam etmesi gereklidir. İklim değişikliğinin etkileri yavaş yavaş küresel çapta bir ısınma ve beraberinde gerçekleşen fiziksel değişimler ile artan sıklıkta şiddetli hava olayları sonucu meydana gelmektedir (FAO, 2008a). İklim değişimine bağlı olarak buzulların erimesi, deniz suyu seviyesinin yükselmesi, ormanlarda ve tarım alanlarında azalma, şiddetli hava olaylarının sıklığının ve şiddetinin artması, çölleşme, düzensiz yağışlar, sel baskınları, kasırgalar görülecek; salgın hastalıklar artacaktır. İklim değişimi sonucu ortaya çıkacak olumsuz koşullar doğal kaynaklar ve ekosistemler üzerinde sosyal ve ekonomik baskı yaratarak gıda ve geçim kaynaklarını olumsuz yönde etkileyecek (FAO, 2008a), insanoğlunun gıda kaynakları, gıdanın çeşitliliği ve miktarı azalacaktır (Kılıç, 2008; Sağlam vd., 2008; Allison vd., 2009; Jonsson ve Jonsson, 2009).

İklim değişikliklerinin kalp, solunum yolu rahatsızlıkları, alerji, sıtma, ishal gibi hastalıkları artırması beklenmekte; iklim değişiminin önemli bir sonucu olan gıda kaynaklarındaki yetersizliğin de bunu tetikleyeceği düşünülmektedir (<http://www.wwf.org.tr>). İklim değişimi, insan neslinin sürebilmesi bakımından tehdit oluşturabilecek olumsuz etkileri nedeniyle günümüzün en büyük sorunlarının başında gelmektedir. Bu nedenle iklim değişikliğinin nedenlerinin anlaşılması, buna karşı alınabilecek önlemlerin belirlenmesi ve uygulanması konusunda anlaşmaların, bütçelerin ve planlamaların yapılması için uluslararası örgütlenmeler yapılmaktadır. Sera gazı miktarının denetlenmesi, daha çevre dostu sistemlerin ve teknolojilerin geliştirilmesi konusundaki çalışmalar önem kazanmıştır (<http://unfccc.int/meetings/>; Akisawa vd., 1999; Gilg, 2000; Windrum vd., 2009; Jingchao ve Kotani, 2012).

İklim değişikliğinin nedenleri

İklim değişikliği insan kaynaklı olabildiği gibi doğal nedenlerle de meydana gelebilir (Baede, 2007). Dünyanın yörüngesinde meydana gelen çok küçük değişimler, güneşin etkinliğindeki kısa ve uzun dönem değişimler, volkanik faaliyetler, dünyamızın manto katmanı üzerinde bulunan

tektonik plakaların hareketi, kıta kaymaları iklim değişiminin doğal nedenleri arasında sayılabilir (Aksay vd., 2005). Bununla birlikte, iklim değişiminin önemli bir bölümünden insanoğlu sorumludur.

Ülkelerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) son raporuna göre endüstriyel insan faaliyetleri küresel ısınmaya yol açmaktadır (Hollowed vd., 2009). İnsanlar tarafından atmosfere salınan karbondioksit ve diğer gazların sera etkisi yaratması küresel ısınmaya neden olarak dünya atmosferinin kimyasal yapısını 100-150 yıl öncesine göre fark edilir oranda bir değişikliğe uğratmıştır (Kılıç, 2008). Yeryüzüne ulaşan kısa dalga boylu güneş ışınları geriye dönerken atmosferdeki su buharı ve diğer gazlar tarafından tutularak uzun dalga boylu ısı ışınları şeklinde yeryüzüne geri yansıtılmaktadır. Bu durum güneş ışınlarıyla ısınan ve içindeki ısıyı dışarıya bırakmayan seraları andırdığından sera etkisi olarak adlandırılmaktadır (Aksay vd., 2008; Kılıç, 2008).

Atmofere salınan sera gazları iklim değişimine yol açan çok önemli unsurlardır. İnsan kaynaklı sera etkisinin %50-60'ı karbondioksitten kaynaklanmaktadır. Karbondioksit miktarı, sanayi devrimi öncesinden beri 700 yıldır yaklaşık olarak aynı seviyeyi (280 ppm) korumuşken; 1860'lardaki sanayi devriminden bu yana hızla artmış ve yaklaşık 350 ppm'e ulaşmıştır. Bu miktarın 2050 yılına kadar 450 ppm'e ulaşacağı öngörülmektedir (Aksay vd., 2005). Karbondioksit atmosfere fosil yakıtlarının, katı atıkların, ağaç ürünlerinin yakılması, ormanların yok edilmesi ve çimento imalatında olduğu gibi diğer kimyasal reaksiyonlar sonucunda salınır. Metan gazı ise kömür, doğal gaz, yağ üretimi ve taşınması sırasında salınmakta olup, hayvancılığın ve organik maddelerin bozunmasının da bu salınımına etkisi vardır. Zira ve endüstriyel insan faaliyetleri ile salınan bir diğer gaz da N₂O olup fosil yakıtları ile katı atıkların yanması sırasında ortaya çıkmaktadır. Ozonun yerine geçen gazlar olarak da nitelendirilen florinli gazlar ise atmosfere az miktarda salınmakla beraber büyük bir sera etkisine sahip olduklarından "küresel ısınma potansiyeli yüksek gazlar" olarak adlandırılırlar (<http://www.epa.gov>).

Gazların yanı sıra, ekosisteme karışan kirleticilerin de iklim değişikliğini tetiklediği bilinmektedir. Sulara boşaltılan endüstriyel kirleticiler ötrifikasyona yol açmakta, deniz taşımacılığının da sulara karışan kimyasal kirleticiler yönünden

etkisinin olduğu bildirilmektedir (Schiedek vd., 2007).

İklim değişiminin başlıca etkileri

Sıcaklık artışı

Dünyanın sıcaklığı son 30 yılda 0,6°C artmıştır (Hansen vd., 2006). Küresel ısınmada, özellikle son yıllarda görülen hızlı artışın küresel tehdit boyutuna ulaştığı ve gelecek yıllarda da önemli ölçüde hissedileceği anlaşılmaktadır (Sağlam vd., 2008). Küresel ısınmanın etkileri sonucu resifler, buzullar ve çeşitli ekosistemler büyük sorunlar yaşamaktadır. 2100 yılına kadar sıcaklıkta 3°C'lik bir artış beklenmekte olup, bu yıla kadar tüm insan kaynaklı etkiler durdurulabilse bile 1-2°C'lik bir artış öngörülmektedir. Her geçen yıl artan CO₂ miktarının iki katına çıkması durumunda ise 1.5- 4.5°C arasında bir artış yaşanması beklenmektedir (Aksay vd., 2005).

Sera etkisi ve ısınma nedeniyle atmosferin Arktik sınır tabakalarında daha sıcak ve nemli bir ortam oluşacak, bulutsuzlaşma artacak ve fırtına mevsimleri daha erken dönemde başlayıp daha uzun sürecektir. Nemlilikteki artış sonucu, dondurucu sis ve çiselemeler fazlalaşacak, okyanus yüzeyine yakın kısımlardaki tabakalaşmalar da artacaktır. İklimdeki değişiklikler, farklı coğrafik bölgelerdeki geniş canlı grupları üzerinde etkili olacaktır (Brass, 2002; Sağlam vd., 2008).

Isınma diğer olumsuz çevre koşullarının etkisini artırma yönünde de etkili olmaktadır. Küresel ısınmanın canlı yaşamını direkt etkilemesinin yanı sıra habitat yıkımlarına da yol açacağı bildirilmektedir. Bu açıdan küresel ısınma, ekosistem değişikliklerini de beraberinde getirebilecektir (Kılıç, 2008). Aksay vd. (2005) göre, küresel ısınma nedeniyle 2050 yılına kadar bitki ve hayvan türlerinin dörtte biri yok olacaktır.

Kirleticiler

Tüm dünyada endüstrinin gelişmesi insanoğluna birçok kolaylık getirmekle birlikte çevre kirliliğinin giderek artmasına yol açmıştır. İnsan faaliyetleri sonucunda çevreye birçok kimyasal kirletici bırakılmaktadır. Bunlar özellikle endüstriyel işlemler ya da tarımda kullanılmak üzere üretilen ya da yan ürün olan polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) gibi kalıcı doğal kirleticiler, cıva, kadmiyum, kurşun, bakır ve çinko gibi toksik metaller ve sentetik organik kimyasallardır (Marques vd., 2010). Kimyasal kirleticiler sucül ekosistemlere direkt karasal kaynaklı deşarj, nehir suları ya da drenaj, yerel ya da uzak kaynak-

lardan atmosfer birikimi ve gemiler ile girmektedir (Schiedek vd., 2007). Çoğu kirletici sedimentte birikerek uzun süreler kalmakta ve besin zincirinde üst düzeydeki predatörlerde yüksek konsantrasyonlara ulaşmaktadır; dolayısıyla da en sonunda insan sağlığını etkilemektedir (Marques vd., 2010). Su ürünlerinde özellikle kadmiyum, kurşun ve cıva en toksik metaller sınıfına girerler; ancak en toksik olanı metil cıvadır. Su ürünlerindeki toksik metaller bu organizmaların çeşitli fizyolojik süreçlerine etki ederek doku hasarlarına, rejenerasyon yeteneğinin yok olmasına, gelişim bozukluklarına, DNA gibi genetik materyalde hasarlara, üreme ve büyümede değişimlere neden olmaktadır (Jeziarska vd., 2009). İklim değişimine bağlı olarak yağış yoğunluğunun artmasıyla yıkanan toprağın suya geçişi ve beraberinde sulardaki kirletici miktarını fazlalaştırması beklenmektedir (Boorman, 2003).

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar, acısuların sediment ve biotasında bulunan kirleticilerin büyük bir kısmını oluşturan petrol türevleri olup kentsel bölgeler, atmosfer, atık sular, balast suları, rekreasyon aktiviteleri buralardaki birikimin başlıca kaynaklarıdır. PAH'lar, hidrofobik ve lipofilik olduğundan sedimentte ve deniz canlılarının dokularında yüksek miktarlarda birikme eğilimindedir (Weinstein, 2003). Tributyltin, nonylphenol, oestradiol gibi insan kaynaklı kirleticiler, canlıların endokrin sistemlerine zarar vererek büyük bir çevre sorunu haline gelmiştir. Bu kirleticiler popülasyonların üreme hormonlarını dolayısıyla da üreme verimini etkilemektedir. Endokrin sisteminin bozulması, balıklarda ve salyangozlarda cinsiyetin değişmesine, kuşlarda üremenin azalmasına neden olmakta, timsahlarda ve kutup ayılarında gonadların gelişimini olumsuz yönde etkilemekte hatta popülasyonda azalmalara, türlerin yok olmasına neden olabilmektedir (Wu vd., 2003). Ayrıca su ortamında bulunan kirleticilerin, düşük oksijen seviyelerinde yaşamak zorunda kalan su canlılarında hipoksiye olan toleransı düşürdüğü de bilinmektedir (Schiedek vd., 2007).

Dünyanın en büyük göllerinden olan Orta Asya'daki Aral Denzinde son yirmi yıldır hem doğal ayrışmadan hem de iklim değişikliğinden kaynaklı büyük bir çevre felaketi yaşanmaktadır. Aral Denizi bölgesinde tarımın iyi yönetilememesinden ve çölleşmeden dolayı toprağın, suyun ve yerel gıdaların yüksek oranda kalıcı organik kirleticiler ve dioksinle kontaminasyonu yerel halkın kritik sağlık problemleri ve sosyo-ekonomik etkiler ile yüz yüze kalmasına neden olmuştur (Tirado vd., 2010). Yapılan çalışmalar birçok bitki ve hayvan türünün daha yüksek sıcaklıklarda kimyasal kirleticilere olan hassasiyetlerinin arttığını göstermektedir (Khan vd., 2006; Noyes vd., 2009).

Derin okyanus sularında cıva konsantrasyonu tüm dünyadaki toplam miktarının %74'ünü içermekte olup, %24'ü okyanusun sığ sularında, %2'si ise atmosferde bulunmaktadır (Booth ve Zeller, 2005). Sucul ekosistemlerde cıva, potansiyel bir nörotoksin olan metil cıvaya dönüşerek besin zincirinde biyoakümüle olmakta, insanları ve vahşi hayatı etkilemektedir (Selin, 2009). Direkt deşarj ve atmosferik taşınım sonucunda metil cıva insan sağlığını bozmaktadır. Bu kirletici, geleneksel beslenme alışkanlıklarında yoğun şekilde su ürünleri tüketen toplumları da etkilemektedir (Booth ve Zeller, 2005). Metil cıva ilk olarak Japonya'nın Minamata şehrinde endüstriyel cıva deşarjları sonucu kontamine olmuş su ürünleri ile beslenen insanlarda sakatlık ve ölümler ile kendini göstermiştir (Ekino vd., 2007). Sıcaklık, sucul canlılarda metal alımını ve toksisiteyi etkileyen kritik bir faktördür; çünkü hem organizmanın fizyolojisine hem de ortamdaki metallerin kimyasına etki etmektedir. Okyanusların ısınması, cıvanın metilasyonunu kolaylaştırarak balık ve memelilerde metil cıvanın alımını her 1°C'lik artışta % 3-5 artıracaktır (Thomson ve Rose, 2011). Sıcaklık, ayrıca ağır metallerin deniz canlılarında solunumu engelleyici etkisini de arttırabilmektedir. Yüksek sıcaklıklarda, sudaki oksijen de azaldığından daha fazla oksijen alabilmek için canlıların su alımı da fazlalaşmaktadır. Bu da çözünmüş kimyasal kirleticilerin, canlıların bünyesine girişini arttırabilmektedir. Bu nedenle sıcaklık artışı metallerin emilim, dağılım, depolanma, eliminasyonu vb. etkilemektedir (Khan vd., 2006). Wang vd. (2005), artan sıcaklığa maruz kaldığında, oksijenin kısmi basıncının midyelerdeki kadmiyum ve çinko alımını belirgin bir şekilde arttırdığını ortaya koymuştur. İklim değişimine bağlı olarak oluşan sıcaklık artışının yanı sıra asit yağmurlarının oluşması da sudaki ağır metal konsantrasyonunu arttırmaktadır. Bu eş zamanlı meydana gelen olaylar, metallerin sudaki konsantrasyonunu arttırabilmekte ve böylece sucul organizmalar bünyelerine daha da fazla ağır metal almaktadır (Khan vd., 2006).

Pestisitlerin toksisitesini sıcaklığın yanı sıra salinitedeki artış da etkilemektedir. Etkinin şiddeti, hem organizmanın yaşam evresine hem de

kimyasal kontaminanta bağlıdır. Nitekim yapılmış olan bir çalışmada artan salinite ve sıcaklık kombinasyonunun insektisit ve fungusitin *Palaemonetes pugio* üzerindeki toksik etkisini artırdığı tespit edilmiştir. Toksikite, hem kimyasal kirleticilere hem de maruz kalan organizmanın yaşam evresine bağlıdır (DeLorenzo vd., 2009). Kirleticilerin yavrulara aktarılabilir oluşu bunların olumsuz etkilerini daha da önemli hale getirmektedir. Yapılmış çalışmalar sonucunda su ürünleri ile beslenen annelerin doğum sonrası emzirirken, kirleticileri, anne sütünden bebeklere kontamine ettikleri bildirilmiştir (Grandjean vd., 2003).

Su ürünlerinin metal zehirlenmelerine en hassas olduğu süreç döllenen sonra fingerling boya kadar olan süreçtir. Bunun sonucunda gelişim bozuklukları, embriyolojik ve larval şekil bozuklukları ve ölüm gerçekleşebilmektedir (Jezierska vd., 2009). Tüm bu nedenlerle son yıllarda sucul kaynaklardaki cıva, poliklorlu bifeniller (PCBs), dioksin gibi kirleticilerin varlığı batılı toplumlarda su ürünlerinin güvenilir tüketimi konusunda endişe yaratmaktadır (Booth ve Zeller, 2005).

Salinite

İklim değişimi nedeniyle deniz seviyesinin yükselmesi sonucu yer altı su havzalarına tuzlu suyun girişi artacak, yer altı sularında ve acı sularda tuzluluğun artması, insanlar için içme sularını, tarımı ve kıyısız alanlardaki ekosistemleri etkileyecektir. Gelişmekte olan ülkelerde yaşayan milyonlarca fakir insan iklim değişimine bağlı deniz seviyesinin yükselmesiyle gerçekleşen yeraltı sularındaki tuzluluğunun artmasından dolayı suyu sınırlı kullanmak zorunda kalacaktır (Tirado vd., 2010). Diğer yandan yağış düzeyinde oluşacak değişimler kıyı sularına ve nehir ağızlarına akarsu giriş miktarını değiştirerek saliniteyi ve buna bağlı olarak bu bölgelerde yaşayan canlıları etkileyecektir (Marques vd., 2010).

Salinite türlerin dağılım ve fizyolojisini etkileyen kritik bir faktör olduğundan, besin zinciri açısından ve insan tüketimi yönünden değerli ve önemli olan su ürünlerinin salinite değişimine maruz kalması ekonomik ve ekolojik açıdan olduğu gibi tüketim ve balıkçılık yönlerinden de önem taşımaktadır (Weinstein, 2003).

Zhang ve Wang (2007) yapmış oldukları çalışmada salinitedeki değişimin balıklarda metal alımını etkilediğini tespit etmişlerdir. Bu durum, salinite değişiminin su ürünlerinin sağ-

lıklı ve güvenilir olarak tüketilmesi konusunda etkili olduğunu göstermektedir.

Su seviyeleri ve akıntılar

Küresel ısınmanın etkileri, en açık şekilde kutuplarda görülmektedir. Arktik Araştırma Komisyonu'nun bildirdiği üzere, 2050 yılına kadar buzul alanlar yaklaşık olarak hacimce % 40 oranında azalacaktır. Bu azalma, buz örtüsüne bağlı olarak yaşayan canlılar için sorun yaratacakken erime ile meydana gelecek deniz suyu seviyesindeki yükselmeler taşkınlara, erozyona ve daha fazla sediment taşınmasına neden olacaktır (Sağlam vd., 2008). Bu yüzyılın başından beri deniz seviyesinde 20 cm'lik bir artış söz konusudur. 2100 yılına kadar da deniz seviyesinde 30-110 cm arasında yükselme beklenmektedir. Deniz seviyesinin yükselmesi kıyı ülkelerinde toprak kaybına ve kıyıya yakın temiz su kaynaklarının denizle birleşmesine neden olacaktır (Aksay vd., 2005). Alt yapı bakımından şiddetli hava olaylarına uyum programları, erken uyarı sistemleri olmayan kıyı ülkeleri ve küçük ada devletleri büyük risk altındadır (FAO, 2008a).

Nehir akışlarında yazın azalmalar ve kışında artışlar meydana gelerek, bu değişimler yüzey sediment yükü üzerinde etkili olacaktır. Değişen hidrolojik döngü sebebiyle artan sediment yükü kıyısız erozyonu da artıracak, tatlı su ve deniz suyu karışımı üzerinde etkili olup ışık geçirgenliğini azaltarak deniz suyunun kimyasal yapısını değiştirecektir. (Sağlam vd., 2008). Deniz suyunun yapısındaki değişikliklerin suda yaşayan canlıların yaşam koşullarını önemli derecede etkileyeceği ve bunun sonucunda da su ürünleri tüketimine olumsuz yönde yansıtacağı açıktır.

Deniz suyu sıcaklığını arttıran küresel ısınma taşıyıcı bant üzerinde de etkili olacaktır. Isınma taşıyıcı bantın alttan ve üstten giden akıntıları arasındaki sıcaklık farkını azaltacak olursa ve fazla yağış nedeniyle okyanusların tuzluluk oranı düşerse, bu akıntı sistemi durabilecektir. Okyanus tortulları üzerinde yapılan araştırmalar geçmişte bu akıntının birkaç kez durduğunu ortaya koymuştur. Bugün sistemin durması, Kuzey Avrupa ikliminde bir soğumaya neden olabilecektir. Küresel ısınmanın etkisi her yerde aynı olmayacağından iklim kuşaklarında, yaşam ortamlarında kaymalar meydana getireceği beklenmektedir (Aksay vd., 2005).

Sucul hipoksi

Sucul hipoksinin önemi, görülme sıklığı ve bölgeleri son yıllarda artmaktadır. Hızlı nüfus artışı ve küresel ısınmadan dolayı, durum büyük ihtimalle daha da kötüye gidecektir (Shang ve Wu, 2004). Ötrifikasyon ve organik kirleticiler, dünyada binlerce kilometrekarelik sucul sistemlerde hipoksiye neden olmaktadır (Wu vd., 2003). Özellikle kıyısız bölgeler ve acı sularda, gel-git olayında suların çekilmesi ile düşük oksijen seviyelerine adapte olmuş ve anaerobik enerji üretimleri sayesinde yaşayabilen türlerin, artan sıcaklıkla beraber dayanma sınırları zorlanacaktır. Omurgasız canlılar içerisinde hipoksi ve organik madde birikimine en duyarlı olanlar bu bölgelerde bulunan eklem bacaklı kabuklulardır (Schie-dek vd., 2007).

Hipoksi birçok sucul sistemde ve geniş alanlarda meydana gelmektedir. Sucul hipoksinin dünya çapında binlerce kilometrekareden fazla alanda görülmesi, balıklardaki endokrin salgılarının dengesinin bozulmasının ve üreme bozukluklarının yaygın bir çevre sorununa dönüşeceğine işaret etmektedir (Wu vd., 2003). Hipoksi sucul canlıları etkilemekte, popülasyonların azalmasına ve duyarlı türlerin yok olarak komünitelerin değişmesine neden olmaktadır (Shang ve Wu, 2004).

Hipoksinin sadece yetişkin balıkların üremesini etkileyen endokrin engelleyicisi olmadığı aynı zamanda embriyonik gelişimin başlangıcında cinsiyet hormonlarının dengesini bozduğu ve embriyonik gelişimde de şekil bozukluklarına neden olduğu bildirilmiştir. Yapılan çalışmalarda Sublethal düzeyde hipoksiye maruz bırakılan sazanan (*Cyprinus carpio*) embriyonik gelişiminde şekil bozukluklarının önemli ölçüde (%77.4) arttığı, embriyonik gelişimin geciktiği ve bu aşamada, cinsiyet hormonlarının (testosteron ve estradiol) dengelerinin bozulduğu, yumurtlama verimi ve sperm hareketliliğinin azaldığı, sonuç olarak da sonraki cinsel gelişimin etkilenebildiği bildirilmiştir. Hipoksik ortamın balıkların cinsiyet oranlarını değiştirebileceği ifade edilmiştir. Hipoksi ayrıca döllenme verimini azaltmış, endokrin hormonunu engellemiş ve gonad gelişimini belirgin ölçüde yavaşlatmıştır. Ayrıca kuluçkadan çıkma oranı ve larval evreyi atlatabilme verimini de düşürmüştür (Wu vd., 2003; Shang ve Wu, 2004).

Artan sıcaklıkla beraber sucul ortamlarda daha sık görülecek hipoksi, duyarlı canlıların azalmasına ve üreme bozukluklarına neden ola-

rak su ürünleri tüketiminde bir düşüş ortam hazırlayabilecektir.

Asidifikasyon

Okyanusların atmosferdeki insan kaynaklı karbondioksiti soğurması sonucu deniz suyundaki pH azalmakta ve okyanusların asiditesi artmaktadır. Okyanus yüzey sularının pH'sı endüstri devriminden bu yana 0.1 pH birimi azalarak 8.1'e düşmüştür. 2100 yılına gelindiğinde 0.2 -0.4 birim daha düşeceği öngörülmektedir. Bu süre içerisinde karbonat iyonu konsantrasyonunun da %10'dan daha fazla oranda azalması beklenmektedir. Deniz suyundaki karbonat konsantrasyonu hem biyojenik kalsiyum karbonatın, hem de çökelti veya çözünenlerin esas belirleyicisidir. Bu açıdan kalsiyum karbonat bakımından kabuklu organizmalar için endişe giderek artmaktadır. Özellikle aragonit kabuklar, kalsit olanlardan daha kolay çözünebilecektir (Jeffree, 2009).

İncelenen mercanların çoğunda kalsifikasyonun %56'ya varan oranlarda azaldığı belirtilmiş olup (Kleypas vd., 2006), artan sıcaklık ile kalsifikasyon azalabilmektedir. Bu yüzden mercan resiflerinin geleceği ile ilgili endişeler artmaktadır (Lejeune vd., 2009). Bu yeni sonuçlar, yakın gelecekte bazı kalsifiye ekosistemlere ve çok değerli ticari kabuklu su ürünlerine veda edilebileceğinin sinyallerini vermektedir. Belki de *Mytilus* spp. yakın bir gelecekte kabuk geliştiremeyecektir (Jeffree, 2009).

Çipura ve sübye yumurtaları ile larvalarında yapılmış olan çalışmalar okyanus asiditesinin artmasının ticari önemi olan bu iki türde hem morfolojik hem de fizyolojik etkileri olduğunu göstermektedir. Okyanus asiditesinin değişmesinin etkileri sonucu, ticari önemi olan su ürünlerinin, yetiştiricilik ve balıkçılık endüstrilerinde değerleri artacak; ancak bu ürünlerin hacmi daralacaktır. Okyanus asiditesi nedeniyle su ürünlerinde oluşabilecek azalma ve olası ekonomik kayıpların boyutu tespit edilmelidir. Okyanusların asiditesinin artmasının ekonomik değeri olan türlerde yaptığı zarar, halk sofrasına daha az balık ve su ürünü koyabildiğinde daha çok hissedilecektir. Bu nedenle su ürünleri tüketiminin geleceği açısından okyanus asiditesinin ekonomik değeri olan türler üzerindeki etkileri incelenmeli ve bu türlerle bağlantılı olan diğer türlerin de gelecekte asitli sulardaki durumları belirlenmelidir. Ticari açıdan değerli kabuklularda, çözünme veya azalan kalsifikasyon oranları karşılaştırılarak oransal

farklar belirlenmeli, türlerin okyanus asiditesine hassasiyet aralığı tespit edilmeli ve asidifikasyona dirençli türler üzerinden yetiştiricilik endüstrisine tavsiyelerde bulunulmalıdır. Su ürünleri üzerindeki negatif etkileri hafifletmek için karbon emisyonlarını durduracak öngörüler modellemelidir (Jeffree, 2009).

Hastalıklarda artış

Yüksek sıcaklık, deniz seviyesinin yükselmesi, aşırı yağış, seller ve suyun tuzluluğunun değişimi gibi faktörler insanlar için patojen olan *Vibrio* spp.'nin de dahil olduğu su mikroflorasını etkileyebilmekte, balast sularıyla taşınan *Vibrio* türleri sıcaklığın da artışıyla yayılım gösterebilmektedir (Martinez-Urtaza vd., 2010). Deniz suyundaki *V. parahaemolyticus*'un su sıcaklığı 25°C civarına ulaştığında 1000 hücre /100 ml'ye kadar çıkabildiği bildirilmiştir (Su ve Liu, 2007).

Son 10 yıldır, yüksek su sıcaklığı ortalamalarına sahip olan kuzey sularından avlanan istiridyelerin tüketilmesiyle meydana gelen *Vibrio parahaemolyticus* sporadik vakaları geniş salgınlara doğru yön değiştirmiştir (McLaughlin vd., 2005). Ayrıca geçtiğimiz on yılda *Vibrio parahaemolyticus*'un bir serotipi (O3:K6) belirmiş ve hızla yayılarak dünyada geniş çapta bir salgın meydana getirmiştir (Tirado vd., 2010). Diğer bakteriyel gıda kaynaklı hastalıklar da iklim değişiminden etkilenebilirler. *Clostridium*, *Vibrio*, *Aeromonas* spp. gibi gastroenteritise neden olan enterik patojenler yazın pik yapmakta, diğer bir ifadeyle ortam sıcaklığıyla pozitif ilişkiye geçmektedir (Tirado vd., 2010).

İklim değişikliği trematodların bulaşma döngüsünü de etkileyebilir. Zira konak ve parazitin yaşayabileceği sıcaklık aralığında sıcaklık artınca serkarya çıktısı da neredeyse iki katına çıkmaktadır. Bu nedenle iklim modellerindeki hava ve su sıcaklık tahminlerindeki ufak bir artış, trematodların sadece jeolojik dağılımını değil, birçok ekosistemde hastalık bulaştırıcı aşamalarda çoğalmalarını da arttıracaktır (Poulin ve Mouritsen, 2006).

İklim değişiminin sonucu artan sel olayları nedeniyle arıtılmamış kanalizasyon suları taşarak sulara karışabilmekte ve enterik virüs kontaminasyonu olasılığının artmasına neden olabilmektedir (Tirado vd., 2010).

Alg patlamaları

İklimdeki değişimlerin, zararlı alglerin uyum sağladığı bir denizel ortam yaratma ihtimali mevcuttur. İnsanoğlunun toksin üreten alglerle ilgili en büyük endişesinin nedeni, kabuklu su ürünleri ve balıkların tüketilmesiyle ortaya çıkan ve ölümcül olabilen zehirlenmelerdir. Her yıl dünyada kontamine olmuş kabuklu su ürünleri ve balık tüketilmesi nedeniyle 2000'e yakın gıda zehirlenmesi vakası bildirilmektedir. Bunların %15'i ölümcüldür. Kontrol edilemediği takdirde yerel tüketimdeki ve su ürünleri ihracatındaki düşüş dikkate değer bir ekonomik kayba neden olacaktır. (Hallegraeff, 2010).

Son otuz yıldır, zararlı alg patlamaları daha sık, daha yoğun ve daha yaygın hale gelmiştir. Kıyısız alanlarda yapılan yetiştiriciliğin artması, toksik alg türlerine karşı daha bilinçli olunması gerekliliğini doğurmaktadır. İnsanlar kıyısız alanlara boşaltılan kirleticilerin sınırlarından veya yetiştiricilik yönetiminden sorumludurlar. Çevreye sızan kimyasallara izin verilmesinin zararlı alg patlamalarını artıracığı veya komünite yapısındaki değişimin besin zincirini etkileyeceği gibi sonuçların farkında olmalıdırlar (Fleming vd.; 2006; Hallegraeff, 2010).

Toksik olmayan alg patlamaları bile, korunaklı körfezlerde anoksik ortamlar yaratarak balık ve omurgasızların ölümlerine neden olabilmektedir. Açık deniz balıkları yüzerek uzaklaşıp kurtulurken, bu durum yoğun yetiştiricilik yapılan bölgelerdeki balıklar için ölümcül olmaktadır (Hallegraeff, 2010). Nitekim Kuzey Doğu Atlantik'te kış aylarında artan deniz suyu sıcaklığı dinoflagellatların erken gelişmesine neden olduğu saptanmıştır (Tirado vd., 2010). Benzer olarak Güney Pasifik ülkelerinde de deniz suyu yüzey sıcaklığı ile ciguatera vakaları arasında istatistiksel olarak önemli korelasyonlar olduğunu bildirmiştir. Güney Pasifikte sıcaklıktaki artışa bağlı olarak 1990'da %3-7,5 insanda görülen ciguatera zehirlenmesinin 2050'ye kadar %16-43'e çıkacağı öngörülmektedir (Llewellyn, 2010).

Bir başka örnek de artan deniz suyu sıcaklığının yüzeydeki besin konsantrasyonunun azalmasına neden olarak küçük dinoflagellatları, daha büyük olan diatomlara karşı daha avantajlı konuma geçirmesidir. Böylece, bazı bölgelerde bölgesel iklim değişimi nedeniyle dinoflagellatların diatomlar üzerinde üstünlük sağlayacağı ve zararlı alg patlamalarına neden olan türlerin fazlalaşacağı olasıdır (Tirado vd., 2010). Zararlı alg

patlamalarına neden olan dinoflagellatlar hayat döngülerinde kist oluştururlar. Kistler deniz dibine çöker ve çevresel şartlar büyümeye uygun olduğu zaman açılarak bölgede yeniden tohumlanırlar. Bazı kistler on yıl boyunca canlı kalabilse de, büyüme ortamı çok hızlı olursa ya da deniz suyu yüzey sıcaklığında yükselme olursa kistler çok daha hızlı açılarak çoğalabilir ve patlamalara neden olabilir (Dale, 2001). Yine iklim değişikliğinin bir sonucu olarak deniz suyu sıcaklığı arttıkça, zararlı alg patlamalarının meydana geldiği yıllık geçici periyot da uzayabilecektir (Tirado vd., 2010). İklim değişiminin zararlı alg patlamalarına neden olan alglerin artması ve patlamaların görüldüğü mevsimlerin uzaması, bazı fitoplanktonların üremesinin pik yaptığı zamanın daha erken gerçekleşmesi gibi istenmeyen sonuçları vardır (Hallegraeff, 2010).

1990'lardan bu yana Kuzey Denizinde ve Kuzey Doğu Atlantik'te toksik zararlı alglerin miktarı önemli ölçüde artarak bunların patlamaları sonrasında dekompoze olmaları bentik bölgede ölümlere yol açan oksijen tükenmesine neden olmuştur (Edwards vd., 2006). Son 50 yıldır iklim değişikliğine bağlı olarak Avustralya sularında toksik türlerin potansiyel olarak yayılma aralığının genişleyebileceği öne sürülmüştür (Tirado vd., 2010). Yani hızlı sıcaklık artışına maruz kalan bölgeler alg patlamalarına karşı daha hassas olabilecektir. İklim değişimine bağlı olarak ortaya çıkan sıcaklık artışı normalde daha ılık sularda yaşayan zararlı alglerin kutuplara yayılmasını beraberinde getirebilecektir (Edwards vd., 2006). Bu da bazı denizel ve kıyısız alanlarda zararlı alg türlerinin sayısının artmasıyla sonuçlanabilecektir. Örneğin ciguatera zehirlenmesiyle ilişkili toksik tropik bir fitoplakton olan *Gambardiscus toxicus*'un artan deniz suyu yüzey sıcaklığı ve oluşan hortumların etkisiyle daha yüksek enlemlerde yayılması beklenmektedir (Moore vd., 2008; Llewellyn, 2010).

İnsan tüketimi açısından su ürünlerindeki biyotoksinlere çekilecek dikkat ve zararlı alg patlamalarını izleme programları önemlidir (Hallegraeff, 2010).

İklim değişikliğinin su ürünlerine etkisi

İklim değişikliğine bağlı olarak deniz ve tatlısu ekosistemlerinde oluşacak değişimlerin su ürünlerinin çeşitliliğini, sayısını ve kalitesini olumsuz yönde etkilemesi beklenmektedir (Holmes vd., 2009). Küresel ısınmanın farklı balıkçılık tiplerinde yaratacağı etkiler aşağıdaki gibi

sınıflandırılabilir (Brander, 2007; Sağlam vd., 2008).

Küçük içsu alanlarındaki etkiler: Çevresel faktörler değiştiğinde birçok balık türü daha soğuk sulara, kaynağa doğru veya daha derin sulara çekilme gibi davranışlarda bulunurlar. Fakat küçük nehir ve göllerde bu nitelikteki uygun sahalrı bulmak mümkün olmadığından çevresel değişimler bazı balıklar için bu tip su alanlarını yaşanılamaz hale getirebilir. Daha yüksek su sıcaklıkları ortaya çıktığında soğuk su balıkları azalırken sıcaklığa toleransı olanlar artacak, dolayısıyla bu sularda dengesiz ve tek yönlü bir popülasyon oluşabilecektir.

Büyük içsu alanları ve kıyı balıkçılığında etkiler: Bu bölgelerde etkilenecek en hassas türler, kıyısulak alanlarda üreyen ve yaşayanlardır. Kıyılarıdaki lagün ve bataklıklar yengeç, karides ve ekonomik açıdan önemli birçok balık türünün büyüme alanlarıdır. Üreme faaliyetlerinin çoğu bu tip sahaların açığındaki 15-30 m derinliklerde gerçekleşmekte olup suyun daha fazla yükselmesi halinde bu ortamlar özelliklerini kaybedecektir. Su seviyesinin yükselmesi kumsala yumurta bırakan bazı yengeç, deniz kaplumbağası, ayı balığı gibi türleri de olumsuz yönde etkileyecektir. Kıyısulak alanlarda yerleşik bulunan midye ve istiridye gibi sesil organizmalar, suyun yükselmesinden dolayı daha çok predatör baskısına maruz kalacaklardır. Koylarda yükselen su seviyesi ile birlikte artan su sıcaklığı ve azalan oksijen düzeyi balık ölümlerine sebebiyet verecektir. Bu türlere ek olarak kıta sahanlığında bulunan lüfer, orkinos, uskumru vb. diğer türler muhtemelen daha uygun yaşam alanlarına göç edeceklerdir.

Okyanus balıkçılığında etkiler: İklim değişikliğinin derin denizlerdeki balıkları diğer ortamlardaki balıklara göre daha az oranda etkileyeceği tahmin edilmektedir. Bununla birlikte okyanus bilimciler, küresel ısınmanın balıkçılıkta dalgalanmalar yaratan El Nino vb. olayları destekleyebileceğini düşünmektedir. Genel biyolojik aktivite yüksek sıcaklıklarda daha fazla olduğundan yüksek sıcaklıkların birçok alanda balıkçılığı zenginleştirmesi olasıdır. Bu açıdan, ortam yüksek miktarda besin ihtiva ettiği için balıkların büyümesi ve eşeyssel olgunluğa ulaşmaları da daha hızlı olacaktır. Ancak upwelling olarak adlandırılan derin okyanus suyunun yüzeye yükselmesi nedeniyle beklenen bu artışlar azalarak nispeten dengelenecektir.

İklim değişikliğinin su ürünlerine etkileri genel olarak özetlenecek olursa;

- Deniz suyu sıcaklıklarının yükselmesinin birçok su ürünü popülasyonunun dağılımını etkileyeceği sanılmaktadır (FAO, 2008b). İklim değişimine bağlı ısınma sonucunda bazı türler yüksek sıcaklıklara uyum sağlayamayıp ölebilir ya da daha uygun koşulların bulunduğu bölgelere göç etmek zorunda kalabilir (Macdonald vd., 2005). Nitekim dünya genelinde ılıman sularda yaşayıp kuzey bölgelerindeki denizlere göç eden birçok ekonomik deniz canlısı bulunmaktadır. Küresel ısınma ile bozulan ekolojik şartların etkisiyle güney yarım kürede bulunan balık türlerinin kuzey yarım küreye doğru yöneldikleri tahmin edilmektedir. Örneğin, Bering Denizi'nde kuzeye doğru bir biyocoğrafik yüklenme yaşanmaktadır (Sağlam vd., 2008).
- Su ürünleri embriyolojik ve larval gelişim evrelerinde çevresel etkilere çok duyarlı olduklarından iklim değişikliğine bağlı çevresel değişiklikler şekil bozukluklarına, mutasyonlara neden olacak ve sağ kalma oranını etkileyecektir (Shang ve Wu, 2004).
- Daha yüksek çevresel su sıcaklıkları, sudaki çözünmüş oksijeni azaltarak organizmalar üzerinde fizyolojik strese yol açabildiği gibi (Downs vd., 1997) tür çeşitliliğinin azalmasına da yol açabilir (Sağlam vd., 2008).
- Kısa kış dönemi ve yüksek su sıcaklıklarına bağlı olarak su sütununda zeminden yüzeye besin taşınımı azalabilir veya ortadan kalkabilir. Bu sabit bir tabakalaşmaya yol açarak okyanuslardaki besin zinciri verimliliğinde azalmalara neden olabilir (Sağlam vd., 2008).
- Kıyısulak bölgelerde yaşayan balıkların deniz suyu seviyelerindeki yükselmeler sonucunda deniz ortamına taşınan kirleticilerden etkilenmeleri beklenmektedir (Valle vd., 2007).
- Yağış miktarı değişimine bağlı tatlı su akışı ve göl seviyelerindeki değişimler bu bölgelerdeki canlıların yaşam ve üreme faaliyetlerini olumsuz yönde etkileyecektir (Marques vd., 2010).
- İklim değişimine bağlı olarak sulardaki patojen mikroorganizmalar, zararlı algler, toksik maddeler artacak ve bu su ürünlerinin çok

daha fazla kontamine olmasına yol açacaktır (Marques vd., 2010).

- Sucul canlılar iklim değişikliğine karşı özellikle savunmasızdır; çünkü bu canlıların metabolizmaları su sıcaklığı, tuzluluk ve oksijen düzeylerinden önemli düzeyde etkilenir. Bu nedenle yetiştiriciliği yapılan su ürünlerinin iklim değişimine bağlı olarak değişen çevresel koşullardan olumsuz yönde etkilenmesi, mutasyon ve ölüm oranının artması, hastalıklara karşı dirençsizlik, üreme bozuklukları gibi sorunlar nedeniyle yetiştiricilik sektörünün büyük zorluk yaşaması beklenmektedir (Tirado vd., 2010). Nitekim FAO (2008a) iklim değişikliğinin yetiştiricilik sektörüne yönelik önemli bir tehdit olduğunu bildirmiştir.
- Sıcaklık ve yağış değişimlerinin fazla olduğu bölgelerdeki küçük nehirler ve göllerde stok dağılımı ve avlanabilir balık miktarının, dolayısıyla balıkçılığın olumsuz yönde etkilenmesi beklenmektedir. Daha sonra da büyük nehirler ve göllerdeki balıkçılık faaliyetleri, lagün balıkçılığı ve açık deniz balıkçılığı etkilenecektir (Sağlam vd., 2008). İklim değişikliği balık avcılığının sürdürülebilirliği konusunda bir tehdittir (FAO, 2008a).

Su ürünleri açısından Türkiye'deki etkileri

Ülkelerarası İklim Değişim Paneli (IPCC) Küresel İklim Modelleri ile yapılan değerlendirmelere göre, 2030 yılında Türkiye'nin büyük bir kısmı, oldukça kuru ve sıcak bir iklimin etkisine girerek sıcaklıkların kışın 2°C, yazın ise 2-3°C arasında bir değerde artacağı bildirilmiştir. Yağışların ise kışın %10'luk bir artış gösterirken, yaz mevsiminde %5-15 azalacağı ve yazın toprak neminin de %15-25 düşeceği tahmin edilmektedir. Akdeniz havzasındaki su seviyesinde 2030 yılına kadar 12-18cm'lik, 2050 yılına kadar 14-38 cm'lik ve 2100 yılına kadar 35 - 65 cm'lik bir yükselme ön görülmektedir (Aksay vd., 2005).

Küresel ısınmanın etkisi 1940'lı yıllardan itibaren Türkiye denizlerinde kendisini göstermeye başlamış olup, Süveyş Kanalı yoluyla Hint Okyanusu ve Kızıl Deniz kökenli canlılar denizlerimize ulaşmıştır. 59 balık türünün Akdeniz'e bu yolla girdiği bilinmektedir. Akdeniz ve Ege Denizi'ndeki yumuşak mercan sayısının son yıllarda hızla azalmasının da küresel ısınma ve asidifikasyonla bağlantılı olduğu bildirilmiştir. Ülkemiz sularında iklim değişikliğine bağlı olarak işgalci

türlerin arttığı da bilinmektedir. Örneğin deniz salyangozu deniz ticaretinin artması ile birlikte Karadeniz'de görülmeye başlamıştır. Organik kirliliğin artması, küresel ısınma, ötrifikasyon gibi faktörler taraklı medüz gibi türlerin artmasıyla sonuçlanmıştır (Sağlam vd., 2008). Küresel ısınma ve tropikalleşme etkisiyle Akdeniz ve Karadeniz'e gelen yabancı türlerin sayıları ve özellikleriyle ilgili ülkemizde bir veri bankası oluşturulduğu takdirde ekolojik gelişmelerle ilgili önümüzdeki dönemlerde daha doğru tahminlerin yapılabilmesi mümkün olacaktır (Kılıç, 2008).

Sakarya Nehri ve İzmit Körfezi'nde görülen kitle halinde balık ölümlerinin su sıcaklığının artması, kirlilik, su seviyesinin yükselmesi, suda oksijen yetersizliği gibi iklim değişikliğine bağlı faktörlerden önemli derecede etkilendiği düşünülmektedir. Göl sularının ısınması da yeşil alg patlamalarının daha sık meydana gelmesine neden olmuştur. Ülkemiz balıkçılığı için büyük önem taşıyan hamsi balıkları Kuzey Karadeniz sularının ısınması ve besin üretiminin artması ile birlikte daha ısınmış Güney Karadeniz yerine kuzey sularında kalmayı tercih edebilecekler ve ülkemiz kıyı sularına gelmeyeceklerdir. Bu balık üretimimizin % 80'ini sağlayan kaynağın ortadan kalkacağı anlamına geldiğinden ülke ekonomisi ve balıkçılarımız için çok ciddi bir sorun teşkil edecektir (Sağlam vd., 2008).

Gıda olarak su ürünlerine etkileri

İklim değişikliğinin su ürünleri tüketimine ve su ürünleri işleme sektörüne etkileri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- İklim değişikliği su ürünleri yetiştiriciliği ve sağlığını, balıkçılık, gıda ticaretini, gıda ve yem üretimini, işleme gibi sektörleri olumsuz yönde etkileyebilecektir. Bu etkilerin ekonomik, sosyal ve çevresel sonuçlarının yanı sıra halk sağlığına etkileri de olabilecektir.
- İklim değişikliği, gıda kontaminasyonunu ve gıda kaynaklı hastalıkları artıracığından üretilen ve avlanan su ürünlerinin daha sağlıklı olmasına yol açarak gıda güvenliğini negatif etkilemektedir. Bu durum tüketicinin su ürünlerine olan bakışını da olumsuz yönde etkileyeceğinden su ürünleri tüketiminden kaçınılır olmasına yol açabilecektir (Tirado vd., 2010).
- İklim değişikliği, birincil üreticiden tüketime kadar besin zincirinin çeşitli basamaklarında

gıda güvenlik tehlikelerinin meydana gelmesine neden olabilmektedir. Sıcaklık ve yağış düzenindeki değişimler, şiddetli hava olaylarının meydana geliş sıklığı ve yoğunluğu, okyanusların ısınması ve asiditesinin artması ve kirleticilerin başka yerlere taşınması gıda güvenliğini tehdit eden koşulları oluşturmaktadır (Allison vd., 2009; Merino vd., 2010; Tirado vd., 2010).

- İklim değişimine bağlı olarak sulardaki toksik alglerin artışı kabuklu zehirlenmesi sıklığının, şiddetinin ve görüldüğü bölge sayısının artmasına yol açacaktır (Van Dolah, 2000; Lejeune vd., 2009). Bunun sonucu olarak zehirlenme vakaları artacak, su ürünlerinin sağlıklı olarak avlanabildiği bölge sayısı ise azalacaktır.
- Sularda *Vibrio* sp. gibi patojen türlerin artması bunlarla kontamine olmuş su ürünlerinin tüketimi sonrasında insan sağlığının olumsuz yönde etkilenmesi ile sonuçlanacaktır (Paz vd., 2007; Rose vd., 2001). Bu durum tüketicinin su ürünleri yeme konusunda daha endişeli olmasına, hatta tercih etmemesine neden olabilecektir.
- Parazitlerin yüksek sıcaklıkta daha fazla gelişme göstermesi de bunları daha fazla içerecek olan su ürünlerinin tüketimi ve işlenmesi ile ilgili sorunları ortaya çıkaracaktır (Marques vd., 2010).
- Benzer olarak sulardaki pestisit, ağır metal gibi kirleticilerin artması da su ürünlerinin güvenli olarak tüketilmesi yönünden önemli bir engel oluşturacaktır (Miraglia vd., 2009).
- Balıkçılık ve yetiştiricilik sektörlerinin iklim değişikliği nedeniyle değişen çevresel faktörlerden olumsuz etkilenmesi nedeniyle insanların tüketebileceği gıda stokunun ve çeşitliliğinin azalması söz konusu olacaktır (Fleming vd., 2006).
- Asidifikasyon sonucu kalsifikasyonun azalması ve bunun sonucunda kabuklu su ürünlerinin kabuk oluşturmaması, gelişmemesi ve giderek sofralarda görülemez hale gelmesi söz konusu olabilecektir (Jeffrey, 2009).
- Sıcaklık artışı ve yağış düzenindeki değişimler bakteri, virüs, parazit ve mantarların dayanıklılık ve görülme sıklığını artıracığından bunlar da gıda kaynaklı hastalıkların ar-

tışı ile sonuçlanacaktır (Marques vd., 2010; Tirado vd., 2010).

- İklim değişikliği mevsimsel belli biyolojik süreçleri ve deniz ve tatlı sulardaki besin zincirini değiştirerek istilacı türlerin ve taşıyıcı ile bulaşan hastalıkların artmasına yol açabilecektir (FAO, 2008a; Cheung vd., 2010).
- Sucul kaynaklara bağımlı toplumlar, geçim zorluklarıyla, gıda olarak su ürünlerinin miktarı veya kalitesinde azalma sorunuyla ve kendi sağlıklarını riske atma gibi durumlarla karşılaşabilirler. Üretim ve pazarlama maliyetlerinin artması da diğer istenmeyen sonuçları oluşturabilecektir (FAO, 2008a).
- İklim değişikliği sonucunda patojen, parazit, virüs, kirletici, hastalık artışı olacağından su ürünleri işletmelerinde HACCP planı dahilinde tehlike analizleri yapılırken bu faktörlerin dikkate alınması ve kritik kontrol noktalarının buna göre belirlenmesi büyük önem taşıyacaktır.
- İklim değişimin su ürünlerini kalitesinde, miktarında, güvenilirliğinde yaratacağı etkilerin iyi değerlendirilerek türlerdeki olası değişikliklerin ön görülmesi, yeni pazarlama imkanlarının ve işleme metotlarının geliştirilmesi, balıkçılık ve yetiştiricilik sektörlerine yönelik önlemlerin alınması gerekli olup, bu koşulların iyi değerlendirilmesi su ürünlerini tüketimi ve su ürünleri ekonomisi açısından büyük önem taşımaktadır (FAO, 2008a; Allison vd., 2009).

İklim değişikliğini önlemek ve etkileri azaltmak için yapılabilecekler

1992'de ülkemizin de arasında bulunduğu ve dünyada birçok ülkenin katıldığı UNFCCC (Birleşik Devletler İklim Değişikliği Çerçeve Anlaşması) ile atmosferdeki sera gazı konsantrasyonunun ve iklim değişikliğine yol açan insan kaynaklı uygulamaların azaltılması amaçlanmıştır. Japonya'da 11 Aralık 1997'de oluşturulan ve 2005'te aktif olarak yürürlüğe giren bir uluslararası iklim değişikliği çerçeve anlaşması olan Kyoto protokolünde ise başlıca endüstri ülkelerinin sera gazı salınımını azaltmaları yönünde kararlar alınmıştır (http://unfccc.int/kyoto_protocol). Daha sonra 2009'da yapılan Kopenhag iklim değişikliği konferansında da gelişmiş ülkeler sera gazı salınımını azaltan faaliyetleri destekleyeceklerini be-

yan etmişlerdir (<http://unfccc.int/meetings>). Günümüze kadar bu konuda birçok görüşmeler yapılmış, kararlar alınmış, uygulamalar başlamıştır. Bugün de dünyanın birçok yerinde her yıl iklim değişikliği üzerine uluslararası toplantılar düzenlenmekte ve bu konuda neler yapılmakta olduğu, yapılabileceği konuşularak alınması gereken önlemler tespit edilmektedir. Sadece 2011 yılında Brezilya'da, Bangkok'ta, Güney Afrika'da, Bangladeş'te, ABD de, İtalya'da, Almanya'da, Sri Lanka'da, Sao Paulo'da yapılan konferanslar bu konuya verilen önemi ortaya koymaktadır.

Küresel ısınma ve iklim değişikliği yeryüzündeki yaşamı tehdit eden büyük bir tehlikedir. Bu konudaki duyarlılığın dünya çapında yaygınlaşması ve bilimsel araştırmalar ile önleyici tedbirlerin bir an önce alınması gerekmektedir (Sağlam vd., 2008). İklim değişikliğinin sonuçlarından olan insan kaynaklı küresel ısınmanın azaltılabilmesi için karbondioksit emisyonlarını düşürmek büyük önem taşımaktadır (Kılıç, 2008).

Sera gazlarının atmosfere salınmasının azaltılması, küresel ısınmanın önlenmesinde birinci derecede önemli bir strateji olmalıdır. Önümüzdeki 10 -20 yıl içerisinde sera gazlarının emisyonunu azaltmak için erken ve güçlü bir adım atılmalıdır (Jeffrey, 2009). Küresel ısınma ve onun doğuracağı değişimlerin indirgenebilmesi için CO₂'nin küresel emisyonunun %20-50 azaltılması gerektiği bildirilmiştir. Antropojenik CO₂ emisyonunun yaklaşık % 70'i fosil yakıtların kullanımıyla ilgili olup enerjinin korunması, yeterliliği ve jeotermal enerji, rüzgar enerjisi gibi alternatif enerji kaynakları ile güneş enerjisi ile ilgili enerji planlaması yapılması bu emisyonu azaltacaktır. Fosil yakıt vergisini artırmak, toplu taşımacılığı teşvik etmek, otomobil kullanımını azaltmak, daha az enerji gerektiren teknolojileri kullanmak, bina, araç ve aletlerde yüksek yakıt ekonomisi sağlayan standartları seçmek atmosferde CO₂ emisyonu azaltmak için düşünülebilecek diğer fikir ve politikalar (Aksay vd., 2005).

Ormanların yok edilmesi de atmosferdeki CO₂ düzeyinin yüksek olmasının diğer bir nedeni olup, tarım alanları açmak amacıyla ormanların yakılması atmosferdeki insan kaynaklı karbon emisyonunun yaklaşık %20'sinden sorumludur. Dolayısıyla ormanları korumak küresel ısınma tehdidini azaltacaktır (Aksay vd., 2005).

İklim değişikliğinin gıda güvenliğine etkileri üzerine hala anlaşılması gereken çok konu olup, olası yeni zorluklara karşı hazırlıklı olunmalıdır. Gıda kaynaklı hastalıkların oluşmasının önlenmesi için eylem planları oluşturulmalı, olası hastalık ve zehirlenme vakalarında durumun hızlıca değerlendirilerek yayılmanın önlenmesi ve kontrol altına alınması gerekmektedir. Besin zincirinin her aşamasında ortaya çıkabilecek mikrobiyolojik tehlikelerin bilincinde olunmalı; kontrol sisteminin iyileştirilmesi için matematiksel modelleme, kompleks mikrobiyal toplulukları karakterize etmek için yeni bilimsel uygulama araçları, gıda kaynaklı patojenlerin ve hastalıkların izlenmesi için yeni araçlar oluşturulmalı; hayvan sağlığı ve salgın hastalık gözetimleri güçlendirilmeli ve gıda güvenliği - halk sağlığı - veteriner sağlık hizmetleri arasındaki koordinasyon geliştirilmelidir (Tirado vd., 2010).

İklim değişikliğinin zararlı alg patlamalarının görülme sıklığını artırması ve patlamalara neden olan alglerin uyum sağladığı denizel bir ortam yaratabilmesi, hükümetlerin kabuklu ve mikroalg izleme programlarını geliştirmelerini ve toksikolojik veri oluşturma konusunda düzenli ve planlı şekilde harekete geçmelerini gerektirmektedir (Erdner vd., 2008). Bu global bir sorun olduğundan bölgesel ölçekte çalışılmakta olan zararlı alg patlamalarının ulusal ve uluslararası izleme programlarında incelenmesi ve küresel iklim değişiminin etkilerinin öğrenilmesi bakımından gerçek zamanlı gözlem stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Moore vd., 2008).

Okyanusların ısınmasının ve asiditesinin artmasının sucul canlılarda kirleticilerin biyoakümüülasyonu, besin zincirinin yapısı ve dağılımı üzerine etkileri, fiziksel, biyokimyasal ve sucul canlıların jeolojik dağılımı açısından daha fazla araştırma yapılmasını gerektirmektedir. Gelecekteki iklim değişikliğinin sucul biyota üzerindeki etkisini inceleyen çok az çalışma mevcuttur ve sucul üretimin gelecekte nasıl gerçekleşeceği, besin tedarikinin ne durumda olacağı, su canlılarının artan sıcaklık, CO₂, hastalık, kirletici, toksik alg, düşük oksijen ortamına vereceği tepkiler için araştırmalar yapılarak bir veritabanı oluşturulmalıdır (Kleypas vd., 2006).

İklim değişikliğinin etkilerini anlamak ve etkilere hazırlıklı olmak "tarladan sofraya" besin zincirinde tüm sektörlerin ortak çalıştığı disiplinlerarası bir yaklaşım gerektirmektedir. Bu disiplinler arası çalışmalar ile iklim değişikliğinin halk sağlığı ve gıda güvenliğine etkileri daha ge-

niş kapsamlı ele alınmalıdır. Ülkeler FAO/WHO rehberliğinde gıda güvenliği yönetimi programlarını koordinasyon ve yönetim, yasal yapı, denetim, gözlem, deneysel ve denetsel servisler, eğitim, bilgilendirme ve iletişim konularında güçlendirmelidir (Tirado vd., 2010). HACCP planlarında iyi hijyen uygulamaları hayata geçirilirken iklim ve diğer faktörlerin değişikliğinden etkilenen kimyasal ve mikrobiyolojik tehlikelerin meydana gelme oranı ve yaygınlığının daha iyi anlaşılması gerekmektedir (Hall vd., 2002).

Su ürünleri işleme sektörünün, ham materyal alımı sırasında, iklim değişiminin etkilerinin daha fazla görüldüğü bölgelerden avlanmış toksik alg, pestisit, ağır metal kontaminasyonuna maruz kalmış su ürünlerine karşı daha dikkatli ve farkında olması, mutlaka menşei belgesi alması gerekmektedir. Su ürünleri tüketicisinin sağlığını korumak amacıyla iklim değişimine bağlı olarak artabilecek sorunlar olan patojen bakteri ve parazitlerin kontrolü konusunda çalışmalar yapılmalı, teknikler geliştirilmelidir. İklim değişikliği sonucunda özellikle kimyasal ve mikrobiyolojik tehlikelerin artacağı ve değişeceğinin farkında olunarak HACCP planlamalarında bunlarla ilgili düzenlemelerin yapılabilmesi, mevcut HACCP sisteminin etkinliğinin düzenli olarak kontrol edilmesi, gerektiğinde düzenlemelerin yapılması gereklidir. İklim değişikliğinin gıda güvenliği üzerindeki etkisine ilişkin yeni bilgiler edinildikçe hükümet, endüstri ve tüketici birlikleri, mevcut önlemlerin yeniden gözden geçirilip güncellenmesini sağlamak durumundadır (Tirado vd., 2010).

Sonuç

İklim değişimi su ürünleri yetiştiricilik, avcılık ve pazarlama sektörlerini olduğu gibi işleme sektörünü de önemli ölçüde etkileyecek; su ürünlerinin sağlıklı olarak işlenip tüketilmesi önünde engel oluşturabileceğinden tüm ülkelerce bunu oluşturan etkenlerin azaltılması yönünde genel ve özel önlemler alınmalıdır. Yaşanan ekolojik sorunlar incelenmeli, bunların etkileri ve balıkçılık kaynaklarının korunması konusunda yapılacak çalışmalara destek sağlanmalıdır. İklim değişikliğinin tüketime sunulacak olan su ürünlerinin kalitesi ve güvenilirliği konusundaki etkileri incelenerek bu etkilerin azaltılması yönünde araştırmalar yapılması, ham materyal temininde bu faktörlerin göz önünde bulundurulması, işleme sektörünün HACCP planlarında bu etkiler sonucu ortaya çıkabilecek tehlikelerin çok iyi değerlendirilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- Akisawa, A., Kang, Y.T., Shmazaki, Y., Kashiwagi, T., (1999). Environmentally friendly energy system models using material circulation and energy cascade—the optimization work, *Energy*, **24**: 561-578.
doi: [10.1016/S0360-5442\(99\)00023-7](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(99)00023-7)
- Aksay, C.S., Ketenoğlu, O., Kurt, L., (2005). Küresel ısınma ve iklim değişikliği, Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi, **25**: 29-41.
- Allison, E.H., Perry, A.L., Badjeck, M.E., Adgers, W.N., Brown, K., Conway, D., Halls, A.S., Pilling, G.M., Reynolds, J.D., Andrew, N.L., Dulvy, N.K., (2009). Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries, *Fish and Fisheries*, **10**(2): 173-196.
doi: [10.1111/j.1467-2979.2008.00310.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00310.x)
- Baede, A. M. P. (2007). Climate change 2007 – The physical science basis. *Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel for climate change (Glossary, Appendix I)*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- Boorman, D.B., (2003). LOIS in-stream water quality modelling, Part 2, Results and Scenarios, *The Science of the Total Environment*, **314–316**: 397-409.
doi: [10.1016/S0048-9697\(03\)00065-2](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00065-2)
- Booth, S., Dirk, Z., (2005). Mercury, food webs, and marine mammals: Implications of diet and climate change for human health, *Environmental Health Perspectives*, **113**(5): 521–526.
doi: [10.1289/ehp.7603](https://doi.org/10.1289/ehp.7603)
- Brander, K.M., (2007). Global fish production and climate change, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **104**(50): 19709-19714.
doi: [10.1073/pnas.0702059104](https://doi.org/10.1073/pnas.0702059104)
- Brass, G.W., (2002). Arctic Ocean climate change. US Arctic Research Commission Special Publication No. 02-1, Arlington, VA, 14p. Dale, B., (2001). The sedimentary record of dinoflagellate cysts: looking back

- into the future of phytoplankton blooms, *Scientia Marina*, **65**(Suppl.2) : 257-272.
- Cheung, W.W.L., Lam, V.W.Y., Sarmiento, J.L., Kearney, K., Watson, R., Zeller, D., Pauly, D. (2010). Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change, *Global Change Biology*, **16**(1): 24–35.
doi: [10.1111/j.1365-2486.2009.01995.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01995.x)
- DeLorenzo, M.E., Wallace, S.C., Danese, L.E., Baird, T.D., (2009). Temperature and salinity effects on the toxicity of common pesticides to the grass shrimp, *Palaemonetes pugio*. *Journal of Environmental Science and Health Part B*, **44**(5): 455–460.
doi: [10.1080/03601230902935121](https://doi.org/10.1080/03601230902935121)
- Downs, S.G., Macleod, C.L., Lester, J.N., (1997) Mercury in precipitation and its relation to bioaccumulation in fish: A literature review, *Water, Air, and Soil Pollution* **108**(1-2): 149–187. doi:10.1023/A:1005023916816.
- Edwards, M., Johns, D.G., Leterme, S.C., Svendsen, E., Richardson, A.J., (2006). Regional climate change and harmful algal blooms in the northeast Atlantic, *Limnology and Oceanography*, **51**(2): 820–829.
doi: [10.4319/lo.2006.51.2.0820](https://doi.org/10.4319/lo.2006.51.2.0820)
- Ekino, S., Susa, M., Ninomiya, T., Imamura, K., Kitamura, T., (2007). Minamata disease revisited: An update on the acute and chronic manifestations of methyl mercury poisoning, *Journal of the Neurological Sciences*, **262**(1-2): 131–144.
doi: [10.1016/j.jns.2007.06.036](https://doi.org/10.1016/j.jns.2007.06.036)
- Erdner, D., Dyble, J., Parsons, M.L., Stevens, R.C., Hubbard, K.A., Wrabel, M.L., Moore, S.K., Lefebvre, K.A., Anderson, D.M., Bienfang, P., Bidigare, R.R., Parker, M.S., Moeller, P., Brand, L.E., Trainer, V.L., (2008). Centers for oceans and human health: a unified approach to the challenge of harmful algal blooms, *Environmental Health*, **7**(Suppl 2): s2.
doi: [10.1186/1476-069X-7-S2-S2](https://doi.org/10.1186/1476-069X-7-S2-S2)
- Fleming, L.E., Broad, K., Clement, A., Dewailly, E., Elmir, S., Knap, A., Pomponi, S.A., Smith, S., Gabriele, H.S., Walsh, P., (2006). Oceans and human health: Emerging public health risks in the marine environment, *Marine Pollution Bulletin*, **53**: 545-560.
doi: [10.1016/j.marpolbul.2006.08.012](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.08.012)
- Food and Agriculture Organization (FAO), (2008a). Selected issues in fisheries and aquaculture (Part 2), The State of World Fisheries and Aquaculture, 87-109, FAO, Rome. <http://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0250e/i0250e02.pdf> (07.01.2012).
- Food and Agriculture Organization (FAO), (2008b). http://www.fao.org/ag/agn/agns/files/HLC1_Climate_Change_and_Food_Safety.pdf (12.01.2012).
- Gilg, A.W., M. Battershill, M., (2000). To what extent can direct selling of farm produce offer a more environmentally friendly type of farming? Some evidence from France, *Journal of Environmental Management*, **60**(3): 195-214.
doi: [10.1006/jema.2000.0383](https://doi.org/10.1006/jema.2000.0383)
- Grandjean, P., Budtz-Jørgensen, E., Steuerwald, U., Heinzow, B., Needham, L., Jørgensen, P., Weihe, P., (2003). Attenuated growth of breast-fed children exposed to increased concentrations of methylmercury and polychlorinated biphenyls. *The Journal of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, **17**: 699–701.
doi: [10.1096/fj.02-0661fje](https://doi.org/10.1096/fj.02-0661fje)
- Hall, G.V., D'Souza, R.M., Kirk, M.D., (2002). Foodborne disease in the new millennium: out of the frying pan and into the fire, *The Medical Journal of Australia*, **177**(11/12): 614-618.
- Hallegraeff, G.M., (2010). Ocean climate change, phytoplankton community responses, and harmful algal blooms: A formidable predictive challenge, *Journal of Phycology*, **46**(2): 220-235.
doi: [10.1111/j.1529-8817.2010.00815.x](https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2010.00815.x)
- Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo, K., Lea, W.D., Medina-Elizalde, M., (2006). Global temperature change, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **103**(39): 14288-14293.
doi: [10.1073/pnas.0606291103](https://doi.org/10.1073/pnas.0606291103)

Hollowed, A.B., Bond, N.A., Wilderbuer, T.K., Stockhausen, W.T., A'mar, Z.T., Beamish, R.J., Overland, J.E., Schirripa, M.J., (2009). A framework for modelling fish and shellfish responses to future climate change, *ICES Journal of Marine Science*, **66**: 1584-1594.

doi: [10.1093/icesjms/fsp057](https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp057)

http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php (08.01.2012)

http://unfccc.int/meetings/copenhagen_dec_2009/meeting/6295.php (05.01.2012)

<http://www.wwf.org.tr/page.php?ID=25> (05.01.2012)

<http://www.epa.gov/climatechange/emissions/index.html> (05.01.2012)

Jeffree, R.A., (2009). Ocean acidification: A prognosis and treatment for this eclipsing issue in marine ecotoxicology, *Integrated Environmental Assessment and Management*, **5**(1): 173-175.

doi: [10.1897/1551-3793-5.1.173.b](https://doi.org/10.1897/1551-3793-5.1.173.b)

Jeziarska, B., Lugowska, K., Witeska, M., (2009). The effects of heavy metals on embryonic development of fish (a review). *Fish Physiology and Biochemistry*, **35**(4): 625-640.

doi: [10.1007/s10695-008-9284-4](https://doi.org/10.1007/s10695-008-9284-4)

Jingchao, Z., Kotani, K., (2012). The determinants of household energy demand in rural Beijing: Can environmentally friendly technologies be effective?, *Energy Economics*, **34**(2): 381-388.

doi: [10.1016/j.eneco.2011.12.011](https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.12.011)

Jonsson, B., Jonsson, N., (2009). A review of the likely effects of climate change on anadromous Atlantic salmon, *Salmo salar* and brown trout, *Salmo trutta*, with particular reference to water temperature and flow, *Journal of Fish Biology*, **75**: 2381-2447.

doi: [10.1111/j.1095-8649.2009.02380.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2009.02380.x)

Khan, M.A.Q., Ahmed, S.A., Catalin, B., Khodadoust, A., Ajayi, O., Vaughn, M., (2006). Effect of temperature on heavy metal toxicity to juvenile crayfish, *Orconectes immunis* (Hagen), *Environmental Toxicology*, **21**(5): 513-520.

doi: [10.1002/tox.20213](https://doi.org/10.1002/tox.20213)

Kılıç, A., (2008). Küresel ısınmanın su canlıları üzerine muhtemel etkileri, *Kemaliye 5.Geleneksel Su Ürünleri Bilimsel ve Kültürel Platformu (Ulusal)*, Erzurum.

Kleypas, J.A., Feely, R.A., Fabry, V.J., Langdon, C., Sabine, C.L., Robbins, L.L., (2006). Impacts of ocean acidification on coral reefs and other marine calcifiers: A guide for future research. Report of a workshop sponsored by NSF, NOAA, and the US Geological Survey. 88 pp.

Lejeune, C., Chevaldonne, P., Pergent-Martini, C., Boudouresque, C.F., Thierry Perez, T., (2009). Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea, *Trends in Ecology and Evolution*, **25**(4): 250-260.

doi: [10.1016/j.tree.2009.10.009](https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.10.009)

Llewellyn, L.E., (2010). Revisiting the association between sea surface temperature and the epidemiology of fish poisoning in the South Pacific: Reassessing the link between ciguatera and climate change, *Toxicon*, **56**(5): 691-697.

doi: [10.1016/j.toxicon.2009.08.011](https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2009.08.011)

Marques, A., Nunes M.L., Moore, S.K., Strom, M.S., (2010). Climate change and seafood safety: Human health implications, *Food Research International*, **43**(7): 1766-1779

doi: [10.1016/j.foodres.2010.02.010](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.02.010)

Macdonald vd., (2005). Macdonald, R.W., Harner, T., Fyfe, J., (2005). Recent climate change in the Canadian Arctic and its impact on contaminant pathways and interpretation of temporal trend data, *Science of the Total Environment*, **342**: 5-86.

doi: [10.1016/j.scitotenv.2004.12.059](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.12.059)

Martinez-Urtaza, J., Bowers, J.C., Trinanes, J., DePaola, A., (2010). Climate anomalies and the increasing risk of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* illnesses, *Food Research International*, **43**(7): 1780-1790.

doi: [10.1016/j.foodres.2010.04.001](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.04.001)

McLaughlin, J.B., DePaola, A., Bopp, C.A., Martinek, K.A., Napolilli, N.P., Allison, C.G., Murray, S.L., Thompson, E.C., Bird, M.M., Middaugh, J.P., (2005). Outbreak of

- Vibrio parahaemolyticus* gastroenteritis associated with Alaskan oysters, *The New England Journal of Medicine*, **353**: 1463-1470.
doi: [10.1056/NEJMoa051594](https://doi.org/10.1056/NEJMoa051594)
- Merino, G., Barange, M., Mullon, C., Rodwell, L., (2010). Impacts of global environmental change and aquaculture expansion on marine ecosystems, *Global Environmental Change*, **20**: 586-596.
doi: [10.1016/j.gloenvcha.2010.07.008](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.07.008)
- Miraglia, M., Marvin, H. J. P., Kleter, G. A., Battilani, P., Brera, C., Coni, E., Cubadda, F., Croci, L., De Santis, B., Dekkers, S., Filippi, L., Hutjes, R.W.A., Noordam, M.Y., Pisante, M., Piva, G., Prandini, A., Toti, L., Born, G.J., Vespermann, A., (2009). Climate change and food safety: An emerging issue with special focus on Europe, *Food and Chemical Toxicology*, **47**(5): 1009-1021.
doi: [10.1016/j.fct.2009.02.005](https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.02.005)
- Moore, S.K., Trainer, V.L., Mantua, N.J., Parker, M.S., Laws, E.A., Backer, L.C., Fleming, L.E., (2008). Impacts of climate variability and future climate change on harmful algal blooms and human health, *Environmental Health*, **7**(Suppl 2): S2.
doi: [10.1186/1476-069X-7-S2-S4](https://doi.org/10.1186/1476-069X-7-S2-S4)
- Noyes, P.D., McElwee, M.K., Miller, H.D., Clark, B.W., Van Tiem, L.A., Walcott, K.C., Erwin, K.N., Levin, E.D., (2009). The toxicology of climate change: Environmental contaminants in a warming world, *Environment International*, **35**(6): 971-986.
doi: [10.1016/j.envint.2009.02.006](https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.02.006)
- Paz, S., Bisharat, N., Paz, E., Kidar, O., Cohen, D., (2007). Climate change and the emergence of *Vibrio vulnificus* disease in Israel, *Environmental Research* **103**(3): 390-396.
doi: [10.1016/j.envres.2006.07.002](https://doi.org/10.1016/j.envres.2006.07.002)
- Poulin, R., Mouritsen, K.N., (2006). Climate change, parasitism and the structure of intertidal ecosystems. *Journal of Helminthology*, **80**: 183-191.
doi: [10.1079/JOH2006341](https://doi.org/10.1079/JOH2006341)
- Rose, J.B., Epstein, P.R., Lipp, E.K., Sherman, B.H., Bernard, S.M., Patz, J.A., (2001). Climate variability and change in the United States: Potential impacts on water and food-borne diseases caused by microbiological agents, *Environmental Health Perspectives*, **109**(Suppl 2): 211-221.
doi: [10.2307/3435011](https://doi.org/10.2307/3435011)
- Sağlam, N.E., Düzgüneş, E., Balık, İ., (2008). Küresel ısınma ve iklim değişikliği, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, **25**(1): 89-94.
- Schiedek, D., Sundelin, B., Readman, J.W., Macdonald, R.W. (2007). Interactions between climate change and contaminants, *Marine Pollution Bulletin*, **54**: 1845-1856.
doi: [10.1016/j.marpolbul.2007.09.020](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.09.020)
- Selin, N.E., (2009). Global biogeochemical cycling of mercury: A review, *The Annual Review of Environment and Resources*, **34**: 43-63.
doi: [10.1146/annurev.enviro.051308.084314](https://doi.org/10.1146/annurev.enviro.051308.084314)
- Shang, E.H.H., Wu, R.S.S., (2004). Aquatic hypoxia is a teratogen and affects fish embryonic development, *Environmental Science and Technology*, **38**(18): 4763-4767.
doi: [10.1021/es0496423](https://doi.org/10.1021/es0496423)
- Thomson, B., Rose, M., (2011). Environmental contaminants in foods and feeds in the light of climate change, *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, **3**(1): 2-11.
doi: [10.1111/j.1757-837X.2010.00086.x](https://doi.org/10.1111/j.1757-837X.2010.00086.x)
- Tirado, M.C., Clarke, R., Jaykus, L.A., McQuatters-Gollop, A., Frank, J.M. (2010). Climate change and food safety: a review, *Food Research International*, **43**(7): 1745-1765.
doi: [10.1016/j.foodres.2010.07.003](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.07.003)
- Valle, M.D., Codato, E., Marcomini, A., (2007). Climate change influence on POPs distribution and fate: A case study, *Chemosphere*, **67**(7): 1287-1295.
doi: [10.1016/j.chemosphere.2006.12.028](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.12.028)

Van Dolah, F.M., (2000). Marine algal toxins: origins, health effects, and their increased occurrence. *Environmental Health Perspective*, **108**(Suppl. 1): 133-141.

doi: [10.1289/ehp.00108s1133](https://doi.org/10.1289/ehp.00108s1133)

Wang, J., Chuang, C.H., Wang, W.X., (2005). Metal and oxygen uptake in the green mussel, *Perna viridis*, under different metabolic conditions, *Environmental Toxicology and Chemistry*, **24**(10): 2657-2664.

doi: [10.1897/05-109R.1](https://doi.org/10.1897/05-109R.1)

Weinstein, J.E., (2003). Influence of salinity on the bioaccumulation and photoinduced toxicity of fluoranthene to an estuarine shrimp and oligochaete, *Environmental Toxicology and Chemistry*, **22**(12): 2932-2939.

doi: [10.1897/02-531](https://doi.org/10.1897/02-531)

Windrum, P., Tommaso, C., Birchenhall, C., (2009). Environmental impact, quality, and price: Consumer trade-offs and the development of environmentally friendly technologies, *Technological Forecasting and Social Change*, **76**(4): 552-566.

doi: [10.1016/j.techfore.2008.04.012](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.04.012)

Wu, R.S.S., Zhou, B.S., Randall, D.J., Woo, N.Y.S., Lam, P.K.S., (2003). Aquatic hypoxia Is an endocrine disruptor and impairs fish reproduction, *Environmental Science and Technology*, **37**(6): 1137-1141. **doi:**

[10.1021/es0258327](https://doi.org/10.1021/es0258327)

Zhang, L., Wang, W.X., (2007). Waterborne cadmium and zinc uptake in a euryhaline teleost, *Acanthopagrus schlegeli*, acclimated to different salinities, *Aquatic Toxicology*, **84**(2): 173-181.

doi: [10.1016/j.aquatox.2007.03.027](https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2007.03.027)