



# İÇSULARDA SİYANOBAKTERİ ARTIŞLARI VE OLUŞTURDUĞU RİSKLER

Cyanobacterial blooms and their risks in freshwaters

Hacer Merve KOCA\*<sup>1</sup>

Prof. Dr. Ayşe Nilsun DEMİR <sup>1</sup>

Prof. Dr. Mehmet Tahir ALP <sup>2</sup>

\*Sorumlu Yazar: [hmervekoca@gmail.com](mailto:hmervekoca@gmail.com)


<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, ANKARA

<sup>2</sup>Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, İç Sular Biyolojisi Anabilim Dalı, MERSİN

**ORCID** (Yazar Sırasına Göre):

 0000-0002-2538-9388

 0000-0002-3895-7655

 0000-0003-2639-4549

Gönderilme Tarihi: 9 Mayıs 2019

Kabul Tarihi : 8 Temmuz 2019

## ÖZET

Siyanobakterilerin aşırı çoğalmaları sıklığı giderek artan ve tüm su kaynaklarını tehdit eden önemli bir sorundur. Su kütlelerinde organik kirlenme sonucu oluşan ötrofikasyon göl ve baraj göllerinin su kalitesinin bozulmasına ve siyanobakteriyel artışların oluşumuna ortam hazırlamaktadır. İnsanlarda çeşitli hastalıklara, kuş ve sucul canlılarda ölümlere sebep olan toksin üreticisi 40 farklı siyanobakteri türü bilinmektedir. Bu toksinler etkilerine göre hepatotoksin, nörotoksin ve dermatotoksinler olarak ayrılmaktadır. Bu derlemede, siyanobakterilerin aşırı artışları ve içsularında oluşturduğu riskler tartışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Siyanotoksin; göl; baraj gölü; mikrosistin; mavi-yeşil alg artışları

## Abstract

Cyanobacterial blooms are increasing frequency and threatening water sources worldwide. Eutrophication caused by organic pollution in water bodies provides an environment for the deterioration of water quality and the formation of cyanobacterial increases in lakes and reservoirs. 40 species of cyanobacteria are known as producers of some toxins responsible for a wide array of health problems, dangerous for aquatic organisms and responsible for bird kills. These toxins are divided as hepatotoxin, neurotoxin and dermatotoxins according to their effects. In this review, cyanobacterial blooms and risks in inland waters will be discussed.

**Key Words:** Cyanotoxin; lake; reservoir; microcystin; blue-green algal blooms

## GİRİŞ

İnsan nüfusunun hızla çoğalması, mevcut su kaynaklarının kirlenmesiyle birlikte kullanılabilir nitelikteki suya olan talebi de artırmıştır. Kullanılabilir su kaynaklarının kısıtlı olması nedeniyle sucül ekosistemlerin su kalitesine yönelik çalışmalar önem kazanmıştır.

Organik kirlenme ve ötrofikasyon, siyanobakteriler ve toksinlerinin önemli bir işarettir. Arıtılmamış ve organik olarak kirlenmiş suların su kütlelerine boşaltılması ötrofikasyonun başlıca nedenlerinden biridir. Ötrofikasyon, su kalitesinin bozulmasına ve siyanobakteri oluşumuna ortam hazırlamaktadır.

Aşırı alg artışı ve ötrofikasyon, kullanılabilir su kaynaklarını azaltmakta ve sularda oluşan toksinler sucül canlılar ve insanlar için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Siyanobakteriler, renklerinden dolayı mavi-yeşil alg olarak adlandırılmaktadır.

Bilinen en eski organizmalara ait kanıtlara göre siyanobakteriler günümüzden 3,5 milyar yıl öncesine kadar denizlerde yaşayan, prokaryotik hücre yapısına sahip ilk fotosentetik canlılardır (1). Yaklaşık 150 siyanobakteri cinsi ve 2000 tür tanımlanmıştır. Bunların en az 40'ının toksik olduğu belirlenmiştir (2). Sucül ortamlarda yıl boyunca yüksek sayılarda bulunmaları da uygun koşullar altında aşırı çoğalmalar yaparak ortamın dominant alg grubunu oluştururlar. Siyanobakterilerin, genellikle yaz aylarının sonuna doğru ve erken sonbaharda, sakin ve güneşli hava koşullarında, besin tuzlarıyla zenginleşmiş sularda alg sayısının ani olarak artması ve su üzerinde bir tabaka oluşturması "bloom" olarak tanımlanmaktadır (3).

Spirulina sp. gibi bazı mavi-yeşil alg türlerinin aşırı artışı, tropik bölgelerde insanlar için bir besin kaynağı olarak kullanılmalarından dolayı yararlı sonuçlar doğururken, Microcystis, Planktothrix, Anabaena, Aphanizomenon, Anabaenopsis, Nostoc, Nodularia, Cyndrospermopsis gibi aşırı çoğalan cinslerden bazıları toksin üretme yeteneğine sahiptirler. Siyanotoksin olarak adlandırılan bu maddeler, siyanobakteriler tarafından üretilen sekonder metabolitlerdir (4). Üretilen toksinler insanlarda ve diğer canlılarda hastalıklara hatta ölüme yol açabilmektedir (5). Siyanobakteriyel toksinlerin çok çeşitleri vardır. Bunlar içinde en yaygın zehirlenme etkeninin

mikrosistin-LR olduğu tespit edilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) siyanobakteri toksinleri açısından sağlık risklerini dikkate alarak içme sularının maksimum toksin sınırını 1 µg/L olarak belirlemiştir (6).

## **SIYANOBAKTERİLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ**

Siyanobakteriler basit hücre yapısına sahip prokaryotik organizmalardır ve organelleri ve plastidlerinin olmayışı gibi çeşitli özellikleri ile ökaryotlardan ayrılırlar. Siyanobakterileri diğer alg gruplarından ayıran ve bakterilere yaklaştıran özellikleri prokaryot oluşları, hücre çeperlerinin mürein yapısı ve azot fikse etme yeteneğine sahip özelleşmiş hücrelerinin (heterosist) bulunuşudur (3). Pigment olarak klorofil a ve en az bir fikobilin sentezleme yeteneğine sahiptirler (7). Hücre çeperi selüloz ve pektinden oluşmuştur. Yedek besin maddesi glikojen ve proteinlerden siyanofisin ile volitindir (8).

Siyanobakteriler, su, karbondioksit, inorganik bileşikler ve ışığa ihtiyaç duyan anaerobik metabolizmaya sahip fototrof mikroorganizmalardır (9). Ana primer üreticiler olmaları nedeniyle biyosferde oldukça önemli görevleri vardır (1). Bazı türleri “heterosist” adı verilen az sayıda özelleşmiş hücre ile azot fiksasyonu yaparak besince fakir ortamlarda bile gelişebilmekte ve böylece ortamın verimliliğini artırmaktadırlar(10). Tarımygulamalarında, toprağın azot seviyesinin artırılması amacıyla azot fikse eden bazı siyanobakteri türleri gübre olarak kullanılmaktadır (11). Bunun yanı sıra, ipliksi formlarda ipliği (trikom) teşkil eden hücreler arasında vejetatif hücrelerden “akinet”

denilen spor hücrelerini geliştirme yeteneğine sahiptirler. Akinetler uygun olmayan koşullarda siyanobakteri türlerinin hayatta kalmalarından sorumlu mekanizmalardan biridir (12).

Pek çok siyanobakteri türü sitoplazmik karakterde ve içi gaz ile dolu silindirik yapıda gaz keselerine sayesinde su içinde dikey olarak yer değiştirebilmektedir (13). Üremeleri ise vejetatif ya da sporla üreme şeklindedir, eşeyli üreme görülmemektedir (14).

## **TOKSİK SIYANOBAKTERİ TÜRLERİ VE TOKSİNLERİN CANLILAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Algler rekabete dayalı ortamlarda dağılım gösterdiklerinden bir takım adaptasyon ve savunma mekanizmaları geliştirmişlerdir. Siyanobakterilerde gözlenen en önemli adaptasyon, aşırı derecede biyoaktif, ökaryotlar ve memeliler için toksik sekonder metabolitler (siyanotoksinler) üretmeleridir (4). Yüksek aktifliğe sahip olan siyanotoksinler, içinde bulunduğu çevreyi etkileyerek ekosistemi bozmaktadır (15). Siyanobakteriler tarafından üretilen siyanotoksinler nörotoksinler, dermatotoksinler (sitotoksinler) ve hepatotoksinler olarak adlandırılmaktadır (4,5). Kimyasal olarak tanımlandıklarında ise siklik peptitler, alkaloidler ve lipopolisakkaritler olmak üzere üç grup yer alır (16,17).

Tablo 1. Siyanotoksinler, toksin grupları, toksin üreten mavi-yeşil alg cinsleri ve hedef organlar (8,17,18)

Toksin	Hedef Organ	Yapısı ve Aktivitesi	Toksik türler	LD <sub>50</sub> (µg/kg)
Hepatotoksinler				
Mikrosistin	Karaciğer	Siklik heptapeptin; protein fosfat inhibitörü, karaciğerde kanama ve kümülatif hasar, tümör promotörü	<i>Microcystis, Anabaena, Nostoc, Anabaenopsis, Planktothrix, Oscillatoria, Hapalosiphon</i>	25-1000
Nodularin			<i>Nodularia, Theonella</i> (sünger-siyanobakteri ile simbiyont yaşayan)	30-50
Silindron spermopsin		Alkaloid; yaşamsal organlarda nekrotik zararlar, protein sentez inhibitörü, genotoksik	<i>Cylindrospermopsis, Aphanizomenon, Umezakia, Anabaena, Raphidiopsis</i>	5-6 günde 200
Nörotoksinler				
Anatoksin-a	Sinir sinapları	Alkaloid; postsinaptik, depolarizasyon nöromuskular bloklayıcı	<i>Anabaena, Oscillatoria, Phormidium, Aphanizomenon, Raphidiopsis</i>	250
Anatoksin-a (s)		Guanidin metil fosfataz esteri; asetilkolinesterazı inhibe eder	<i>Anabaena</i>	40
Saksitoksinler	Sinir aksonları	Alkaloid, Sodyum kanallarını bloke eder	<i>Aphanizomenon, Anabaena, Lyngbya, Cylindrospermopsis, Planktothrix</i>	10-30
Dermato toksinler ve sitotoksinler				
Lyngbya toksin-a	Deri, bağırsak sistemi	Alkaloid; inflamasyon ajanı, poretin kinaz C aktivatörü	<i>Lyngbya, Schizothrix, Oscillatoria</i>	
Aplysiatoksin	Deri			
Endotoksinler				
Lipopolisakkarid	Deri	Lipopolisakkarit; inflamasyon ajanı, gastrointestinal iritantlar	Hepsi	

LD<sub>50</sub> = Lethal doz 50 (bir grup deney hayvanının yarısını öldürecek kimyasal bir maddenin dozu, periton içi)

Siyanotoksinlerden kaynaklanan zehirlenmeler, toksin üreten siyanobakterilerin direkt vücuda alınması ya da bu canlılarla beslenen ve vücutlarında siyanotoksin birikimi olan balık, midye gibi canlıların tüketilmesiyle ortaya çıkar (19). Balıkların üreme dönemlerinde yumurtalarını bırakmak için kullandıkları kıyı bölgelerinde, siyanobakteri artışına bağlı olarak artan siyanotoksin seviyesi, balık popülasyonları için önemli bir tehdittir (20). Siyanobakterilerin toksik etkilerinden balık ve diğer sucul canlılar dışında çeşitli evcil hayvanlar ve ördek, kaz, su kuşları, kokarca, vizon ve gergedan gibi vahşi hayvanların da etkilendiği rapor edilmiştir (4). İçme suyu kaynakları için tehlike oluşturan siyanotoksinler, özellikle ağız yoluyla yeme ve içme ya da siyanotoksin birikmiş olan yiyeceklerin tüketilmesi yoluyla insanlar için ciddi bir potansiyel sağlık tehdidi oluşturmaktadır (21).

Mavi-yeşil alglerde sentezlenen siklik peptitler, mikrosistin ve nodularindir. Yapısal olarak benzer olan hepatotoksik mikrosistin ve nodularin siklik hepta ve pentapeptidler olup yapılarında ADDA amino asidini (2S,3S,8S,9S-3-amino-9-methoxy-2,6,8-trimethyl-10-phenyl-deca-4,6-dienoic acid) içerirler (22).

Hepatotoksinler, insanlarda karaciğerde kanama ve kümülatif hasara neden olmakta, sindirim ve solunum sisteminde anormallikler, yaşamsal organlarda nekrotik zararlar ve deride kaşıntı gibi birçok hastalığa neden olmaktadır. Mikrosistin mide bağırsak yolunda sindirime karşı direnç göstermektedir. Toksinler safra asidi taşıyıcı sistemi gibi aktif taşıyıcı sistem ile karaciğerde yüksek konsantrasyonlara ulaşır.

Karaciğerin yapısındaki proteinleri yıkarak hücrelerin çökmesine, kanın karaciğerde toplanması sonucu şoka ve bunu takiben ölüme neden oldukları bildirilmiştir (8, 17, 23). Mikrosistin ve nodularin hücrede homeostasisin sürekliliğinin sağlanmasında rol alan fosfataz enzimlerini engelleyerek tümör baskılayıcı proteinlerin etkilenmesine neden olur. Bu durumun hücrenin hızla bölünmesini ve tümör oluşumunu teşvik edebileceği bildirilmiştir (24).

Mikrosistin ve nodularinin yüksek sıcaklıklarda asidik ve bazik ortamlarda düşük hidrolize uğradıkları tespit edilmiştir (25). Ayrıca kaynatma sonrasında bile etkili oldukları bulunmuştur (26). Ancak Tsuji ve diğ., (1994), güneş ışığı altında mikrosistinlerin yavaş fotokimyasal olarak bozulduklarını belirlemişlerdir. Mikrosistinlerin ozon gibi güçlü okside edici etkenlerce okside olduğu ve yoğun UV ışığı altında indirgendiği gösterilmiştir (27).

Anatoksinler; 3 ana gruba ayrılır. Bunlar; anatoksin-a, homoanatoksin-a, anatoksin-a(s)'dir. Birçok siyanobakteri tarafından üretilen ve sinir sistemini etkileyen ajanlardır. Anatoksinler, Na<sup>+</sup> kanallarının sürekli açık kalmasını, buna bağlı olarak kas sisteminin fazla çalışıp yorulması felç olmasına neden olur. Solunum sistemi kaslarını etkilediğinde ise beyinde oksijen yetersizliğine yol açar (17).

Saksitoksinin ise yirmi farklı çeşidi bulunur. İçsulara Anabaena, Aphanizomenon, Cylindrospermopsis ve Lyngbya, denizlerde ise dinoflagellatlardan Alexandrium, Gymnodinium ve Pyrodinium cinslerine ait

türler bu toksini üretir ve midyelerde bu toksin birikim gösterebilir (28).

Silindrospermopsis *Cylindrospermopsis raciborskii* tarafından üretilen (29), hepatotoksik, nörotoksik ve dermatotoksik etkileri olan toksinlerdir (30).

## KONUYA İLİŞKİN BAZI BİLDİRİLER

Son zamanlarda sularda besleyici tuzların özellikle de azot ve fosfat bileşenlerinin artmasıyla gelişen bir süreç olan ötrofikasyon, siyanobakterilerin aşırı artışına sebep olmaktadır. Ülkemizde fitoplankton ile ilgili detaylı çalışmalarla, fitoplankton toplulukları kalitatif ve kantitatif olarak ortaya konulmaya başlanmıştır.

Kurtboğazı Baraj Gölü'nün fitoplankton kompozisyonunu belirlemek amacıyla 1976-1977 yıllarında yapılan çalışmada siyanobakterilerden *Anabaena*, *Chroococcus* ve *Microcystis incerta* bulunduğu belirlenmiştir (31). Aynı yıllarda Mogan Gölü'nde yaz sonunda *Microcystis* türlerinin çok yüksek sayılara ulaştığı tespit edilmiştir (32).

80'li yıllarda Gölcük Gölü'nde (Bozdağ/İzmir), göl yüzeyinin *Microcystis aeruginosa* tarafından kaplandığı tespit edilmiştir (33). Taşkısı Gölü'nde *Microcystis* sp. ve *Anabaena* sp. teşhis edilmiştir (34).

Sapanca Gölü'nde yapılan bir çalışmada protein fosfat testi (PPA) ve enzim bağlı immüno sorbent analizi (ELISA) sonucunda siyanobakterilerden kaynaklı toksinlerden olan mikrosistin-LR'

e rastlanmıştır (35). Yine Sapanca Gölü'nde *Planktothrix rubescens* türünün maksimum biyokütlesinin yüzey sularında 13,9 mg/L seviyesine ulaştığı ve mikrosistin değerinin ise 79 µg/L ile en yüksek seviyeye ulaştığı belirlenmiştir (36).

Küçükçekmece Lagünü'nde oluşan alg artışlarının *Microcystis aeruginosa* türünden kaynaklandığı belirlenmiştir. HPLC tarafından saptanan mikrosistin değeri ise en yüksek 173 mg/l olarak ölçülmüştür (37).

Bafa Gölü'nde siyanobakterilere ait türler teşhis edilmiş, çalışma süresi boyunca tüm örnekleme tarihlerinde *Anabaena variabilis* ve *Oscillatoria brevis* türlerinin mevcut olduğu, *Nodularia spumigena* türünün ise Ağustos ayında artış gösterdiği tespit edilmiştir (38). Bafa Gölü'nden izole edilen *N. spumigena* türünün morfolojik, moleküler ve toksikolojik özellikleri belirlenmiştir (39).

İzmit Gölü'nde dermatotoksik bir alkaloid olan silindrospermopsinin, *Dolichospermum mendotae* ve *Chrysochloris ovalisporum* türlerinden kaynaklandığı ve LC-MS/MS ile yapılan ölçümler sonucu toksin değerinin 0,12 – 4,92 aralığında olduğu tespit edilmiştir (40).

Siyanobakterilerin deniz ortamlarında da zararlı alg patlamaları oluşturduğu bilinmektedir. Avrupa Çevre Ajansı, Karadeniz'deki ötrofikasyonu 1995'te en yüksek kaygı olarak değerlendirmiştir. Karadeniz kıyılarında siyanobakterilere ait türlerin varlığı tespit edilmiş, ancak ELISA testinde herhangi bir hepatotoksine rastlanmamıştır (41).



Küçükçekmece Lagünü, Sapanca, İznik, Manyas ve Taşkısı Göllerinde yapılan bir çalışmada ise *Microcystis* spp., *Planktothrix* spp, *Nodularia spumigena*, *Anabaenopsis elenkinii*, *Sphaerospermopsis aphanizomenoides* ve *Cylindrospermopsis raciborskii* türlerinin varlığı belirlenmiştir. Sapanca Gölü'nde *Planktothrix rubescens* türünden kaynaklı alg artışı belirlenmiştir (42). Uluabat Gölü'nde *Microcystis aeruginosa* türünde çok yüksek çeşitlilikte mikrosistin karakterize edilmiştir (43).

Siyanobakteriler ve toksinlerden kaynaklanan sorunların araştırılması için yürütülen "Siyanotoks" projesinde, seçilen 18 su kütlesinin 14'ünde toksik siyanobakteri türleri tespit edilmiş, bunların %58'inde aşırı alg çoğalmaları gözlenmiş, en yüksek mikrosistin-LR değeri 29,7 µg/l ve silindrospermopsin değeri 9 µg/l bulunmuştur (44).

Bildirilen ilk siyanotoksin zehirlenmesi 1931 yılında Ohio Nehri'ndeki alg artışından kaynaklanmıştır (45). Daha sonra Zimbabve'de *Microcystis* artışına bağlı zehirlenmeden çocuklar etkilenmiştir (46). Avustralya'da 1981 yılında bir içme suyu kaynağında yoğun toksik *Microcystis* artışı görülmüş ve suyun karaciğer faaliyetlerinde bozulmaya yol açtığı tespit edilmiştir (47).

Brezilya'da Paulo Alfonso bölgesinde 1988'de siyanobakterilerden kaynaklanan gastroenterit tespit edilmiş ve hastaların 88'i ölmüştür (48). Avustralya'nın kuzey doğu kıyısında içme suyunda *Cylindrospermopsis raciborskii* artışına bağlı olarak 150 kişi hastanede hepatoenterit

tedavisi görmüştür (49). En kötü vaka ise 1996'da Brezilya'da görülmüş, bir hemodiyaliz merkezinde 117 hastada görme bozukluğu, kusma, kas yorgunluğu ve karaciğer büyümesi tespit edilmiş, 100 hastada karaciğer yetmezliği belirlenmiş ve bunların 50'si ölmüş, ölenlerin kan ve karaciğer dokularında mikrosistin olduğu belirlenmiştir (50).

## SONUÇ

Ülkemizde su kaynaklarında fiziko-kimyasal parametrelerin yanı sıra sucul ekosistemleri anlayabilmek için bu ekosistemlerdeki biyotik faktörlerin de incelenmesi daha güvenilir sonuçlar verecektir. Böylece daha sağlıklı bir çevre planlaması yapılması mümkündür. Su kaynaklarına atık sularla gelen besin elementleri (başlıca azot, fosfor) ve inorganik karbon girdisi aşırı alg artışlarına neden olmakta ve su kaynakları hassas su alanları, ötrofik ve potansiyel siyanobakteri çoğalma alanları haline gelmektedir. İçme, yüzme ve balıkçılık amacıyla kullanılan yerüstü sularında siyanobakterilerden kaynaklanan kirlilik seviyesi ve potansiyel kirlilik riskinin takip edilmesi, hangi su kalitesi şartları altında siyanobakterilerde çoğalmalar görüldüğünün tespit edilmesi ve bu durumlara karşı tedbirler alınması gerekmektedir.

Sucul ekosistemlerin ve insan sağlığının korunması amacıyla sucul ortamlarda fitoplankton izlenerek siyanobakterilerin bulunduğu ve çoğaldığı potansiyel alanlar ile risk bölgeleri belirlenmelidir. Siyanobakterilere karşı gerekli mücadele ve tedbirler uygulanmalıdır. Risk alanlarında iyileştirmeye yönelik çalışmalar ve toksin giderme metotları

kullanılmalıdır.

Siyanobakterilerin kontrolü için en etkili yöntem aşırı çoğalma öncesinde su kaynaklarının kontrolü ve oluşumlarının engellenmesidir. Zararlı siyanobakteri artışları yüzünden oluşabilecek olumsuz durumlara hızla karşılık verebilmek, insan ve çevreye gelebilecek zararları en aza indirebilmek için acil eylem planları oluşturulması büyük önem taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

- 1- Weis Y.H., C.Y. Pang., 2010. The Role of Mitochondria in human aging process. *Biotech International*, 17: 8-13. Wiese, M., D'Agostino, P.M., Mihali, T. K., Moffitt, M. C. And Neilan, B. A., Neurotoxic Alkaloids: Saxitoxin and Its Analogs, *Marine Drugs*, 8: 2185- 2211.
- 2- Hitzfeld, B., Lampert, C., Späth, N., Mountfort, D., Kaspar, H., Dietrich, D., 2000. Toxin production in cyanobacterial mats from ponds on the McMurdo Ice Shelf, Antarctica. *Toxicon*, (38), 1731-1748.
- 3- Reynolds C.S., and Walsby A.E., 1975. Water Blooms. *Biol Rev* 50 437-481.
- 4- Carmicheal, W.W., 1992. Cyanobacteria secondary metabolites—the cyanotoxins, *Journal of Applied Bacteriology*, 72,445–459.
- 5- Carmicheal, W.W., 1994. The toxins of cyanobacteria, *Scientific American*, 270, 78–86.
- 6- Falconer, I.R., Hardy, S.J., Humpage, A.R., Frosco, S M., Tozer, G.J., Hawkins, P.R., 1999. Hepatic and renal toxicity of the blue-green alga (cyanobacterium) *Cylindrospermopsis raciborskii* in male Swiss Albino mice. *J. Environ. Toxicol. Water Qual.*, (14), 1.
- 7- Madigan, T.M., Martinko, J. M., Stahl, D. A., Clark, D. P., 2012. *Brock biology of microorganisms*. Thirteen edition.
- 8- Chorus, I., and Bartram, J., 1999. *Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management*. E & FN Spon, London, WHO, p. 400. Geneva.
- 9- Mur, L.R., O.M.Skulberg, et al., 1999. *Cyanobacteria in the environment. Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management*. I. Chorus and J.Bartram, eds. London, E and FN Spon (on behalf of WHO):15-40.
- 10- Whitton, B. A., 2000. Soils and rice-fields. In Whitton, B.A., Potts M. (eds), *The Ecology of Cyanobacteria*, Kluwer Academic, Dordrecht, pp. 233–255.
- 11- Duy, T.N., Lam, P.K.S., Shaw, G.R., Connel, D.W., 2000. Toxicology and risk assessment of freshwater cyanobacterial (blue-green algal) toxins in water'. *Rev Environ Contam Toxicol*, 163, 113-186.
- 12- Nichols, J.M., Adams, D.J., Carr, N.G., Whitton, B.A., 1982. *Akinetes, The Biology Of Cyanobacteria*, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 378-412.
- 13- Walsby, A.E., 1987. Mechanisms of buoyancy regulation by planktonic Cyanobacteria with gas vesicles. In: P. Fay and C. Van Baalen (eds) *The Cyanobacteria*. Elsevier, Amsterdam, 377-414.



- 14- Güner, H. ve Aysel, V., 2006. Tohumuz Bitkiler Sistematığı, Cilt 1 (Algler), Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, Altıncı Baskı, 245s.
- 15- Chorus, I., 2001. ‘‘Cyanotoxins: occurrence, causes, consequence’’, Springer, Heidelberg, Germany.
- 16- NRA, 1990. Toxic Blue Green Algae. Water Quality Series No.2 National Rivers Authority, pp. 125. London.
- 17- Carmichael, W.W., Falconer, I.R., 1993. Diseases Related to Freshwater Blue Green Algal Toksins ve Control Measures. In Algal Toksins in Seefood ve Drinking Water Falconer, I.R. (ed) London Academic Press.
- 18- Codd, G.A., Azevedo, S.M.F.O., Bagchi, S.N., Burch, M.D., Carmichael, W.W., Harding, W.R., Kaya, K. and Utkilen, H.C., 2005. Cyanonet A Global Network for Cyanobacterial Bloom and Toxin Risk Management. The International Hydrological Programme (IHP) of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), p. 141. France.
- 19- Negri, A.P., Jones, G.J., Hindmarsh, M., 1995. Sheep mortality associated with paralytic shellfish poisons from the cyanobacterium *Anabaena circinalis*, *Toxicon*, 33:1321-1329.
- 20- Falconer, I.R., 2001. Toxic Cyanobacteria Bloom Problems in Australian Water: Risks and impacts on Human Health, *Phycologia*, 40, 228-233.
- 21- Svirc'ev, Z., Baltić, V., Miladinov-Mikov, M., Sajenković, D., 2011. Cyanobacterial blooms in Serbia epidemiological studies and health risk assessment, In: 16th Academy of Studenica – International Scientific Conference Cyanobacteria and human health. Novi Sad. Abstract Book, p. 34.
- 22- Eriksson, J.E., Hagerstrand, H., Isomaa, B., 1987. Cell selective cytotoxicity of a peptide toxin from the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*, *Biochim Biophys Acta*, 930(2), 304-310.
- 23- Runnegar, M., Berndt, N.; Kaplowitz, N., 1995a. Mikrosistin uptake and inhibition of protein phosphatases: effects of chemoprotectants and self-inhibition in relation to known hepatic transporters, *Toxicol. App. Pharmacol.*, 134, 264-72.
- 24- Fujiki, H., Suganuma, M., 1993. Tumor promotion by inhibitors of protein phosphatases 1 and 2A: the okadaic acid class of compounds. *Adv. Cancer Res.*, (61), 143-194.
- 25- Harada, K-I., 1996. Chemistry and Detection of Mikrosistins, In: Toxic Microcystis, (M.F. Watanabe, K-I. Harada, W.W. Carmichael and H. Fujiki eds) Chemical Rubber Company (CRC) Press, pp. 103-148. Boca Raton, Florida.
- 26- Metcalf, J.S., Keneth, A.B., Plugmacher, S., Codd, G.A., 2000. Immunocrossreactivity ve Toxicity assesment of Conjugation Products of the Cyanobacterial toxin, Mikrosistin-LR. *FEMS Microbiology Letters*, (189), 155-158.
- 27- Hoeger, S.J., Dietrich, D.R., Hitzfeld, B.C., 2002. Effect of Ozonation on the Removal of Cyanobacterial Toxins during Drinking Water Treatment *Environ Health Perspect*, (110), 1127–1132.
- 28- Kellmann, R., Neilan, B. A., 2007,

- Biochemical characterization of paralytic shellfish toxin biosynthesis in vitro. *J. Phycol.*, 43,497–508.
- 29- Hawkins, P.R., Chverasena, N.R., Jones, G.J., Humpage, A.R., Falconer, I.R., 1997. Isolation ve toxicity of *Cylindrospermopsis raciborskii* from an ornamental lake. *Toxicon*, 35, (3), 341-346.
- 30- Kiss, T., Vehovszky, A., Hiripi, L., Kovacs, A., Voros, L., 2002. Membrane effects of toxins isolated from a cyanobacterium, *Cylindrospermopsis raciborskii*, on identified molluscan neurones, *Comp. Biochem. Physiol. Part C*, 131,167–176.
- 31- Aykulu, G., Obalı, O., 1981. Phytoplankton biomass in the Kurtboğazı Dam Lake. *Communications de la Faculté des sciences de l'Université d'Ankara: Botanique, Serie C2*, 24:29-45.
- 32- Obalı, O., 1984. Mogan gölü fitoplanktonunun mevsimsel değişimi. *Doğa Bilim Dergisi*, 8(1): 91–104.
- 33- Cirik, S., Cirik, Ş., 1989. Gölcük'ün (Bozdağ/İzmir) Planktonik Algleri. *İ.Ü. Su Ürün.Derg.*, Cilt: 3, Sayı 1-2: 131-150, İstanbul.
- 34- Aykulu, G., Doğan, K., Hasırcı, S., 1999. Phytoplankton communities of the lakes Taşkısığı and Poyrazlar (Adapazarı, Turkey). *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, Özel Sayı*, 157 - 184.
- 35- Albay, M., Akçaalan, R., Aykulu, G., Tüfekçi, H., Beattie, K.A., Codd, G.A., 2003. Occurrence of toxic cyanobacteria before and after copper sulphate treatment in a water reservoir, İstanbul, Turkey, *Algological Studies* 109,67-68.
- 36- Albay, M., Akçaalan, R., Köker, L., Gurevin, C., 2014. *Planktothrix rubescens*: A perennial presence and toxicity in Lake Sapanca. *Turkish Journal of Botany*, 38:782-789.
- 37- Albay, M., Matthiensen, A., Cood, G., 2005. Occurrence of toxic blue-green algae in the Kucukcekmece Lagoon (İstanbul, Turkey). *Environmental Toxicology* 20(3):277-84.
- 38- Demir, N., 2007. Changes in the phytoplankton community of a coastal, hyposaline lake in western Anatolia, Turkey. *Limnology*, 8:337–342.
- 39- Kızılkaya, I.T., Demirel, Z., Kesici, K., Kesici, E., Sukatar, A., 2016. Morphological, Molecular and Toxicological Characterization of *Nodularia spumigena* Mertens in Jungens (1822) from Brackishwater Lake Bafa (Turkey). *Sinop Uni. J. Nat. Sci.* 1(1): 39-52.
- 40- Akçaalan, R., Köker, L., Oğuz, A., Albay, M., 2014. First Report of *Cylindrospermopsis* Production by Two Cyanobacteria (*Dolichospermum mendotae* and *Chrysochloris ovalisporum*) in Lake İznik, Turkey. *Toxins* 6(11):3173-3186.
- 41- Albay, M., Akçaalan, R., Köker, L., 2016. Do Eutrophic Waters Prompt to Toxic Cyanobacteria in Turkish Black Sea Coast?. *Journal of environmental protection and ecology* 17(2):584-592.
- 42- Köker, L., Akçaalan, R., Albay, M., Neilan, B., 2017. Molecular detection of hepatotoxic cyanobacteria in inland water bodies of the Marmara Region, Turkey. *Advances in Oceanography and Limnology*,8(1).
- 43- Yılmaz, M., Foss, A.J., Miles, C.O., Özen, M., Balcı, M., Demir, N., Beach, D.G. Hing, 2018. Diversity of Microcystins in a *Microcystis aeruginosa* Isolate from Lake Uluabat. 13th International Symposium on Fisheries and Aquatic Sciences Proceeding Book ISBN: 978-

605-68894-0-0 Publication of e-book date:  
17.12.2018

- 44- Koker, L., Akçaalan, A., Oguz, A., Gaygusuz, O., Gurevin, C., Akat Kose, C., Gucver, S., Karaaslan, Y., Erturk, A., Albay, M., Kınacı, C., 2017. Distribution of Toxic Cyanobacteria and Cyanotoxins in Turkish Waterbodies. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 18, 425-432.
- 45- Tisdale, E.S., 1931. Epidemic of intestinal disorders in Charleston, W. VA., Occurring simultaneously with unprecedented water supply conditions. *American Journal of Public Health*, (21), 198-200.
- 46- Zilberg, B., 1966. Gastroenteritis in Salisbury European children-a five-year study. *The Central African Journal of Medicine*, (12), 164-168.
- 47- Botes, D.P., Tuinman, A.A., Wessels, P.L., Viljoen, C.C., Kruger, H., Williams, D.H. Santikarn, S., 1984. The Structure of Cyanoginosin-LA, A Cyclic Heptapeptide Toxin From The Cyanobacterium *Microcystis Aeruginosa*. *J. Chem. Soc., Perkin Transactions*, (1), 2311-2318.
- 48- Teixeira, M.G.L.C., Costa, M.C.N., Carvalho, V.L.P., Pereira, M.S., Hage, E., 1993. Gastroenteritis epidemic in the area of the Itaparica Dam, Bahia, Brazil. *Bulletin of the Pan American Health Organization*, (27), 244-253.
- 49- Byth, S., 1980. Palm Island mystery disease, *Med. J. Aust.*, 2,40-42.
- 50- Pouria, S.A., Barbosa, J., Cavalcanti, R.L., Barreto, V.T.S., Ward, C.J., Preiser, W., Poon, G.K., Neild, G.H., Codd, G.A., 1998. Fatal Mikrosistin intoxication in haemodialysis unit in Caruaru, Brazil. *The Lancet*, 352: 21-25.