

## **Krom (VI)'nın *Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio*, *Clarias gariepinus* ile *Callinectes sapidus*'un Dokularında Birikimi, Protein ve Glikojen Düzeylerine Etkileri**

**Nuray ÇİFTÇİ\*, Bedii CİCİK**

Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yenişehir Kampüsü

\*Sorumlu yazar: nciftci@mersin.edu.tr

### **Özet**

Araştırmada, krom (VI)'nın 0.5, 1.0 ve 2.0 ppm'lik ortam derişimlerinin 7, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde *Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio*, *Clarias gariepinus* ve *Callinectes sapidus*'un dokularındaki metal birikimi ile protein ve glikojen düzeylerindeki değişimler incelenmiştir. Doku örneklerinin krom analizi Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrik yöntemle, doku protein analizi Lowry, glikojen analizi ise Antron metodu ile yapılmıştır. Kromun belirlenen süre ve ortam derişimlerinin etkisinde incelenen türlerde mortalite gözlenmemiştir. Belirlenen türlerde ve incelenen kas, solungaç, karaciğer ve hepatopankreas dokularında krom birikimi, metalin ortam derişimi ve etkide kalma süresindeki artışa bağlı olarak artmıştır. Birikim balıklarda en yüksek karaciğer, *C. sapidus*'da ise 0.5 ppm dışında solungaçlarda olurken, balık türleri arasında en yüksek *C. gariepinus*'da olduğu belirlenmiştir. İncelenen türlerde total protein düzeyi *C. carpio* dışında, glikojen düzeyi ise tüm türlerde ortam derişimi ve etkide kalma süresindeki artışa bağlı olarak azalmıştır. Krom etkisinde dokularda meydana gelen birikim, detoksifikasyon mekanizmaları ile glikojen ve total protein düzeylerindeki değişimler de metalin metabolik ve fizyolojik olaylarda neden olduğu değişikliklerle açıklanabilir.

*Anahtar Kelimeler:* Krom, Balık, Omurgasız, Birikim, Total Protein, Glikojen

## **Accumulation of Chromium (VI) in Tissues of *Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio*, *Clarias gariepinus*, *Callinectes sapidus* and Its Effect on Protein and Glycogen Levels**

### **Abstract**

Accumulation of chromium in tissues of *Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio*, *Clarias gariepinus* and *Callinectes sapidus* and its effect on protein and glycogen levels were studied after exposing the animals to 0.5, 1.0 and 2.0 ppm chromium over 7, 15 and 30 days. Chromium analysis of the tissue samples were carried out using atomic absorption spectrophotometric methods and tissue protein and glycogen analysis were carried out using Lowry and Anthron methods respectively. No mortality was observed in any of the chromium concentrations after 30 days of exposure. Chromium accumulation increased with increasing metal concentrations and exposure periods in the muscle, gill, liver and the hepatopankreas tissues studied. Accumulation was highest in liver tissues of fish whereas in hepatopankreas in *C. sapidus* except in 0.5 ppm chromium and it was higher in *C. gariepinus* compared the other two fish species. Total protein levels decreased with increasing concentrations of the metal and with prolonged exposure periods except *C. carpio*, while glycogen levels decreased with increasing exposure concentrations and periods in all the species studied. Tissue accumulation of chromium can be explained by detoxification mechanisms and changes in protein and glycogen levels might be due to metabolic and physiological changes caused by the metal.

*Key words:* Chromium, Fish, Invertebrate, Accumulation, Total Protein Glycogen

## GİRİŞ

Nüfus artışı ile birlikte hızlı kentleşme ve endüstrileşme, kimyasal tarım uygulamalarındaki artış, kirleticilerin evsel, endüstriyel ve tarımsal atıklarla doğal ortamlara katılımını arttırmış ve tüm ekosistemleri tehdit eder hale gelmiştir (Biney ve ark.,1994). Krom, doğada -2 'den +6 'ya kadar değişen birçok farklı kimyasal formda bulunur. Bunlardan +2, +4 ve +5 değerlikli formları stabil olmayıp +3 değerlikli forma dönüşürken +3 değerlikli formu da +6 değerlikli forma oksitlenir (Langard ve Norseth, 1979). Bu geniş spektrumda kromun biyolojik bakımdan aktif formlarını Cr (III) ve Cr (VI) oluşturur.

Hayvansal organizmalarda Cr (III) düşük derişimlerde karbonhidrat, lipid ve protein metabolizmasında işlev görürken (Debetto ve ark., 1988), Cr (VI) yüksek düzeyde oksidasyon yeteneğine sahip olduğundan biyolojik membranlarla etkileşime girerek yapısal bütünlükte ve madde taşınımında bozukluğa neden olur. Bu nedenle Cr (VI), Cr (III)'e oranla biyolojik sistemlerde daha toksik etkilidir (Langard ve Norseth, 1979; Begum ve ark., 2006). Kromun başlıca doğal kaynağı yer kabuğu olup, litosfer, hidrosfer ve atmosfer arasında doğal bir döngüye sahiptir. Krom, metal ve elektrod kaplama, deri tabaklama, tekstil, fosfatlı gübre, paslanmaz çelik, ferrokrom ve pigment üretimi gibi çeşitli metalurji ve kimya endüstrilerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Babich ve ark., 1982). Doğal döngüdeki sapmalar, atmosferik olaylar ve belirtilen kaynakların atıkları, kromun çevreye, sonuçta alıcı ortam olan sucul ekosistemlere katılımını arttırmış ve akuatik organizmaların olumsuz yönde etkilenmesine neden olmuştur.

Gerek laboratuvar gerekse doğal ortam koşullarında sucul omurgalı ve omurgasız türleri ile yürütülen araştırmalarda +6 değerlikli krom etkisinin, metabolik ve fizyolojik olaylarla, biyokimyasal ve hematolojik parametrelerde bunların yanı sıra morfolojik ve histopatolojik değişimlere neden olduğu belirlenmiştir (Vutukuru, 2005; Adhikari ve ark., 2006; Farag ve ark., 2006; Vinodhini ve Narayanan, 2008; Mishra ve Mohanty 2009).

Ağır metal gibi kirleticilerin sucul organizmalardaki birikim ve toksik etkileri metalin ortamdaki alınımla ilgili olduğu gibi organların metabolik aktivitesi ile de yakından ilişkilidir. Akuatik canlılar tarafından ağır metallerin ortamdaki alınımları besin, solungaçlar ve tüm vücut yüzeyinden absorpsiyon yolları ile gerçekleşir (Heath, 1985). Solungaçların başlıca solunum organı olması, iyon regülasyonunda işlev görmesi ve doğrudan doğruya ortam ile etkileşim halinde olması toksik kimyasallar için hedef organı oluşturur.

Omurgalı hayvanlarda karaciğer, omurgasızlarda hepatopankreas, barsaktan absorbe edilen besin maddelerinin birbirine dönüşümünde, yağ asitlerinin sindiriminde işlev yapan safra tuzlarının sentezinde ve hormonların metabolize edilmesi ile enerji veren yakıtın depo formunu oluşturan ve kan glikozunun başlıca kaynağı olan glikojenin depolanmasında ve ağır metallerin regülasyonunda işlev gören metabolik olarak aktif bir organdır (Heath, 1985; Cicik, 1995). Bununla birlikte, ağır metalleri bağlayarak toksik etkilerinin yok edilmesinde işlev yapan metallothionein (Langston ve ark., 2002) ile glutatyonun başlıca sentez yerinden birisidir.

Ağır metaller, hayvansal organizmalarda doku birikimi ile birlikte metabolik ve fizyolojik olayları etkilediğinden temel organik bileşenlerinde de değişimlere neden olur. Karbonhidratlar, hayvansal organizmaların başlıca enerji kaynağı olduğu gibi, glikoprotein, glikolipid, ve mukopolisakaritlerin yapısına katılarak hücre yenilenmesinde

ve doku organizasyonunda önemli işleve sahiptirler (Vutukuru, 2005; Arslan ve ark.,2006). Glukoz, karbonhidratların başlıca yapısal bileşeni olup, fazlası omurgalı hayvanların kas ve karaciğer dokularında glikojen formunda depo edilir.

Proteinler, canlılarda yapısal bileşen olarak işlev gördükleri gibi sucul organizmalarda enerji kaynağı olarak kullanılmakta (Vutukuru, 2003), özellikle zararlı bileşikleri bağlayarak detoksifiye edilmesinde iş görmektedirler (Cicik ve Erdem, 1992).

Sucul organizmalarda ağır metallerin doku birikimi, su kolonundaki yaşam alanlarına bağlı olarak değişim gösterdiği gibi, organizasyon düzeyine bağlı olarak da değişim gösterir. Bentik türler, pelajik türlere oranla dokularında daha yüksek derişimlerde ağır metal biriktirirler (Marchese ve ark., 2008).

Tarım alanlarının daralması, hayvancılığın azalması, hayvansal protein gereksiniminin karşılanmasında, dikkatlerin su ürünlerinde yoğunlaşmasına neden olmuştur. Bu süreç içerisinde sucul ekosistemler de olduğu gibi kalmayıp kirlilik düzeyi artarak sucul organizmaları besin zinciri aracılığı ile insan sağlığını tehdit eder duruma gelmiştir. Dolayısıyla sucul ekosistemlerde çeşitli trofik düzeylerde ağır metal gibi kirleticilerin birikimi ile metabolik ve fizyolojik olaylar üzerine etkilerinin incelenmesi su ürünlerinin sürdürülebilirliği, sucul organizmalarla insan sağlığı açısından oldukça önemli olduğundan bu araştırmada toksik etkili bir ağır metal olan kromun laboratuvar koşullarında belirli süre ve ortam derişimlerinde tatlı sulardaki besin zincirinin farklı trofik düzeylerinde yer alan dört farklı türün doku ve organlarındaki birikimi ile total protein ve glikojen derişimleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada materyal olarak, *C. gariepinus*, *C. carpio* ve *O. niloticus* ile *C. sapidus* türleri kullanılmıştır. Deneyler Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Uygulama Birimlerinde yer alan  $24\pm 1$  °C durağan sıcaklığa sahip, 12 saat aydınlık 12 saat karanlık fotoperiyod uygulanan Temel Bilimler Araştırma laboratuvarında yürütülmüştür. Denekler, Mersin ili Silifke ilçesinde bulunan, özel çevre koruma alanı içerisinde yer alan yetiştirme havuzlarından sağlanmış Laboratuvara getirilen bir türe ait bireyler, her biri 40x100x40 cm boyutlarındaki stok cam akvaryumlar içerisinde bir ay süreyle bekletilerek ortam koşullarına uyumları sağlanmıştır.

Deneyler her bir tür için belirlenen süreler dikkate alınarak 3 seri halinde yürütülmüş ve her seride her biri 40x100x40 cm boyutlarında olan 4 adet cam akvaryum kullanılmıştır. Akvaryumlardan ilk üçüne sırasıyla 120'şer L. Kromun 0.5, 1.0 ve 2.0 ppm'lik derişimlerdeki çözeltileri konurken, dördüncü akvaryuma krom içermeyen dinlenmiş çeşme suyu konarak kontrol grubu olarak incelenmiştir. Deneyler üç tekrarlı olarak yürütülmüş ve her tekrarda iki birey kullanılmıştır. Bu nedenle akvaryumların her birine 6 birey konmuştur

Deneylerde materyal olarak kullanılan türlere ait bireylerin ortalama boy (cm) ve ağırlıkları (g) Çizelge 1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.** İncelenen türlere ait bireylerin ortalama boy (cm) ve ağırlıkları (g)

İncelenen Tür	Boy (cm)	Ağırlık (g)
<i>Clarias gariepinus</i>	21,97 ± 3,11	81,56 ± 2,97
<i>Cyprinus carpio</i>	10,82 ± 0,93	15,75 ± 3,85
<i>Oreochromis niloticus</i>	11,25 ± 0,21	22,11 ± 1,27
<i>Callinectes sapidus</i>	11,12 ± 1,11	95,72 ± 8,24

Krom çözeltilerinin hazırlanmasında stok çözelti olarak, kromun (+6) değerlikli bileşiği olan  $K_2Cr_2O_7$ 'ın sulu çözeltisi kullanılmıştır. Deney akvaryumlarında metalin presipitasyonunu engellemek ve askıda kalmasını sağlamak amacıyla stok çözeltilerin hazırlanması sırasında  $K_2Cr_2O_7$ 'a trisodyum sitrat ( $C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O$ ) eklenmiştir.

Araştırmalar süresince akvaryumlardaki krom çözeltilerinin derişiminde adsorbsiyon, presipitasyon ve evaporasyon gibi nedenlerle değişimler olabileceğinden, deney çözeltileri her iki günde bir stok çözeltiden uygun seyreltmeler yapılarak değiştirilmiş ve ortam yenilenmiştir. Kromun belirlenen derişimlerinin 7, 15 ve 30 gün sürelerle etkisi sonunda incelenen türlerin hiç birinde mortalite gözlenmemiştir.

Sucul organizmaların doku ve organlarındaki metal birikimi suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişim gösterdiğinden deney akvaryumlarındaki suyun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2'de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.** Deney akvaryumlarındaki suyun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Sıcaklık (°C)	22 ± 1
Toplam Sertlik (ppm $CaCO_3$ )	246,2 ± 2,56
Toplam Alkalinite (ppm $CaCO_3$ )	409 ± 0,39
pH	8,1 ± 0,03
Çözünmüş oksijen (mg/L)	7,56 ± 0,72

Deneyler süresince incelenen balık türleri, günde bir kez aynı saatte toplam biyomasın %2'si kadar hazır balık yemi (Pınar, Pelet No.2) ile beslenirken, yengeçler MEÜ Su Ürünleri Fakültesi Uygulama Biriminde yer alan Yetiştiricilik Ünitesinden sağlanan *O. niloticus* türü balıklarla beslenmişlerdir. Akvaryumlarda havalandırma merkezi havalandırma sistemi ile sağlanmıştır.

Belirlenen süreler sonunda deney ve kontrol akvaryumlarından çıkarılan denekler, incelenen parametrelerden doku total protein ve glikojen derişimleri strese bağlı olarak değişim gösterdiğinden Etilen Glikol Mono Fenil Eter anesteziği ile bayıltılmıştır. Çeşme suyu ile yıkanarak vücut yüzeyindeki metal rezidüleri uzaklaştırılan denekler kurutma kağıdı ile kurulanmış ve diseksiyona hazır hale getirilmiştir. İncelenen balık türlerinde bireylerin her birinin kas, solungaç ve karaciğer dokuları, *C. sapidus*'da ise kas, solungaç ve hepatopankreas dokuları ayrı ayrı disekte edilerek metal birikimi, protein ve glikojen analizinde kullanılmıştır. Metal birikim analizi kas, solungaç, karaciğer ve hepatopankreas dokularında yapılırken, protein ve glikojen analizleri sadece kas, karaciğer ve hepatopankreas dokularında yapılmıştır.

Dokuların metal analizinde atomik absorbsiyon spektrofotometrik yöntem (AAS) kullanılmıştır. Bu amaçla balık ve yengeç doku örnekleri, 150 °C'ye ayarlı etüve arke 72

saat süreyle sabit tartıma getirilerek, kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Kuru ağırlıkları belirlenen doku örnekleri deney tüplerine aktarılmış ve üzerlerine nitrik asit ( %65, Baker)- perklorik asit (%65, Erba) (2/1; v/v) karışımı eklenerek 120 °C’de 60 dakika süreyle yakılmıştır. Yakma işlemi tamamlanan doku örnekleri polietilen tüplere aktarılarak toplam hacimleri distile su ile 10 ml’ye tamamlanmış ve Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS)’nde analize hazır hale getirilmiştir (Cicik, 1995).

Total protein düzeyini belirlemek amacıyla incelenen türlerden disekte edilen dokular yaş ağırlıkları saptandıktan sonra, 0,3 M Sükroz (Merck, Ekstra pure) çözeltisi içerisinde 24000 devir/dakika’da Ultra-Turrax T-25 homojenizatör ile 5 dakika homojenize edilmiştir. Daha sonra homojenizasyonu bozan partikülleri ortamdan uzaklaştırmak amacıyla, homojenatlar 10 dakika süreyle 2000 devir/dakika’da santrifüjlenmiştir (Hettich; Universal-1200). Homojenatlardaki total protein düzeyleri Lowry yöntemi ile belirlenmiştir (Wedemeyer ve Yasutake, 1977).

Glikojen derişimleri belirlenecek olan örnekler yaş ağırlıkları saptandıktan sonra, protein ve lipid ekstraksiyonu için santrifüj tüplerine aktarılmış, üzerlerine 3 ml % 30’luk KOH çözeltisi eklenerek kaynar su banyosunda 20 dakika süreyle bekletilmiştir. Bu süre sonunda örneklerin üzerine 0,5 ml doymuş Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile 3 ml % 95’lik etil alkol eklenerek 15 dakika kaynatılmıştır. Daha sonra örnekler 10 dakika süreyle 3500 devir/dakika’da santrifüjlenerek süpernatant kısım atılmıştır. Tüplerdeki presipite kısım 2 ml distile su içerisinde çözülerek üzerine 2,5 ml %95’lik etil alkol eklenmiş ve 10 dakika süreyle 3500 devir/dakika’da santrifüjlenerek süpernatant kısım atılmıştır. Bu şekilde protein ve lipidden arındırılan çökelti 2 ml 5 M HCl içerisinde çözülerek 0,5 M NaOH ile nötralize edilmiş ve distile su ile toplam hacim 50 ml’ye seyreltilerek analize hazır hale getirilmiştir (Wedemeyer ve Yasutake, 1977). Örneklerdeki glikojen derişimleri Antron yöntemine göre belirlenmiştir (Plummer, 1971). Metal birikimi, total protein ve glikojen derişimlerine ait verilerin istatistik analizinde Student Newman Keul’s (SNK) testi uygulanmıştır (Rholf ve Sokal, 1969).

## BULGULAR

Beslenme alışkanlıkları, metabolik, fizyolojik ve morfolojik özellikleri ile su kolonundaki yaşam alanları farklı türlerle yürütülen bu çalışmada denekler, 7, 15 ve 30 gün sürelerle kromun 0.5, 1.0 ve 2.0 ppm’lik derişimlerinin etkisinde bırakılmıştır. Kromun belirlenen süre ve ortam derişimlerinin etkisinde incelenen balık türleri ile *C. sapidus*’da mortalite gözlenmemiştir.

Balık türlerinin hepsinde kromun belirlenen süre ve ortam derişimlerinin etkisi, incelenen dokulardaki metal birikimini kontrole oranla istatistiksel bakımdan önemli düzeyde arttırmıştır (P<0.05) (Çizelge 3-12).

*C. carpio* ve *O. niloticus*’da kas dokusu dışında, *C. gariepinus*’da incelenen tüm dokularda, belirli bir sürede kromun ortam derişimindeki artış metal birikimini arttırmıştır. Belirlenen derişimlerde balıkların dokularındaki krom birikimi etkide kalma süresindeki artışa bağlı olarak artmıştır (Çizelge 3-12).

**Çizelge 3.** *C. carpio*'da kromun karaciğer dokusundaki birikimi ( $\mu\text{g Cr/g k.a.}$ ) üzerine ortam derişimi ve sürenin etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)		
	7	15	30
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	5,51 $\pm$ 0,75 as	5,09 $\pm$ 0,39 as	5,90 $\pm$ 0,77 as
0.5	10,76 $\pm$ 0,66 at	13,90 $\pm$ 0,23 at	15,65 $\pm$ 1,56 at
1.0	15,91 $\pm$ 0,41 ax	21,07 $\pm$ 0,71 bx	23,37 $\pm$ 0,69 bx
2.0	20,16 $\pm$ 0,62 ay	28,18 $\pm$ 1,51 by	33,03 $\pm$ 0,30 cy

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P < 0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama  $\pm$  Standart Hata

**Çizelge 4.** *C. carpio*'da kromun solungaç dokusundaki birikimi ( $\mu\text{g Cr/g k.a.}$ ) üzerine ortam derişimi ve sürenin etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)		
	7	15	30
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	4,52 $\pm$ 0,26 as	4,09 $\pm$ 0,39 as	3,90 $\pm$ 0,77 as
0.5	9,19 $\pm$ 0,52 at	11,32 $\pm$ 0,99 at	15,39 $\pm$ 0,55 bt
1.0	11,68 $\pm$ 0,59 ax	16,35 $\pm$ 0,96 bx	19,15 $\pm$ 0,00 bx
2.0	17,22 $\pm$ 0,82 ay	22,00 $\pm$ 0,10 by	25,65 $\pm$ 0,60 cy

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P < 0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama  $\pm$  Standart Hata

**Çizelge 5.** *C. carpio*'da kromun kas dokusundaki birikimi ( $\mu\text{g Cr/g k.a.}$ ) üzerine ortam derişimi ve sürenin etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)		
	7	15	30
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	1,48 $\pm$ 0,37 as	2,78 $\pm$ 0,93 as	2,98 $\pm$ 0,35 as
0.5	6,24 $\pm$ 0,29 at	6,16 $\pm$ 0,00 at	6,35 $\pm$ 0,39 at
1.0	5,23 $\pm$ 0,60 at	7,81 $\pm$ 0,00 bt	8,43 $\pm$ 0,00 bx
2.0	9,55 $\pm$ 0,29 ax	13,03 $\pm$ 0,00 bx	15,52 $\pm$ 0,00 cy

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P < 0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama  $\pm$  Standart Hata

**Çizelge 6.** *O. niloticus*'da kromun karaciğer dokusundaki birikimi ( $\mu\text{g Cr/g k.a.}$ ) üzerine ortam derişimi ve sürenin etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)		
	7	15	30
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	8,94 $\pm$ 0,00 as	7,84 $\pm$ 0,30 as	8,06 $\pm$ 1,08 as
0.5	13,41 $\pm$ 0,17 at	15,40 $\pm$ 1,27 at	20,35 $\pm$ 0,62 bt
1.0	22,09 $\pm$ 1,80 ax	28,07 $\pm$ 0,29 bx	33,53 $\pm$ 0,20 cx
2.0	31,53 $\pm$ 1,28 ay	38,18 $\pm$ 1,51 aby	45,90 $\pm$ 2,99 by

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P < 0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama  $\pm$  Standart Hata

**Çizelge 7.** *O. niloticus*'da kromun solungaç dokusundaki birikimi ( $\mu\text{g Cr/g k.a.}$ ) üzerine ortam derişimi ve sürenin etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)		
	7	15	30
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	5,51 $\pm$ 0,75 as	4,59 $\pm$ 0,89 as	5,90 $\pm$ 0,77 as
0.5	11,20 $\pm$ 0,40 at	13,82 $\pm$ 0,49 bt	14,93 $\pm$ 0,45 bt
1.0	13,69 $\pm$ 0,42 ax	15,85 $\pm$ 0,46 abt	19,65 $\pm$ 1,51 bx
2.0	18,72 $\pm$ 0,69 ay	24,50 $\pm$ 0,40 bx	27,65 $\pm$ 1,40 by

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P < 0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama  $\pm$  Standart Hata

**Çizelge 8.** *O. niloticus*'da kromun kas dokusundaki birikimi ( $\mu\text{g Cr/g k.a.}$ ) üzerine ortam derişimi ve sürenin etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)		
	7	15	30
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	2,36 $\pm$ 0,15 as	2,16 $\pm$ 0,72 as	2,52 $\pm$ 0,22 as
0.5	3,10 $\pm$ 0,00 as	3,18 $\pm$ 0,30 as	4,34 $\pm$ 0,30 at
1.0	4,38 $\pm$ 0,37 at	5,63 $\pm$ 0,00 bt	6,04 $\pm$ 0,29 bx
2.0	7,92 $\pm$ 0,12 ax	10,09 $\pm$ 0,63 bx	12,02 $\pm$ 0,46 by

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P < 0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama  $\pm$  Standart Hata

**Çizelge 9.** *C. gariepinus*'da kromun karaciğer dokusundaki birikimi ( $\mu\text{g Cr/g k.a.}$ ) üzerine ortam derişimi ve sürenin etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)		
	7	15	30
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	9,98 $\pm$ 0,00 as	9,09 $\pm$ 0,44 as	8,12 $\pm$ 0,97 as
0.5	22,09 $\pm$ 0,29 at	38,52 $\pm$ 1,37 bt	49,25 $\pm$ 3,10 ct
1.0	37,14 $\pm$ 0,54 ax	55,30 $\pm$ 0,97 bx	76,94 $\pm$ 1,75 cx
2.0	64,54 $\pm$ 0,48 ay	70,57 $\pm$ 1,97 by	85,40 $\pm$ 0,74 cy

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P < 0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama  $\pm$  Standart Hata

**Çizelge 10.** *C. gariepinus*'da kromun solungaç dokusundaki birikimi ( $\mu\text{g Cr/g k.a.}$ ) üzerine ortam derişimi ve sürenin etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)		
	7	15	30
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	10,60 $\pm$ 0,59 as	10,99 $\pm$ 1,16 as	9,12 $\pm$ 1,89 as
0.5	22,26 $\pm$ 1,09 at	26,65 $\pm$ 0,67 abt	32,75 $\pm$ 2,17 bt
1.0	31,27 $\pm$ 2,08 ax	37,03 $\pm$ 0,95 ax	48,15 $\pm$ 0,58 bx
2.0	42,06 $\pm$ 1,48 ay	53,62 $\pm$ 2,45 by	62,06 $\pm$ 2,00 by

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P < 0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama  $\pm$  Standart Hata

**Çizelge 11.** *C. gariepinus*'da kromun kas dokusundaki birikimi ( $\mu\text{g Cr/g k.a.}$ ) üzerine ortam derişimi ve sürenin etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)					
	7		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	1,22 $\pm$ 0,24	as	1,10 $\pm$ 0,13	as	0,95 $\pm$ 0,20	as
0.5	6,66 $\pm$ 0,58	at	8,08 $\pm$ 0,00	abt	10,04 $\pm$ 0,71	bt
1.0	9,73 $\pm$ 0,38	ax	12,53 $\pm$ 1,44	ax	23,46 $\pm$ 0,28	bx
2.0	14,78 $\pm$ 0,85	ay	17,70 $\pm$ 0,55	by	26,62 $\pm$ 0,29	cy

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P < 0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama  $\pm$  Standart Hata

**Çizelge 12.** *C. sapidus*'da kromun hepatopankreas dokusundaki birikimi ( $\mu\text{g Cr/g k.a.}$ ) üzerine ortam derişimi ve sürenin etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)					
	7		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	7,18 $\pm$ 0,61	as	7,47 $\pm$ 0,69	as	7,22 $\pm$ 0,84	as
0.5	12,39 $\pm$ 2,33	at	18,70 $\pm$ 0,54	bt	23,23 $\pm$ 0,24	bt
1.0	21,05 $\pm$ 0,00	ax	25,12 $\pm$ 0,12	abx	31,44 $\pm$ 3,00	bx
2.0	33,89 $\pm$ 0,00	ay	34,62 $\pm$ 0,40	ay	35,85 $\pm$ 0,58	ax

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P < 0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama  $\pm$  Standart Hata

Belirli bir derişimde *O. niloticus*'un incelenen dokularındaki krom birikimi, deney süresi sonunda 7. güne oranla istatistiksel bakımdan önemli düzeyde artış gösterirken ( $P < 0.05$ ), 15. ve 30. günler arasında istatistiksel bakımdan önemli bir ayırım göstermemiştir ( $P < 0.05$ ) (Çizelge 6-8).

Krom birikiminin *C. gariepinus*'un incelenen tüm dokularında belirli bir derişimde etkide kalma süresinin uzamasına ve belirli bir sürede ortam derişimindeki artışa bağlı olarak arttığı belirlenmiştir (Çizelge 9-11).

Kromun 0.5, 1.0 ve 2.0 ppm'lik derişimlerinin 7, 15 ve 30 gün sürelerle etkisi *C. sapidus*'un hepatopankreas, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimini kontrole göre önemli düzeyde arttırmıştır ( $P < 0.05$ ) (Çizelge 12-14). Belirlenen tüm sürelerde incelenen dokulardaki metal birikimi metalin ortam derişimindeki artışa bağlı olarak istatistiksel bakımdan önemli düzeyde artmıştır ( $P < 0.05$ ).

Hepatopankreas ve kas dokularında 0.5 ppm dışında kromun 1.0 ve 2.0 ppm'lik derişimlerinin etkisinde dokulardaki metal birikimi, belirlenen süreler arasında önemli bir fark göstermemiştir ( $P < 0.05$ ). Hepatopankreas'da 0.5 ve 1.0 ppm, diğer dokularda denenen en düşük ortam derişiminin etkisinde deney süresi sonunda doku metal birikimi 7. güne oranla istatistiksel olarak önemli artış göstermiştir ( $P < 0.05$ ) (Çizelge 12-14).



**Çizelge 13.** *C. sapidus*'da kromun solungaç dokusundaki birikimi ( $\mu\text{g Cr/g}$  k.a.) üzerine ortam derişimi ve sürenin etkileri

Derişim (Cr(VI))	Süre (Gün)					
	7		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	3,94 $\pm$ 0,11	as	4,00 $\pm$ 0,82	as	3,25 $\pm$ 0,00	as
0.5	11,67 $\pm$ 1,87	at	23,33 $\pm$ 0,35	bt	16,56 $\pm$ 0,12	at
1.0	32,15 $\pm$ 0,15	ax	32,28 $\pm$ 1,72	ax	34,52 $\pm$ 1,19	ax
2.0	55,84 $\pm$ 2,81	ay	48,59 $\pm$ 2,38	ay	43,94 $\pm$ 3,22	ay

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P < 0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama  $\pm$  Standart Hata

**Çizelge 14.** *C. sapidus*'da kromun kas dokusundaki birikimi ( $\mu\text{g Cr/g}$  k.a.) üzerine ortam derişimi ve sürenin etkileri

Derişim (Cr(VI))	Süre (Gün)					
	7		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	0,52 $\pm$ 0,00	as	0,91 $\pm$ 0,00	as	0,87 $\pm$ 0,15	as
0.5	8,12 $\pm$ 0,48	at	9,92 $\pm$ 0,38	bt	10,57 $\pm$ 0,00	bt
1.0	13,33 $\pm$ 1,39	ax	18,75 $\pm$ 2,36	ax	22,17 $\pm$ 0,36	ax
2.0	23,31 $\pm$ 1,41	ay	24,60 $\pm$ 1,82	ax	25,93 $\pm$ 0,33	ay

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P < 0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama  $\pm$  Standart Hata

*C. carpio*'da belirli bir sürede kromun 0.5 ppm'lik derişiminin 15 ve 30 gün sürelerle etkisi dışında metalin ortam derişimindeki artış karaciğer total protein düzeyini kontrole oranla istatistiksel bakımdan önemli düzeyde azaltırken ( $P < 0.05$ ), belirli bir ortam derişiminin etkisinde deney süresi sonunda 7. güne oranla arttırmıştır (Çizelge 15).

**Çizelge 15.** *C. carpio*'da karaciğer dokusundaki protein düzeyi ( $\text{mg/g}$  y.a.) üzerine krom ortam derişimlerinin süreye bağlı etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)					
	7		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	126,96 $\pm$ 2,47	as	125,68 $\pm$ 1,14	as	125,16 $\pm$ 3,73	as
0.5	94,99 $\pm$ 3,07	at	135,09 $\pm$ 0,59	bs	167,86 $\pm$ 5,90	ct
1.0	48,63 $\pm$ 3,92	ax	40,26 $\pm$ 4,54	at	116,36 $\pm$ 2,06	bs
2.0	79,06 $\pm$ 1,50	ay	112,68 $\pm$ 4,56	bx	98,70 $\pm$ 0,45	cx

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P < 0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama  $\pm$  Standart Hata

*O. niloticus* ve *C. gariepinus*'da belirli bir sürede metalin ortam derişimindeki artış, karaciğer total protein düzeyini kontrole oranla istatistiksel bakımdan önemli düzeyde azaltmıştır ( $P < 0.05$ ) (Çizelge 17, 19). Bu azalma *C. gariepinus*'da lineer bir durum gösterirken, *O. niloticus*'da 15. günde denenen yüksek derişimlerin etkisinde, 30. günde ise tüm ortam derişimlerinin etkisinde durağan bir durum almıştır (Çizelge 17, 19).

**Çizelge 16.** *C. carpio*'da kas dokusundaki protein düzeyi (mg/g y.a.) üzerine krom ortam derişimlerinin süreye bağı etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)					
	7		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	25,49 ± 0,23	as	25,50 ± 0,43	as	25,82 ± 0,00	as
0.5	19,75 ± 0,90	at	23,20 ± 0,31	at	13,40 ± 1,47	bt
1.0	16,09 ± 0,58	ax	12,62 ± 0,14	ax	11,74 ± 1,46	at
2.0	12,93 ± 0,38	ay	19,58 ± 0,78	by	8,49 ± 0,24	ct

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

**Çizelge 17.** *O. niloticus*'da karaciğer dokusundaki protein düzeyi (mg/g y.a.) üzerine krom ortam derişimlerinin süreye bağı etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)					
	7		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	106,90 ± 1,31	as	104,56 ± 0,80	as	104,22 ± 1,38	as
0.5	77,16 ± 0,49	at	35,10 ± 0,63	bt	11,56 ± 0,16	ct
1.0	64,49 ± 3,82	ax	14,05 ± 1,22	bx	10,58 ± 0,00	bt
2.0	94,17 ± 2,86	ay	13,68 ± 0,69	bx	14,03 ± 0,47	bt

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

**Çizelge 18.** *O. niloticus*'da kas dokusundaki protein düzeyi (mg/g y.a.) üzerine krom ortam derişimlerinin süreye bağı etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)					
	7		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	31,42 ± 0,29	as	30,52 ± 0,18	as	30,74 ± 0,19	as
0.5	25,27 ± 1,12	at	20,60 ± 0,43	bt	11,63 ± 0,00	ct
1.0	21,90 ± 0,16	ax	15,57 ± 1,20	bx	11,20 ± 0,00	ct
2.0	16,93 ± 1,14	ay	12,25 ± 0,74	by	10,71 ± 0,00	bt

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

**Çizelge 19.** *C. gariepinus*'da karaciğer dokusundaki protein düzeyi (mg/g y.a.) üzerine krom ortam derişimlerinin süreye bağı etkileri

Derişim	Süre (Gün)					
	7		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	130,57 ± 0,27	as	131,38 ± 1,15	as	131,73 ± 1,14	as
0.5	97,95 ± 1,28	at	61,70 ± 0,00	bt	35,34 ± 2,13	ct
1.0	83,15 ± 0,86	ax	38,81 ± 0,33	bx	44,89 ± 0,40	cx
2.0	28,84 ± 0,46	ay	25,09 ± 0,00	by	23,35 ± 0,14	cy

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

Kromun belirlenen süre ve ortam derişimlerinin etkisi incelenen üç türün de kas dokusu total protein düzeyini kontrole göre istatistiksel bakımdan önemli düzeyde azaltmıştır ( $P<0.05$ ) (Çizelge 16, 18, 20). Bu azalma *C. carpio* ve *O. niloticus*'da 7. ve 15. günlerde ortam derişimindeki artışa paralellik gösterirken, 30. günde derişimler arasında önemli bir ayırım saptanmamıştır ( $P<0.05$ ) (Çizelge 16, 18). *C. gariepinus*'un kas dokusu total protein düzeyindeki değişimler belirlenen tüm sürelerde incelenen yüksek derişimlerin etkisinde farklılık göstermemiştir (Çizelge 20).

**Çizelge 20.** *C. gariepinus*'da kas dokusundaki protein düzeyi (mg/g y.a.) üzerine krom ortam derişimlerinin süreye bağlı etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)					
	7		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	22,56 ± 0,00	as	23,35 ± 0,62	as	23,59 ± 1,21	as
0.5	19,29 ± 0,55	at	19,82 ± 0,35	at	16,54 ± 0,17	bt
1.0	16,11 ± 0,25	ax	14,72 ± 1,06	ax	13,89 ± 0,26	atx
2.0	15,83 ± 0,00	ax	19,46 ± 0,15	bt	12,35 ± 0,55	cx

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P<0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

*C. sapidus*'da kromun belirlenen ortam derişimlerinin 15 ve 30 gün sürelerle etkisi gerek hepatopankreas gerekse kas dokularındaki total protein düzeyini kontrole göre azaltmış ve bu azalma ortam derişimindeki artışa paralellik göstermiştir (Çizelge 21, 22). İncelenen dokuların total protein düzeylerinde gözlenen düşme aynı zamanda belirli bir ortam derişiminde etkide kalma süresindeki artışa bağlı olarak da istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ) (Çizelge 21, 22).

İncelenen üç farklı balık türünün karaciğer ve kas dokusu total glikojen derişimi metalin ortam derişimi ve etkide kalma süresindeki artışa bağlı olarak istatistiksel bakımdan önemli düzeyde azalmıştır (Çizelge 23-28).

**Çizelge 21.** *C. sapidus*'da hepatopankreas dokusundaki protein düzeyi (mg/g y.a.) üzerine krom ortam derişimlerinin süreye bağlı etkileri

Derişim (Cr(VI))	Süre (Gün)					
	7		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	9,16 ± 0,65	as	7,80 ± 0,70	as	9,65 ± 0,21	as
0.5	7,12 ± 0,00	ast	5,47 ± 0,39	bt	4,66 ± 0,19	bt
1.0	5,01 ± 0,67	atx	3,90 ± 0,00	atx	3,06 ± 0,22	ax
2.0	3,99 ± 0,59	ax	2,72 ± 0,23	abx	1,00 ± 0,21	by

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P<0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

**Çizelge 22.** *C. sapidus*'da kas dokusundaki protein düzeyi (mg/g y.a.) üzerine krom ortam derişimlerinin süreye bağı etkileri

Derişim	Süre (Gün)					
	7		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	4,66 ± 0,65	as	4,10 ± 0,00	as	4,41 ± 0,11	as
0.5	4,49 ± 0,69	as	3,65 ± 0,17	abt	2,26 ± 0,22	bt
1.0	3,87 ± 0,00	as	2,33 ± 0,00	bx	1,65 ± 0,00	cx
2.0	2,65 ± 0,21	at	1,24 ± 0,00	by	0,50 ± 0,00	cy

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

**Çizelge 23.** *C. carpio*'da karaciğer dokusundaki glikojen düzeyi (mg/g y.a.) üzerine krom ortam derişimlerinin süreye bağı etkileri

Derişim (Cr(VI))	Süre (Gün)					
	7		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	121,45 ± 1,48	as	120,95 ± 1,89	as	121,14 ± 0,47	as
0.5	82,96 ± 1,36	at	47,11 ± 0,18	bt	24,69 ± 0,67	ct
1.0	46,28 ± 1,89	ax	29,31 ± 0,63	bx	14,71 ± 0,17	cx
2.0	31,98 ± 0,33	ay	25,76 ± 0,22	bx	12,51 ± 0,13	cy

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

**Çizelge 24.** *C. carpio*'da kas dokusundaki glikojen düzeyi (mg/g y.a.) üzerine krom ortam derişimlerinin süreye bağı etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)					
	7		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	11,72 ± 0,37	as	11,95 ± 0,64	as	12,32 ± 0,63	as
0.5	10,62 ± 0,00	at	9,31 ± 0,17	at	8,18 ± 0,70	at
1.0	9,51 ± 0,18	ax	7,62 ± 0,27	bx	6,43 ± 0,23	ct
2.0	8,25 ± 0,00	ay	5,53 ± 0,00	by	3,24 ± 0,13	cx

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

**Çizelge 25.** *O. niloticus*'da karaciğer dokusundaki glikojen düzeyi (mg/g y.a.) üzerine krom ortam derişimlerinin süreye bağı etkileri

Derişim (Cr(VI))	Süre (Gün)					
	7		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	121,84 ± 0,42	as	120,89 ± 1,78	as	121,63 ± 0,31	as
0.5	96,66 ± 1,48	at	55,15 ± 0,00	bt	22,62 ± 0,68	ct
1.0	58,26 ± 0,17	ax	38,11 ± 0,76	bx	13,23 ± 0,90	cx
2.0	25,81 ± 0,78	ay	19,36 ± 0,11	by	5,35 ± 0,00	cy

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

**Çizelge 26.** *O. niloticus*'da kas dokusundaki glikojen düzeyi (mg/g y.a.) üzerine krom ortam derişimlerinin süreye bağı etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)		
	7	15	30
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	11,63 ± 0,86 as	12,18 ± 1,74 as	12,31 ± 0,00 as
0.5	8,61 ± 0,32 at	7,57 ± 0,27 at	5,77 ± 0,13 bt
1.0	7,63 ± 0,21 at	6,27 ± 0,14 bt	2,47 ± 0,37 cx
2.0	6,27 ± 0,15 at	3,36 ± 0,27 bt	1,47 ± 0,26 cy

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

**Çizelge 27.** *C. gariepinus*'da karaciğer dokusundaki glikojen düzeyi (mg/g y.a.) üzerine krom ortam derişimlerinin süreye bağı etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)		
	7	15	30
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	84,02 ± 1,22 as	83,86 ± 2,63 as	83,21 ± 2,51 as
0.5	77,23 ± 1,11 at	58,05 ± 0,33 bt	24,12 ± 0,82 ct
1.0	67,38 ± 1,17 ax	39,38 ± 0,48 bx	16,65 ± 1,07 cx
2.0	45,26 ± 1,24 ay	30,08 ± 0,67 by	9,72 ± 0,84 cy

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

**Çizelge 28.** *C. gariepinus*'da kas dokusundaki glikojen düzeyi (mg/g y.a.) üzerine krom ortam derişimlerinin süreye bağı etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)		
	7	15	30
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	5,66 ± 0,20 as	5,54 ± 0,21 as	5,31 ± 1,06 as
0.5	4,51 ± 1,13 at	3,15 ± 0,00 bt	2,82 ± 0,00 bt
1.0	3,31 ± 0,26 ax	3,10 ± 0,00 at	1,48 ± 0,12 bt
2.0	2,17 ± 0,00 ay	1,88 ± 0,00 ax	0,78 ± 0,12 bt

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

*C. sapidus*'un hepatopankreas ve kas dokularında da metal etkisinin glikojen düzeylerini ortam derişimi ve etkide kalma süresindeki artışa bağı olarak azalttığı saptanmıştır (Çizelge 29, 30).

**Çizelge 29.** *C. sapidus*'da hepatopankreas dokusundaki glikojen düzeyi (mg/g y.a.) üzerine krom ortam derişimlerinin süreye bağı etkileri

Derişim (Cr(VI) ppm)	Süre (Gün)					
	7		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	51,35 ± 0,00	as	50,95 ± 0,20	as	51,06 ± 0,95	as
0.5	41,24 ± 0,18	at	27,47 ± 1,36	bt	17,66 ± 0,53	ct
1.0	33,68 ± 3,27	ax	20,13 ± 0,00	bx	14,17 ± 0,78	bx
2.0	20,35 ± 0,00	ay	15,12 ± 1,07	by	10,31 ± 0,17	cy

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

**Çizelge 30.** *C. sapidus*'da kas dokusundaki glikojen düzeyi (mg/g y.a.) üzerine krom ortam derişimlerinin süreye bağı etkileri

Derişim	Süre (Gün)					
	7		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	14,16 ± 0,00	as	14,76 ± 0,22	as	14,81 ± 0,14	as
0.5	14,55 ± 0,24	as	13,37 ± 0,23	at	11,06 ± 0,61	bt
1.0	13,28 ± 0,67	as	12,51 ± 0,30	at	9,65 ± 0,40	bx
2.0	11,19 ± 0,35	at	9,24 ± 0,13	bx	7,52 ± 0,25	cy

\*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x ve y harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

## SONUÇ

Sucul organizmalar tarafından çeşitli yollarla vücuda alınan ağır metaller, atılımın alınımı karşılamadığı durumlarda metabolik olarak aktif doku ve organlarda birikime, birikimin taşıma kapasitesini aşması durumunda mortaliteye neden olur. Laboratuvar koşullarında yürütülen araştırmalarda, *Lobea rohita*'da Cr(VI)'nın (Vutukuru, 2005), *Sinopotamon henanense*'de Cd'un (Ma ve ark., 2008) ortam derişimindeki artışın mortalite oranını arttırdığı belirlenmiştir. Kromun belirlenen sürelerde incelenen derişimlerinin balık türleri ile yengeçte mortaliteye neden olmaması metallothionein ve glutasyon gibi metal bağlayıcı proteinlerin sentezinin artması, metabolizma hızının yavaşlatılması, metabolik ve fizyolojik reaksiyonlarda derişimler gibi detoksifikasyon mekanizmalarının uyarılmasının yanı sıra incelenen derişimlerinin anılan türler için düşük olmasından kaynaklanabilir.

Ağır metallerin etkide kalma süresinin başlangıcında balıklarda, akvaryum yüzeyine yönelme, hızlı yüzme, denge kaybı, besin almama, mukus salgılamasında artış, pullarda dökülme, renkte koyulaşma gibi derişikliklerin saptandığı etki süresinin uzaması ile bu derişikliklerin normale döndüğü bildirilmiştir (Vutukuru, 2005; Vutukuru ve ark., 2007). Dört farklı tür ile yürütülen bu araştırmada da krom etkisinin başlangıcında balıklarda akvaryum yüzeyine yönelme, operkulum hareketlerinde artış, ani yer deriştirme hareketleri, aşırı mukus salgılaması gözlenirken, *C. sapidus*'da besin almama gibi davranış derişiklikleri gözlenmiştir. Deney süresinin uzaması ile gözlenen davranış derişikliklerinin normale döndüğü belirlenmiştir. Metal etkisinin başlangıcında gözlenen

ve etkide kalma süresinin uzaması ile normale dönen bu morfolojik ve fizyolojik değişiklikler, değişen ortam koşullarına uyum ile açıklanabilir.

Çeşitli balık türleri ile yürütülen bir araştırmada krom toksisitesinin türe bağlı olarak değişim gösterdiği, *Oncorhynchus mykiss*'in diğer türlere göre krom toksisitesine karşı daha duyarlı olduğu belirlenmiştir (Svecevicus, 2006). *C. carpio*, *O. niloticus* ve *C. gariepinus* ile yürütülen bu araştırmada da kromun belirlenen süre ve ortam derişimlerinin etkisinde incelenen dokularda en yüksek metal birikiminin *C. carpio* ve *O. niloticus*'a oranla *C. gariepinus*'da olduğu saptanmıştır. Belirli bir dokudaki metal birikimi bakımından türler arasındaki bu farklılık metabolik ve fizyolojik özelliklerindeki ayırimdan kaynaklanabilir. Ayrıca söz konusu türlerin doğal ortam koşullarındaki beslenme rejimleri, yaşama alanları ile ekolojik gereksinimleri de farklılık göstermektedir.

Sucul organizmalarda ağır metallerin birikimi dokuya bağlı olarak değişim gösterir. Subletal ortam derişimlerinde krom, *Scardinius erythrophthalmus*'da en fazla böbrekte birikirken (Van Hoof ve Van San, 1981), *O. niloticus* (Çiftçi ve ark., 2010), *C. carpio* ve *Tilapia nilotica*'da karaciğer dokusunda biriktiği saptanmıştır (Canlı ve Kargın, 1995). Üç farklı balık türü ile laboratuvar koşullarında yürütülen bu araştırmada da kromun, 0.5, 1.0 ve 2.0 ppm'lik ortam derişimlerinin 7, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde en fazla karaciğerde biriktiği bunu solungaç ve kas dokularının izlediği belirlenmiştir. Krom birikimi bakımından incelenen dokular arasındaki ayırım, dokuların yapısal ve işlevsel özellikleri ile taşıma kapasitelerindeki ayırım ile açıklanabilir.

*Cancer magister* (Tennant ve Forster, 1969), *Cancer irroratus* (Greig ve Wenzlof, 1977), *Mytilus edulis* (Walsh ve O'Halloran, 1997) ve *Mytilus galloprovincialis* (Parlak ve ark., 1999) gibi omurgasız türleri ile laboratuvar koşullarında yürütülen araştırmalarda, kromun subletal derişimlerinin etkisinde, metal birikiminin kasa oranla solungaç ve hepatopankreasda, daha fazla olduğu belirlenmiştir. *M. galloprovincialis* (Irato ve ark., 2003) ve *Vesicomys gigas* (Ruelas-Inzunza ve ark., 2003) ile yapılan araştırmalarda Cd ve Zn birikimi *M. galloprovincialis*'de en fazla hepatopankreasta olurken, *V. gigas*'da solungaç dokusunda olduğu saptanmıştır. *Sinopotamon henanense*'de Cd'un (Ma ve ark., 2008), *Ucides cordatus*'da Cr ve Mn'in (Corrêa ve ark., 2005) subletal ortam derişimlerinin 96 saat süre ile etkisinde birikimin en yüksek solungaç dokusunda olduğu belirlenmiştir. Omurgasız türlerden materyal olarak *C. sapidus*'un kullanıldığı bu araştırmada da kromun belirlenen düşük ortam derişimlerinin etkisinde en fazla hepatopankreasda birikirken, yüksek ortam derişimlerinin etkisinde solungaç dokusunda biriktiği, etkide kalma süresinin uzaması ile hepatopankreasdaki birikimin solungaç dokusundaki birikimi geçtiği saptanmıştır. Bu durumun türün solungaç dokusunun iç organlar kitlesinin önemli bir kısmını kaplaması ve ortamdaki metal ile doğrudan doğruya etkileşim halinde bulunmasından, etki süresinin uzaması ile birikimin hepatopankreas dokusunda artması ise solungaçların taşıma kapasitesini aşması durumunda metalin başlıca detoksifikasyon merkezi olan hepatopankreasa iletilmesinden kaynaklandığı olasıdır.

Sucul omurgalı ve omurgasız türlerinde ağır metallerin birikim ve toksik etkileri ortam derişimi ve etkide kalma süresindeki artışa bağlı olarak artmaktadır. *Channa punctatus* ile yürütülen bir araştırmada kromun 2,6 ppm'lik ortam derişiminin 30 gün süre ile etkisinde dokulardaki birikimin kontrole göre önemli düzeyde arttığı, 120 gün süreyle etkisinin ise %100 oranında mortalite ile sonuçlandığı belirtilmiştir (Sastry ve Sunita, 1984). Çeşitli

balık ve sucul omurgasız türleri ile yapılan araştırmalarda doku krom birikiminin metalin ortam derişimi ve etkide kalma süresindeki artışa bağılı olarak arttığı saptanmıştır (Walsh ve O'Halloran, 1997; Parlak ve ark., 1999; Gbem ve ark., 2001). Laboratuvar koşullarında 3 farklı balık türü ve *C. sapidus* ile yapılan bu araştırmadan elde edilen doku birikimine ait sonuçlar literatür ile uygunluk göstermektedir. Metalin ortam derişimi ve etkide kalma süresindeki artışa bağılı olarak doku metal birikimindeki artış, metabolik bakımdan aktif dokularda metallothionein gibi metal bağılayıcı proteinlerle glutasyon gibi tripeptidlerin metalleri bağılayarak alıkoymalarından kaynaklanabilir.

Akuatik canlılarda ağır metal etkisi dokularda birikimin yanı sıra metabolik, fizyolojik ve biyokimyasal olaylarda değışimlere neden olur. Sucul organizmaların ağır metal toksisitesine karşı geliştirdikleri başlıca savunma mekanizması olan mukus salınımı hipoksik ya da anoksik koşullara neden olmaktadır. Hipoksik koşullar altında enerji gereksinimi anaerobik yolla sağlanır. Bunun için katekolamin ve glukokortikoid gibi hormonların salınımı uyarılarak hayvansal organizmaların başlıca yüksek enerjili bileşimi olan glukozun kas ve karaciğerde depo formu olan glikojenin yıkımı başlar ve karaciğerde glikojenlisis olayı artar. Glikojenlisis sonucu karbonhidrat kaynakları tükenir ve gereksinim duyulan enerji glukoneogenik enzimler aracılığı ile protein ve lipidlerden sağlanır (Levesque ve ark., 2002).

*L. rohita* (Radhakrishnaiah ve ark., 1992; Vutukuru, 2003; Vutukuru, 2005; Vutukuru ve ark., 2007), *O niloticus* (Abbas ve Ali, 2007) *Colisa fasciatus* (Nath ve Kumar, 1988)'da krom; *L. rohita*, *Cirrhinus mrigala* ve *Catla catla*'da kadmiyum, arsenik ve çinko (Garg ve ark., 2009); *C. carpio*'da kadmiyum (Cicik ve Engin, 2005), *Ruditapes philippinarum*'da kadmiyum, bakır ve kurşun (Blasco ve Puppo, 1999), *Barytelphusa guerini*'de krom etkisinin (Venu Gopal ve ark., 1990) total protein, lipid ve glikojen derişimlerinin azalmasına neden olduğu belirtilmiştir.

Glikojen derişimindeki azalma ağır metal etkisinde artan enerji gereksiniminin karşılanması yanında glikojenin, glikoprotein ve glikolipid yapımında kullanılmasından, protein düzeyinin azalması ise proteinin hücre yenilenmesi ve doku organizasyonu için gerekli lipoprotein ile stres nedeniyle artan mukoprotein yapımında kullanılmasından kaynaklandığı olasıdır.

*C. punctatus*'da kronik krom etkisinde karaciğer glikojen derişimi düşerken, kas glikojen derişiminin arttığı belirlenmiştir (Sastri ve Sunita, 1984) Kas glikojen derişimindeki artış glikoneogenez ile ilişkilendirilebilir.

Sucul organizmalarda doku proteini, ağır metal etkisinde gelişen bir detoksifikasyon mekanizması olan metallothionein ve glutasyon sentezini artırır. *C. carpio*'da çinko etkisinin karaciğer protein düzeyini artırdığı belirlenmiştir (Cicik, 1995).

Yapılan bu araştırmada da kromun belirlenen süre ve derişimleri etkisinde *C. carpio*'nun karaciğer protein düzeyi artarken incelenen diğer türlerde doku protein ve glikojen düzeylerinin düştüğü saptanmıştır. Doku protein ve glikojen düzeylerindeki düşme metal etkisi ile oluşan stres nedeniyle artan enerji gereksiniminin



karşılanmasından, *C. carpio*'nun karaciğer protein düzeyindeki artışın ise metal bağlayıcı proteinlerin sentezindeki artıştan kaynaklanabileceği olasıdır.

## KAYNAKLAR

- Abbas, H.H. and Ali, F.K. 2007. Study the Effect of Hexavalent Chromium on Some Biochemical, Cytotoxicological and Histopatological Aspects of the *Oreochromis* spp. Fish, Pakistan Journal of Biological Sciences, 10(22): 3973-3982.
- Adhikari, S., Ghosh, L. and Ayyappan, S. 2006. Combined Effects of Water pH and Alkalinity on the Accumulation of Lead, Cadmium and Chromium to *Labeo rohita* (Hamilton). Int. J. Environ. Sci. Tech., 3(3): 289-296.
- Arslan, M., Karaytuğ, S. and Cıçık, B. 2006. Effects of Copper on Tissue Glycogen and Sera Glucose Levels of *Clarias lazera* (Valenciennes, 1840). J. Fish. Aquat. Sci., 23(1-1): 23-27.
- Babich, H., Schiffenbauer, M. and Stotzky, G. 1982. Comparative toxicity of trivalent and Hexavalent Chromium to Fungi. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 28: 452-459.
- Begum, G., Venkateswara Rao, J. and Srikanth, K. 2006. Oxidative Stress and Changes in Locomotor Behavior and Gill Morphology of *Gambusia affinis* Exposed to Chromium. Toxicol. Environ. Chem., 88: 355-365.
- Biney, C., Amazu, A.T., Calamari, D., Kaba, N., Mbome, I.L., Naeve, H., Ochumba, P.B.O., Osibanio, R. V. and Saad, M.A.H. 1994. Review of Heavy Metals in the African Aquatic Environment. Ecotoxicol. Environ. Safety, 31: 134-159.
- Blasco J and Puppo, J. 1999. Effect of Heavy Metals (Cu, Cd and Pb) on Aspartate and Alanine Aminotransferase in *Ruditapes philippinarum* (Mollusca: Bivalvia). Comp. Biochem. Physiol. Pharmacol. Toxicol. Endocrinol., 122: 253-63.
- Canlı, M and Kargın, F. 1995. A Comparative Study on Heavy Metal (Cd, Cr, Pb and Ni) Accumulation in Tissues of the Carp *Cyprinus carpio* and the Nile Fish *Tilapia nilotica*. Turkish Journal of Zoology, 19: 165-171.
- Cıçık, B. and Erdem, C. 1992. Effects of Copper on the Quantitative Protein Changes in Liver and Muscle Tissues of *Tilapia nilotica*. Biyokimya Dergisi, 17(1): 51-64.
- Cıçık, B. 1995. *Cyprinus carpio*'da Bakır, Çinko ve Bakır + Çinko Karışımında Solungaç, Karaciğer ve Kas Dokularındaki Metal Birikiminin Nicel Protein, Glikojen ve Kandaki Bazı Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Biyoloji ABD, Adana, 107 s.
- Cıçık, B. 2003. Bakır-Çinko Etkileşiminin Sazan (*Cyprinus carpio*)'nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi Üzerine Etkileri. Ekoloji Çevre Dergisi, 48(12): 32-36.
- Cıçık, B. and Engin, K. 2005. The Effects of Cadmium on Levels of Glucose in Serum and Glycogen Reserves in the Liver and Muscle Tissues of *Cyprinus carpio* (L., 1758). Turkish J. Vet. Ani. Sci., 29(1): 113-117.
- Corrêa, J.D., Silva, M.R., Silva, A.C.B., Lima, S.M.A., Malm, O. and Allodi, S. 2005. Tissue Distribution, Subcellular Localization and Endocrine Distribution Patterns Induced by Cr and Mn in the Crab *Ucides cordatus*. Aquatic Toxicology, 73: 139-154.
- Çiftçi, N., Cıçık, B., Erdem, C., Ay, Ö. and Günalp, C. 2010. Accumulation of Chromium in Liver, Gill and Muscle Tissues of *Oreochromis niloticus*. Journal of Animal and Veterinary Advances, 9(14): 1958-1960.
- Farag, A.M., May, T., Marty, G.D., Easton, M., Harper, D.D., Little, E.E. and Cleveland, L. 2006. The Effect of Chronic Chromium Exposure on the Health of Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Aquatic Toxicology, 76: 246-257.
- Garg, S., Gupta, R.K and Jain, K.L. 2009. Sublethal Effects of Heavy Metals on Biochemical Composition and Their Recovery in Indian Major Carps. Journal of Hazardous Materials, 163: 1369-1384.

- Gbem, T.T., Balogun, J.K., Lawal, F.A. and Annune, P.A. 2001. Trace Metal Accumulation in *Clarias gariepinus* (Teugels) Exposed to Sublethal Levels of Tannery Effluent. *The Science of the Total Environment*, 271: 1-9.
- Greig, R. and Wenzloff, D. 1977. Final Report on Heavy Metals in Small Pelagic Finfish, Euphausid Crustaceans and Apex Predators, Including Sharks, as well as on Heavy Metals and Hydrocarbons (C15+) in Sediments Collected at Stations in and Near Deepwater Dumpsite 106. in U.S. Dep. Com. NOAA, Rockville, 547-564.
- Heath, A.G. 1985. *Water Pollution and Fish Physiology*. CRC Pres, Inc. Boca Raton, Florida, 245.
- Irato P., Santovito, G. Cassini, A. Piccinni E. and Albergoni. V. 2003. Metal Accumulation and Binding Protein Induction in *Mytilus galloprovincialis*, *Scapharca inaequivalvis* and *Tapes philippinarum* from the Lagoon of Venice. *Arch Environ Contam Toxicol.*, 44: 476-484.
- Langard, S and Norseth, T. 1979. Chromium. in: *Handbook on the Toxicology of Metals*, (L. Friberg, G. F. Nordberg ve V. B. Vouk (Eds.), Elsevier/North Holland Biomedical Press, 383-397.
- Langston, W.J., Chesman, B.S., Burt, G.R., Pope, N.D. and McEvoy, J. 2002. Metallothionein in Liver of Eels *Anguilla anguilla* from the Thames Estuary: An Indicator of Environmental Quality. *Mar. Environ. Res.*, 53(3): 263-293.
- Levesque, H.M.T.W., Moon, P.G.C., Campbell, G.C. and Hontela, A. 2002. Seasonal Variation in Carbohydrate and Lipid Metabolism of Yellow Perch (*Perca fluviatilis*) Chronically Exposed to Metals in the Field. *Aquat. Toxicol.*, 60: 257-267.
- Ma, W., Wang, L., He, Y. and Yan, Y. 2008. Tissue specific cadmium and metallothionein levels in freshwater crab *Sinopotamon henanense* during acute exposure to waterborne cadmium. *Environ. Toxicol.*, 23: 393-400.
- Marchese, M., Gagnetten, A.M., Parma, M.J. and Pavé, P.J. 2008. Accumulation and Elimination of Chromium by Freshwater Species Exposed to Spiked Sediments. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 55: 603-609.
- Mishra, A.K. and Mohanty, B. 2009. Chronic Exposure to Sublethal Hexavalent Chromium Affects Organ Histopathology and Serum Cortisol Profile of a Teleost, *Channa punctatus* (Bloch). *Science of the Environment*, 407: 5031-5038.
- Nath, K. and Kumar, N. 1988. Hexavalent Chromium: Toxicity and Its Impact on Certain Aspects of Carbohydrate Metabolism of the Freshwater Teleost, *Colisa fasciatus*. *The Science of the Total Environment*, 72: 175-181.
- Olsson, P.E. and Haux, C. 1985. Rainbow Trout Metallothionein. *Inorg. Chim. Acta.*, 107: 67-71.
- Parlak, H., Katalay, S. and Büyükişik, B. 1999. Accumulation and Loss of Chromium by mussels (*M. galloprovincialis*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 62: 286-292.
- Plummer, D. T. 1971. *Practical Biochemistry*. Mc Graw Hill Book Company Ltd., England, 369.
- Radhakrishnaiah, K., Venkataramana, P., Suresh, A. and Sivaramakrishna, B. 1992. Effects of Lethal and Sublethal Concentrations of Copper on Glycolysis in Liver and Muscle of the Freshwater Teleost *Labeo rohita*. *J. Environ. Biol.*, 13: 63-68.
- Ruelas-Inzunza, J., Soto, L. A. and Páez-Osuna, F. 2003. Heavy-metal Accumulation in the Hydrothermal Vent Clam *Vesicomya gigas* from Guaymas Basin, Gulf of California. *Deep-Sea Research I*, 50: 757-761.
- Rholf, J. F. and Sokal, R. R. 1969. *Statistical Tables*. W. H. and Freeman Company, San Francisco, 253.
- Sastry, K.V. and Sunita, K. 1984. Chronic Toxic Effects of Chromium in *Channa punctatus*. *J. Environ. Biol.*, 5: 47-52.
- Svecevicus, G. 2006. Acute Toxicity of Hexavalent Chromium to European Freshwater Fish. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 77(5): 741-747.
- Tennant, D. A. and Forster, W. D. 1969. Seasonal variations and distribution of 65-Zn, 54-Mn, and 51-Cr in Tissues of the Crab *Cancer magister* Dana. *Health Phys.*, 18: 649-659.

- Van Hoof, F. and Van San, M. 1981. Analysis of Copper, Zinc, Cadmium and Chromium in Fish Tissues. A Tool for Detecting Metal Caused Fish Kills. *Chemosphere*, 10: 1127-1135.
- Venu Gopal, N.B.R.K., Chandravathy, V.M., Sultana, S. and Reddy, S.L.N. 1990. In vivo Recovery of Glycogen Metabolism in Hemolymph and Tissues of Freshwater Field Crab *Brytelphusa guerini* on Exposure to Hexavalent Chromium. *Ecotoxicol. and Environ. Safety*, 20: 20-29.
- Vinodhini, R. and Narayanan, M. 2008. Bioaccumulation of Heavy Metals in Organs of Freshwater Fish *Cyprinus carpio* (Common Carp). *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 5(2): 179-182.
- Vutukuru, S.S. 2003. Chromium Induced Alterations in Some Biochemical Profiles of the Indian Major Carp, *Labeo rohita* (Hamilton). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 70: 118-123.
- Vutukuru, S.S. 2005. Acute Effects of Hexavalent Chromium on Survival, Oxygen Consumption, Hematological Parameters and Some Biochemical Profiles of the Indian Major Carp, *Labeo rohita*. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2(3): 456-462.
- Vutukuru, S.S., Prabbath, N.A., Raghavender, M. and Yerramilli, A. 2007. Effect of Arsenic and Chromium on the Serum Amino-Transferases Activity in Indian Major Carp, *Labeo rohita*. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 4(3): 224-227.
- Walsh, A. R. and O'Halloran, 2007. The Accumulation of Chromium by Mussels *Mytilus edulis*, (L) as a Function of Valency, Solubility and Ligation. *Mar. Environ. Res.*, 43: 41-53.
- Wedemeyer, G. A. and Yasutake, W. T. 1977. Clinical Methods for the Assessment of the Effects of Environmental Stress on Fish Health. *U. S. Tech. Pap. U. S. Fish Wildl. Serv.*, 89: 1-18.