

Salmonidlerde Yapılan Toksikolojik Çalışmalar

Muhammed ATAMANALP Telat YANIK
Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü, 25240, ERZURUM

Geliş Tarihi : 15.03.2002

ÖZET: Çevre bilincinin hızla gelişmesine paralel olarak tarımsal üretim ve endüstride kullanılan kimyasalların çevreye olan etkileri de araştırma konusu olmaya başlamıştır. Bu gelişme doğrultusunda su ürünlerinde de, pestisitlerin, kentsel ve sanayi atıklarının sucul canlılar üzerine toksik etkileri ile ilgili araştırma ve yayınlar gün geçtikçe artmaktadır. Bu derlemede, yalnızca Salmonidae familyasında, özellikle son yıllarda yapılan yerli ve yabancı araştırmalar irdelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Toksikite, Salmonidae, Gökkuşluğu alabalığı, pestisit.

The Toxicological Studies In Salmonidae

ABSTRACT With the environmental awareness of the effects of chemicals used in agricultural and industrial production on environment has been started to being topic in studies. Realizing that situation, researches about the toxic effects of pesticides, urban and civil pollutants on aquatic living organisms have been increasing day by day. In this review researches done with salmonids has been summarized.

Key Words: Toxicity, Salmonidae, Rainbow trout, pesticide.

GİRİŞ

Sanayileşme ve nüfusun artmasına bağlı olarak hızlı bir şekilde artış gösteren endüstriyel, tarımsal ve evsel atıklar çoğu zaman arıtılmaksızın su kaynaklarına bırakılmaktadırlar. Bu atıklar akuatik canlıları direkt ve indirekt olarak iki şekilde etkilemektedirler. Bunların toksik etkileri yumurtlamayı engellemekte, üremeyi durdurmakta, çevresel faktörlere karşı duyarlılığı arttırmakta ve ölüme yol açmaktadır. Bunun yanında atıklar su kalitesini olumsuz yönde değiştirmek suretiyle de sucul organizmalara zararlı olmaktadır.

Salmonidae familyasının ekonomik öneme sahip olmasından dolayı özellikle gökkuşluğu alabalığı ile çok sayıda toksikolojik çalışma yapılmıştır. Yapılacak yeni çalışmalara literatür altyapısı oluşturmak ve gün geçtikçe önem kazanan bu konuya dikkat çekmek amacıyla çeşitli yerli ve yabancı kaynaklardan faydalanılarak derlemede metal, pestisit ve endüstriyel atıkların gerek gökkuşluğu alabalığı gerekse Salmonidae familyasının diğer üyelerinde yol açtığı toksik etkiler üzerine yapılan çalışmalar kronolojik olarak özetlenmeye çalışılmıştır.

Lanno ve ark. (1985), gökkuşluğu alabalığında yeme ilave edilen bakırın (Cu) toksisitesine askorbik asidin etkisi üzerine yaptıkları araştırmada, bakırlı diyetle 16 hafta beslenen balıklarda kontrol grubuna nazaran canlı ağırlık artışında önemli düşme olduğu; 10.000 mg/kg'a kadar askorbik asit katkısının bakır metabolizması üzerine etkisi olmadığını, bunun yanında canlı ağırlıktan istatistikî öneme sahip bir artış sağladığını

belirlemişlerdir. Böbrek ve karaciğerdeki askorbik asit konsantrasyonunun diyetteki askorbik asit konsantrasyonu ile birlikte yükselme gösterdiğini; böbrek, karaciğer ve tüm vücuttaki Cu konsantrasyonunun diyetteki bakır miktarı ile arttığını fakat askorbik asit miktarından etkilenmediğini; böbrek ve karaciğerdeki çinko miktarı üzerine askorbik asidin etkili olmadığını bildirmişlerdir.

Goss ve Wood (1988), asidite ve alüminyumun gökkuşluğu alabalığının plazma kortizol seviyesi ve diğer kan parametreleri üzerine etkisini araştırmışlar, pH: 4,8' e tek başına maruz bırakmanın ölüme sebep olmadığını fakat plazma kortizol seviyesinde yükselmeye yol açtığını, diğer parametrelerin ise kontrol grubundan belirgin olarak farklılık göstermediğini belirlemişlerdir. Düşük pH'a alüminyum faktörü de eklenince ortalama 27 saatte % 100 ölüm meydana geldiğini, plazma iyonlarında (Na⁺ ve Cl⁻) önemli ölçüde düşme, eritrositlerde çoğalma ve plazma kortizolünün ölüme yaklaşıldıkça artan hızla yükseldiğini rapor etmişlerdir. Bu faktörlerin hematokrit ve hemoglobin değerlerinde de değişmelere sebep olduğu kaydedilmektedir. Yalnızca asidite, hematokrit ve hemoglobin değerlerini yükseltirken, alüminyum + asidite etkisine maruz kalmada ise bu değerlerde başlangıçta düşme 24 saat sonrasında ise sadece hematokrit değerinde yükselmeye sebep olduğu bildirilmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Asidite ve alüminyumun gökkuşluğu alabalığı hematokrit ve hemoglobin seviyeleri üzerine etkileri (Goss ve Wood, 1988).

Süre	Kontrol		Yalnızca Asitlik		Asitlik + Alüminyum	
	Hematokrit	Hemoglobin	Hematokrit	Hemoglobin	Hematokrit	Hemoglobin
0 saat	24,4 ± 1,8	6,87 ± 0,50	27,2 ± 1,9	7,24 ± 0,39	23,7 ± 1,9	6,65 ± 0,57
24 saat	13,6 ± 1,1	3,85 ± 0,31	15,8 ± 1,6	4,34 ± 0,43	25,8 ± 1,8	5,69 ± 0,43
72 saat	12,0 ± 0,9	3,46 ± 0,41	13,6 ± 1,4	4,05 ± 0,38	-	-

Julshamn ve ark. (1988), gökkuşağı alabalığı (*Salmo gairdnerii*)' nda yeme bakır ilavesinin canlı ağırlık artışı, yem değerlendirme oranı ve hepatosomatik indeksi etkilediğini bildirmiştir. Yemdeki bakır miktarı arttıkça ağırlık artışı % 90-100' e varan oranda düşmektedir. Hatta aşırı dozlarda ölüme sebep olmaktadır (Tablo 2).

Tablo 2. Yeme katılan bakırın gökkuşağı alabalığında büyüme, yem değerlendirme oranı, hepatosomatik indeks ve canlılık üzerine etkisi (Julshamn ve ark., 1988).

Bakır miktarı (mg/kg/yem)	Ağırlık artışı (g)	Yem Değ. oranı	HSI	Ölüm
3,5	44	0,68	2,58	0
102	24	0,65	2,24	0
194	29	0,60	2,45	0
405	40	0,65	2,58	0
603	33	0,62	2,42	0
810	31	0,58	2,89	1
990	23	0,59	2,40	3

Everall ve ark. (1991), İskoçya' da endüstriyel atıkların deşarj edildiği Don Nehri' nin belli bölgelerinde Atlantik salmonları (*Salmo salar*)' nı kontrol altına alarak, bu atıkların balıklarda patolojik değişiklikler yanında kan biyokimyası ve hematolojik parametreler üzerinde de etkilere yol açtığını belirlemişlerdir.

Yeme (13-684 mg Cu kg⁻¹) ve suya (5-106 µg L⁻¹) katılan bakırın gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)' nin büyüme, kondüsyon faktörü, mortalite ve yem değerlendirme katsayısı üzerine belirgin etkisi olmamaktadır. Yemdeki Cu konsantrasyonunun artmasıyla böbrek, karaciğer ve solungaçtaki Cu konsantrasyonlarında da artış görülmüştür. Sudaki Cu konsantrasyonunun yükselmesiyle karaciğer ve böbrekteki Cu konsantrasyonları artmış solungaçtaki düzey ise etkilenmemiştir. Bunun yanında sudaki bakır miktarı karaciğerdeki Çinko (Zn) düzeyini artırırken böbrektekini düşürmüştür (Miller ve ark., 1993).

Knoph ve Olsen (1994), ortalama ağırlıkları 300 g olan Atlantik salmonlarını (*Salmo salar*) 0,07 ile 12,84 mg/l aralığındaki amonyuma maruz bırakmışlardır. 2-5 hafta sonra kan ve kas dokusu örneklerini almışlar ve bunlardan Na⁺, Mg²⁺, TA (toplam amonyum), kortizol seviyeleri ve kas dokusu su muhtevasını ölçmüşlerdir. 2 ve 5 haftalık maruz bırakmada plazma kortizolu tüm amonyum seviyelerinde belirgin olarak artarken, kas dokusu su muhtevası ya da plazma Na⁺ ve Mg²⁺ seviyeleri etkilenmemiştir. Plazma TA seviyeleri, artan su TA seviyeleri ile birlikte yükselmiştir.

Wilkie ve Wood (1995), yüksek pH' ya maruz bırakılmanın gökkuşağı alabalığında amonyağın atılmasını engellediğini ve plazma iyonlarını (Na⁺, Cl⁻) % 5 azalttığını rapor etmişlerdir.

Köck ve ark. (1996), Avusturya' da oligotrofik bir gölde dağ alası (*Salvelinus alpinus*)' nda metal birikimini mevsimsel olarak incelemiş, suda kadmiyum

(Cd) ve kurşun (Pb)' nun maksimum konsantrasyonlarının karların eriyip pH' nın düştüğü döneme rastladığını, karaciğer ve böbrekteki metal konsantrasyonlarının ise kışın sonunda en düşük olduğunu ve yaz boyunca arttığını tespit etmişlerdir.

Knoph ve Thorud (1996), 369 ± 70 g ağırlığında ki Atlantik salmonlarını (*Salmo salar*) farklı konsantrasyonlardaki amonyağa maruz bırakmışlar ve 2-15 gün içerisinde plazma ozmolalitesi, amonyum, üre ve glikoz seviyeleri ile balıklardaki hematolojik parametreler üzerine etkisini araştırmışlardır. Plazma TA (Toplam amonyum)' sı su TA seviyesi ile lineer olarak artmıştır. Plazma üresi 225 µg/l' lik NH₃-N dozu hariç diğerlerinde genellikle su amonyum düzeyi arttıkça düşüş göstermiştir. Bu akut toksik amonyum seviyesinde, plazma ozmolalitesi, Na⁺, Cl⁻, Mg²⁺, üre ve TA seviyeleri önemli ölçülerde yükselirken, plazma glikozu ve Ca²⁺ ise ılımlı olarak artmış, hematokrit yüzdesi ise düşmüş ve tüm balıklar 6 gün içerisinde ölmüşlerdir. Atlantik salmonlarda 225 µg/l' lik NH₃-N dozuna 2-3 gün maruz bırakılmada hematokrit seviyesi değişmezken, 14-15 gün maruz bırakılanlarda mortalite %100 olarak tespit edilmiştir. 112 µg/l' lik NH₃-N dozuna aynı süreyle maruz bırakılan balıklarda ise hematokrit değeri, RBC (eritrosit sayısı) ve MCV (ortalama eritrosit hacmi) miktarında değişiklik gözlenmemiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Farklı amonyum seviyelerine maruz bırakılan Atlantik salmonlarda Hct, RBC ve MCV değerlerinin değişimi (Knoph ve Thorud, 1996).

Su NH ₃ -N seviyesi (µg/l)	>2-3 gün		>14-15 gün	
	Hct (%)	Hct (%)	RBC (x 10 ¹² /l)	MCV (µm ³)
Kontrol (0,5)	42 ± 1,0	29 ± 1,4	1,20 ± 0,042	241 ± 5,0
3	40 ± 1,0	28 ± 1,1	1,14 ± 0,039	246 ± 3,5
22	40 ± 1,1	-	-	-
40	40 ± 0,6	29 ± 1,1	1,11 ± 0,042	264 ± 7,8
112	35 ± 0,9	28 ± 1,8	1,10 ± 0,067	251 ± 7,1
225	35 ± 1,0	% 100 M	% 100 M	% 100 M

% 100 M: % 100 Ölüm, Hct: Hematokrit değeri, RBC: Eritrosit sayısı, MCV: Ortalama eritrosit hacmi.

Su kültüründe yaygın bir tedavi ajanı olarak kullanılan Chloramine T, gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)' nda solunum frekansında ve arterial karbondioksit basıncı (P_{CO2})' nda belirgin bir artışa neden olmaktadır (Powell ve Perry, 1996).

Wang ve Simpson (1996), DDT türevleri ile kontamine olmuş *Artemia nauplii* ile besledikleri dere alası (*Salvelinus fontinalis*)' na bu organoklorin pestisitlerin geçtiğini ve balık vücudunda depolandığını belirlemişlerdir.

Deniz suyunda 30,0 - 56,2 mg/l amonyağa maruz bırakılma 430 ± 73 g ağırlığındaki Atlantik salmonlarda (*Salmo salar*) solunum frekansını belirgin olarak

arttırırken, daha yüksek amonyak seviyelerinde akut zehirlenmeden dolayı ortaya çıkan stres ve yüzme düzensizlikleri nedeniyle bu parametre ölçülemedi ve nihayetinde % 100 ölüm görülmüştür (Tablo 4) (Knoph, 1996).

Paul ve Simonin (1996), iki insektisit (Naled, Resmethrin) *Salvelinus fontinalis*'in yüzme performansı üzerine etkilerini araştırmışlar insektisit miktarı arttıkça farklı sonuçlar elde etmişlerdir. Örneğin küçük (ortalama 34,6 mm boyunda) balıklarda maruz bırakılan Naled miktarı arttıkça ortalama yüzme zamanı 255 sn'den 280 sn'ye çıkarken, Resmethrin'in artması durumunda bu değerler 265 sn'den 182 sn'ye düşmüştür. Daha büyük boylu (37,6 mm) balıklarda ise Naled'in etkisiyle ortalama yüzme zamanı 527 sn'den 426 sn'ye ve Resmethrin'e maruz kalmada ise ortalama yüzme zamanı 270 sn'ye inmiştir (Tablo 5).

Tablo 4. Farklı Toplam Amonyum Nitrojen (TAN) seviyelerine maruz bırakılan Atlantik salmonlarda (*Salmo salar*) solunum frekans değerlerinin değişimi (solunum/dakika) (Knoph, 1996).

Maruz bırakma zamanı (saat)	Ortalama su TAN seviyesi (mg/l)		
	Kontrol (2,46)	30,0	56,2
10	56 ± 1,3	59 ± 1,0	60 ± 1,0
16	57 ± 1,0	61 ± 1,3	61 ± 1,9
22	52 ± 1,9	59 ± 1,0	61 ± 1,3
28	54 ± 1,6	61 ± 0,6	62 ± 1,0
34	59 ± 1,3	63 ± 1,3	62 ± 0,6
40	55 ± 2,5	63 ± 1,6	54 ± 2,1
Ortalama	56 ± 0,8	61 ± 0,5	60 ± 0,7

TAN: Toplam amonyum nitrojen

Tablo 5. Naled ve Resmethrin'e maruz bırakılan çeşme alabalığında ortalama yüzme zamanları (Paul ve Simonin, 1996).

Pestisit	Ort. Uzunluğu 34,6 mm olan balıklar		Ort. Uzunluğu 37,6 mm olan balıklar	
	Konsant (µg/L)	Ort. Yüzme Zamanı (sn)	Konsant (µg/L)	Ort. Yüzme Zamanı (sn)
Kontrol	0	255	0	527
Naled	23	280	91	426
	46	276		
Resmethrin	1,6	265	6,3	270
	3,2	182		

Sahagün ve ark. (1997), İspanya' da dört farklı nehir üzerinde kurulu çiftliklerden topladığı gökkuşuğu alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) organoklorin pestisit kalıntılarını araştırmışlar ve Tablo 6, 7, 8, 9' da verilen şu sonuçları elde etmişlerdir. İncelenen nehirlerden alınan balık örneklerinde pestisit kalıntı miktarlarının sırasıyla en fazla beyin, böbrek ve karaciğerde bulunduğu tespit edilmiştir (Tablo 6,7,8,9).

Tablo 6. Trabadelo (Valcarce nehri)' daki çiftlikten alınan gökkuşuğu alabalıklarında belirlenen organoklorin insektisitler (ppm) (Sahagün, ve ark., 1997).

Pestisit Türü	Beyin	Karaciğer	Böbrek	Ortalama Birikim
Lindane	0,237	0,021	0,066	0,088
Heptaklorepoksit	0,194	0,047	0,218	0,152
Aldrin	0,111	-	0,053	0,073
DDT	0,649	0,029	0,059	0,237
Ortalama Birikim	0,750	0,076	0,334	0,387

Gerhardt (1998), maden atıklarının farklı konsantrasyonlarının gökkuşuğu alabalığına toksik etkilerini araştırmışlar ve konsantrasyon yükseldikçe yaşama gücü ve aktivitenin düştüğünü, solunumun ise yükseldiğini ve balıkların ölmeye başlamadan önce renklerinin koyulaştığını bildirmiştir.

Datta ve ark. (1998), Kaliforniya yakınındaki bir nehirde yaptıkları örneklemelerde çeşme alabalığı (*Salvelinus fontinalis*)'nda 4,9 - 8,1 ppb PCB ve 40,1 - 65,7 ppb DDE pestisit kalıntıları bulunduğunu belirlemişlerdir.

Tablo 7. Carrizo de la Ribera (Orbigo nehri)' daki çiftlikten alınan gökkuşuğu alabalıklarında belirlenen organoklorin insektisitler (ppm) (Sahagün ve ark., 1997).

Pestisit Türü	Beyin	Karaciğer	Böbrek	Ortalama Birikim
Lindane	0,161	0,021	0,026	0,067
Heptaklorepoksit	0,860	0,114	0,339	0,370
Aldrin	0,096	-	0,081	0,089
DDT	1,533	0,081	0,025	0,458
Ortalama Birikim	2,019	0,174	0,385	0,800

Tablo 8. Castrillo de la Valduerna (Duerna nehri)' daki çiftlikten alınan gökkuşuğu alabalıklarında belirlenen organoklorin insektisitler (ppm) (Sahagün ve ark., 1997).

Pestisit Türü	Beyin	Karaciğer	Böbrek	Ortalama Birikim
Lindane	0,065	0,014	0,047	0,034
Heptaklorepoksit	0,320	0,064	0,186	0,175
Aldrin	0,068	-	-	0,068
DDT	0,788	0,026	0,141	0,194
Ortalama Birikim	0,689	0,098	0,342	0,376

Tablo 9. Carrizo de Porma (Porma nehri)' daki çiftlikten alınan gökkuşuğu alabalıklarında belirlenen organoklorin insektisitler (ppm) (Sahagün ve ark., 1997).

Pestisit Türü	Beyin	Karaciğer	Böbrek	Ortalama Birikim
Lindane	0,121	0,025	0,034	0,064
Heptaklorepoksit	0,464	0,094	0,252	0,282
Aldrin	0,063	-	-	0,063
DDT	0,628	0,053	0,057	0,254
Ortalama Birikim	1,155	0,121	0,270	0,483

Kadmium miktarları arttıkça gökkuşuğu alabalıklarında zamana bağlı olarak oksijenden yararlanmada düşüş olduğu tespit edilmiştir. (Tablo 10) (Hollis ve ark., 1999).

Tablo 10. Kadmiumun gökkuşuğu alabalığı juvenillerinin oksijen tüketimi üzerine etkisi (Hollis ve ark., 1999).

Cd konsantrasyonu ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Oksijen Tüketimi ($\mu\text{mol g}^{-1} \text{h}^{-1}$)	
	Yemlemeden 2 saat sonra	Yemlemeden 6 saat sonra
0 (Kontrol)	4,27 \pm 0,10	3,94 \pm 0,34
3	3,91 \pm 0,14	3,28 \pm 0,14
10	4,30 \pm 0,54	3,44 \pm 0,44

Handy ve ark. (1999), yeme ilave edilmiş bakırın gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)' na toksik etkilerini incelemiş, bakır verilen balıklarda, barsak ve karaciğerde bakır konsantrasyonunun kontrol grubuna göre 16 kat daha fazla olduğunu, büyüme oranı, yem değerlendirme katsayısı, karkas kompozisyonu ve oksijen tüketiminin ise farklı olmadığını belirlemişlerdir. Serum glikoz, protein, trigliserit, Na ve K ile (Tablo 11); eritrosit sayısı (RBC), lökosit sayısı (WBC), hemoglobin (Hmg) ve hematokritini (Hct) ise deneme süresine bağlı olarak farklı şekillerde etkilediğini bildirmişlerdir (Tablo 12). Yemdeki bakır miktarındaki artışlar süreye bağlı olarak gökkuşuğu alabalığı kan parametrelerinden RBC

ve Hct'de artış, WBC'de önce yükselme sonra düşme, hemoglobinde ise önce düşüş sonra artışa sebep olduğu rapor edilmiştir.

Bir sentetik piretroit olan Cypermethrinin sublethal dozları gökkuşuğu alabalıklarında patolojik ve histopatolojik bulgular yanında eritrosit sayısı (RBC), trombosit sayısı, hemoglobin değeri ve eritrosit - sedimentasyon oranında artışa, toplam lökosit sayısı (WBC) ve hematokrit yüzdesinde ise düşmeye sebep olmaktadır. Kan biyokimyasına bakıldığında ise alkalın fosfataz (ALP), aspartat aminotransferase (AST = GPT) ve laktat dehidrogenaz (LDH) enzimlerini yükseltirken, glutamik oksaloasetik transaminaz (GOT), kolesterol, kalsiyum ve fosfor düzeylerini ise düşürmektedir. Bunun yanısıra glikoz, kreatin, toplam protein ve sodyum değerleri farklı dozlarda farklı tepkiler vermektedir (Atamanalp, 2000; Atamanalp ve ark., 2002 a; Atamanalp ve ark., 2002 b).

Bullock ve ark. (2000), balıklarda bakteriyel hastalıklarda koruma amaçlı kullanılan chitosan'ın tek başına kullanıldığında toksik olmadığını, asetik asit içerisinde çözünüp kültür sistemine eklendiğinde ise, solungaçlarda patolojik değişikliklere yol açtığını, lamellar epitel hücrelerinde hipertrofi ve hiperplaziye neden olduğunu ve sonuçta düşük konsantrasyonlarda olsa dahi, asidifiye chitosan'ın gökkuşuğu alabalığında son derece toksik olduğunu bildirmişlerdir.

Tablo 11. Yemdeki bakırın gökkuşuğu alabalığı kan serum biyokimyası üzerine etkileri (Handy ve ark.,1999).

Parametreler	Uyg.	Süre (Aylar)			
		0	1	2	3
Glikoz (mmol l^{-1})	Kontrol	5,3 \pm 3,3	6,0 \pm 0,7	5,3 \pm 0,6	7,5 \pm 1,6
	Bakır	2,9 \pm 0,7	5,3 \pm 0,3	6,3 \pm 0,6	7,2 \pm 0,6
Protein ($\text{g } 100 \text{ ml}^{-1}$)	Kontrol	0,88 \pm 0,13	0,75 \pm 0,15	1,83 \pm 0,10	2,00 \pm 0,13
	Bakır	1,04 \pm 0,18	1,49 \pm 0,21	1,86 \pm 0,25	2,09 \pm 0,11
Trigliserit ($\text{g } 100 \text{ ml}^{-1}$)	Kontrol	31 \pm 11	323 \pm 87	511 \pm 82	442 \pm 117
	Bakır	122 \pm 34	297 \pm 61	529 \pm 230	464 \pm 106
Na (mmol l^{-1})	Kontrol	124,1 \pm 4,9	126,7 \pm 5,6	131,4 \pm 3,7	127,3 \pm 8,3
	Bakır	134,7 \pm 0,9	129,1 \pm 7,3	138,0 \pm 4,1	139,4 \pm 4,0
K (mmol l^{-1})	Kontrol	3,7 \pm 0,3	3,2 \pm 0,5	1,4 \pm 0,4	2,9 \pm 0,4
	Bakır	2,4 \pm 0,3	3,2 \pm 0,5	1,6 \pm 0,3	3,0 \pm 0,2

Tablo 12. Yemdeki bakırın gökkuşuğu alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) hematolojisi üzerine etkileri (Handy ve ark.,1999).

Parametreler	Uyg.	Süre (Aylar)			
		0	1	2	3
RBC (10^6 mm^3)	Kontrol	0,62 \pm 0,04	0,70 \pm 0,03	0,79 \pm 0,04	0,99 \pm 0,04
	Bakır	0,65 \pm 0,02	0,76 \pm 0,05	0,86 \pm 0,03	1,04 \pm 0,04
WBC ($\text{g } 10^3 \text{ mm}^3$)	Kontrol	14,9 \pm 1,17	17,9 \pm 1,40	15,5 \pm 1,10	12,6 \pm 0,93
	Bakır	13,9 \pm 0,99	17,1 \pm 2,50	12,1 \pm 1,90	10,1 \pm 1,03
Hemoglobin (g dl^{-1})	Kontrol	7,22 \pm 0,29	7,06 \pm 0,26	6,97 \pm 0,37	7,16 \pm 0,22
	Bakır	7,04 \pm 0,26	7,33 \pm 0,15	7,31 \pm 0,29	7,58 \pm 0,37
Hematokrit (%)	Kontrol	32,4 \pm 0,57	31,4 \pm 1,71	36,8 \pm 1,80	40,4 \pm 2,00
	Bakır	29,5 \pm 0,69	34,1 \pm 1,02	38,9 \pm 1,60	44,6 \pm 1,60

Gökkuşuğu alabalığında balığın daha çekici görünmesi için kullanılan karetenoidlerden biri olan astaxantin' in büyüme üzerine etkisi olmazken, eritrosit sayısı (RBC), hematokrit, hemoglobin ve eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin konsantrasyonu (MCHC) gibi değerlerde düşmeye sebep olmaktadır (Rehulka, 2000).

Olsvik ve ark. (2000), Rugla ve Naustebekeen nehirlerinden yaptıkları örneklemelerde kahverengi alabalıklarda farklı organlarda farklı konsantrasyonlarda metal birikimleri olduğunu rapor etmektedirler. Cd, Cu ve Zn miktarları bakımından her iki nehirde yaşayan balıkların solungaç ve böbreklerinde miktar olarak en fazla çinko, karaciğerinde ise en fazla bakır biriktiğini tespit etmişlerdir (Tablo 13).

Tablo 13. İki farklı nehirdeki kahverengi alabalıklarda (*Salmo salar*) farklı dokularda metal konsantrasyonları ($\mu\text{g} / \text{g}$ doku yaş ağırlık) (Olsvik ve ark., 2000).

Doku	Metal	Rugla Nehri	Naustebekeen Nehri
Solungaç	Cd	0,55 (0,48 - 0,64)	2,34 (1,94 - 3,59)
	Cu	1,91 (1,72 - 2,04)	1,51 (1,18 - 1,68)
	Zn	152,97 (139,20 - 181,98)	473,73 (380,25 - 503,43)
Karaciğer	Cd	0,71 (0,69 - 1,00)	6,95 (6,05 - 7,79)
	Cu	200,08 (199,00 - 309,76)	89,99 (59,67 - 146,47)
	Zn	33,33 (30,30 - 34,40)	54,01 (39,50 - 98,79)
Böbrek	Cd	1,17 (1,03 - 1,19)	15,45 (11,44 - 17,41)
	Cu	2,13 (2,08 - 2,30)	4,62 (3,82 - 5,11)
	Zn	67,20 (55,66 - 82,08)	195,76 (133,62 - 273,55)

Bakır, demir, çinko, manganez, iyot, kobalt, selenyum ve krom gibi metallere memelilerde ve balıklarda (daha az miktarlarda) normal fizyolojik fonksiyonlar için eser miktarlarda ihtiyaç duyulmaktadır. Gerek balıklarda gerekse memelilerde, bunlardan biri yada birkaçının vücut hücrelerinde yüksek konsantrasyonlara ulaşması fizyolojik fonksiyonları değiştirmektedir. Metaller, endüstriyel atık sular ve eski madenlerden sulara geçmektedirler. Asit yağmurları da çevredeki topraktan metallerin süzülmesine sebep olmaktadır. Balık fizyolojisi üzerine kirlilik etkileri çalışmalarında en yaygın olarak görülen metaller; bakır, çinko, kalay, kadmiyum, cıva, krom, kurşun, nikel, arsenik ve alüminyumdur. Salmonlarda toksik etki açısından ağır metallerin sıralanışı $\text{Hg} \geq \text{Cd} > \text{Cu}$ şeklindeyken, vücutta birikme bakımından sıralama $\text{Hg} \gg \text{Pb} > \text{Cr}$, Cd olmaktadır (Yanık ve Atamanalp, 2001).

Sonuç olarak balık yetiştiriciliği yapılan sulara (tatlı su, tuzlu su, akarsu ve durgun su), içerisinde barındırmış oldukları organizmalara zarar verebilecek her çeşit yabancı maddelerin karıştırılmaması insan sağlığı açısından, ekonomik açıdan ve organizmaların sağlığı açısından büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle gerekli ön tedbirler alındıktan ve incelemeler yapıldıktan sonra balık üretim tesisleri planlanmalı, doğal suların avlanan balıklardan metal birikimi sonucu olabilecek zehirlenmeler ve ölümlerin önüne geçilebilmesi için ise

doğal su kaynaklarımızın her çeşit kirleticilerden korunması zorunludur.

Kaynaklar

- Atamanalp, M., 2000. Bir sentetik piretroit insektisitinin (Cypermethrin) sublethal dozlarının gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'na makroskopik, histopatolojik, hematolojik ve biyokimyasal etkileri. A. Ü. Fen Bil. Enst. Su Ürünleri Anabilim dalı, Doktora tezi (Yayımlanmamış).
- Atamanalp, M., M. S., Keleş, H. İ. Haliloğlu, M. S. Keleş, 2002 a. The effects of Cypermethrin (a synthetic pyrethroid) on some biochemical parameters (Ca, P, Na and TP) of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Tr. J. of Veterinary & Animal Sciences, (26): 1157-1160.
- Atamanalp, M., T. Yanık, H. İ. Haliloğlu, M. S. Aras, 2002 b, Alterations in the hematological parameters of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, exposed to cypermethrin. The Israeli J. of Aquaculture – Bamidgheh. 54 (2): 99-103.
- Bullock, G., V. Blazer, S. Tsukuda, S. Summerfelt, 2000. Toxicity of acidified chitosan for cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 185: 273-280.
- Datta, S., L. Hansen, L. McConnell, J. Baker, J. LeNoir, J. N. Seiber, 1998. Pesticides and PCB contaminants in fish and tadpoles from the Kaweah River Basin, California. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 60: 829-836.
- Everall, N. C., C. G. Mitchell, D. B. Groman, J. A. A. Johnston, 1991. Tracing of haematotoxic agents in water with the aid of captive fish: a study with captive Atlantic salmon *Salmo salar* in the River Don, Aberdeenshire, Scotland. Diseases of Aquatic Organisms, 10: 75-85.
- Gerhardt, A., 1998. Whole effluent toxicity testing with *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum 1792): survival and behavioral responses to a dilution series of a mining effluent in South Africa. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 35: 309-316.
- Goss, G. G., C. M. Wood, 1988. The effects of acid and acid/aluminum exposure on circulating plasma cortisol levels and other blood parameters in the rainbow trout, *Salmo gairdnerii*. J. Fish. Biol. 32: 63-76.
- Handy, R. D., D. W. Sims, A. Giles, H. A. Campbell, M. M. Musonda, 1999. Metabolic trade-off between locomotion and detoxification for maintenance of blood chemistry and growth parameters by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during chronic dietary exposure to copper. Aquatic Toxicology, 47: 23-41.
- Hollis, L., J. C. McGeer, D. G. McDonald, C. M. Wood, 1999. Cadmium accumulation, gill Cd binding, acclimation, and physiological effects during long term sublethal Cd exposure in rainbow trout. Aquatic Toxicol. 46: 101-119.
- Julshamn, K., K. J. Andersen, O. Ringdal, J. Brenna, 1988. Effect of dietary copper on the hepatic concentration and subcellular distribution of copper and zinc in the rainbow trout (*Salmo gairdnerii*). Aquaculture. 73: 143-155.
- Knoph, M. B., 1996. Gill ventilation frequency and mortality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) exposed to high ammonia levels in seawater. Wat. Res., 30 (4): 837-842.
- Knoph, M. B., Y. A. Olsen, 1994. Subacute toxicity of ammonia to Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in seawater: effects on water and salt balance, plasma cortisol and plasma ammonia levels. Aquatic Toxicol., 30: 295-310.
- Knoph, M. B., K. Thorud, 1996. Toxicity of ammonia to Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in seawater-effects on plasma osmolality, ion, ammonia, urea and glucose levels and hematologic parameters. Comp. Biochem. Physiol., 113A (4): 375-381.
- Köck, G., M. Triendl, R. Hofer, 1996. Seasonal patterns of metal accumulation in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) from an oligotrophic Alpine lake related to temperature. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 780-786.

- Lanno, R. P., S. J. Slinger, J. W. Hilton, 1985. Effect of ascorbic acid on dietary copper toxicity in rainbow trout (*Salmo gairdnerii*). *Aquaculture*. 49: 269-287.
- Miller, P. A., R. P. Lanno, M. E. McMaster, D. G. Dixon, 1993. Relative contributions of dietary and waterborne copper to tissue copper burdens and waterborne-copper tolerance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 1683-1689.
- Olsvik, P. A., P. Gundersen, R. A. Andersen, K. E. Zachariassen, 2000. Metal accumulation and metallothionein in two populations of brown trout, *Salmo trutta*, exposed to different natural water environments during a run-off episode. *Aquatic Toxicology*. 50: 301-316.
- Paul, E. A., H. A. Simonin, 1996. Effects of Naled, synergized, and non-synergized Resmethrin on the swimming performance of young trout. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 57: 495-502.
- Powell, M. D., S. F. Perry, 1996. Respiratory and acid-base disturbances in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) blood during exposure to Chloramine T, paratoluenesulphonamide, and hypochlorite. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 701-708.
- Rehulka, J., 2000. Influence of astaxanthin on growth rate, condition, and some blood indices of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 190: 27-47.
- Sahagün, A. M., M. T. Teran, J. J. Garcia, M. Sierra, N. Fernandez, M. J. Diez, 1997. Organochlorine pesticide residues in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, taken from four fish farms in Leon, Spain. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 58: 779-786.
- Wang, J. S., K. L. Simpson, 1996. Accumulation and depuration of DDTs in the food chain from Artemia to brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 56: 888-895.
- Wilkie, M. P., C. M. Wood, 1995. Recovery from high pH exposure in the rainbow trout: white muscle ammonia storage, ammonia washout, and the restoration of blood chemistry. *Physiological Zoology*, 68 (3): 379-401.
- Yanık, T., Atamanalp, M., 2001, Balık Yetiştiriciliğinde Su Kirliliğine Giriş. Atatürk Üniv., Ziraat Fakültesi Ders Yay. No: 226.