

## SAKARYA NEHRİ KİRMİR ÇAYI'NDA YAŞAYAN *Capoeta tinca* (HECKEL, 1843)'DA CİVA-II KLÖRÜR'ÜN AKUT TOKSİK ETKİSİ

Ali GÜL, Mehmet YILMAZ, Nurcan UZEL

Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara.

### Özet

Bu çalışmada cıva-II klorürün *Capoeta tinca* (Heckel, 1843) üzerindeki statik akut toksisitesi ve davranış değişimlerinin saptanması amaçlanmıştır. Ön deney ve üç tekrarlı olarak düzenlenen biyodenyelerden cıva-II klorürün 96 saatlik LC<sub>50</sub> değeri Finney'e göre 0,82 mg/l (0,74-0,89), Behrens-Karber'e göre 0,84 mg/l ve Spearman-Karber'e göre de 0,81 mg/l (0,75-0,89) olarak saptanmıştır. Toksik madde konsantrasyonu arttıkça balıklarda titremelerin, solunum güçlüklerinin, dengesiz yüzmelerin ve ani irkilme hareketlerinin arttığı gözlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** *Capoeta tinca*, LC<sub>50</sub>, toksisite, Cıva-II Klörür, Kirmir Çayı

## ACUTE TOXIC EFFECT OF MERCURY (II) CHLORIDE ON *Capoeta tinca* (HECKEL, 1843) LIVING IN KİRMİR STREAM

### Abstract

The goal of this study was the determination of the static acute toxicity and the corresponding behavioral changes caused by Hg (II) chloride on *Capoeta tinca* (Heckel, 1843) living in Kirmir stream. The bio experiments were carried out with a pre experiment and three replicates. The 96-hour LC<sub>50</sub> value of Hg (II) chloride on *Capoeta tinca* was found as 0.82 mg/l (0.74-0.89) according to Finney, 0.84 mg/l according to Behrens-Karber and 0.81 mg/l (0.75-0.89) according to Spearman-Karber. The increase in the toxic reagent concentration caused respiratory difficulties, tremors, imbalanced swimming patterns and sudden jerks in fish.

**Keywords:** *Capoeta tinca*, LC<sub>50</sub>, toxicity, Hg (II) Chloride, Kirmir Stream

### Giriş

Bilim ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte insanın suya yaptığı müdahaleler artmış ve su kaynaklarının sürekliliğini etkileyecek boyutlara ulaşmıştır. Sulardaki kimyasal kirlenmenin başında endüstriyel atıklar gelmektedir (1). Bugün endüstride çok sayıda metal ve alaşımın kullanıldığı bilinmektedir. Bunlardan ağır metaller tarafından meydana getirilen kirlilik insan sağlığını tehdit eder bir seviyeye ulaşmıştır (2).

Bu ağır metallere biri olan cıva; deniz ve tatlı su ekosistemlerinde değişik formlarda ortaya çıkan bir kirleticidir (3). Cıva kontaminasyonunun ana antropojenik kaynakları; kloralkali endüstrisi, maden çıkarma ve cıva türevlerinin kullanımınıdır (4). Cıva, sucul sistemlerde inorganik cıva ve organik metilcıva ( $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ ) olmak üzere iki formda bulunur. Cıvanın biyolojik elde edilebilirliğini suyun sıcaklığı, pH ve çözünmüş karbon gibi fizikokimyasal faktörler etkiler (5, 6). Sucul sistemlerde toplam cıvanın büyük bir kısmı metilcıva formundadır (7). Birçok cıva bileşiği solungaç epiteli, deri ve sindirim sistemi duvarları gibi organizmanın iç ortamını, dış ortamından ayıran biyolojik bariyerleri aşan farklı kapasitelere sahiptir (8). Cıvanın en fazla solungaçta; en az karaciğerde, böbrekte, kasta ve mukusta biriktiği belirtilmektedir (9).

Cıva balıklarda ölüme, çeşitli gelişim evrelerinde büyümenin azalmasına sebep olabilir (10-14). Balığın embriyonik döneminde, hücre bölünmesinin erken safhaları cıva toksisitesine çok hassastır ve metilcıva, inorganik cıvadana daha toksiktir (7, 15). Tatlısu ortamlarındaki canlı grupları için toksik maddelerin lethal ve sublethal dozları her bir canlı grubu için düzenlenen biyodeneyle saptanmaktadır (16).

Statik akut  $\text{LC}_{50}$  tayininde temel prensip, akıntısız ortamda 24, 48 ve 96 saat sürede deney organizmalarının %50'sini öldüren konsantrasyonun saptanmasıdır (17).

Bu çalışma ile cıvanın çözünebilir inorganik tuzlarından olan cıva-II klorürün *Capoeta tinca* bireylerinde  $\text{LC}_{50}$  değerinin ve davranışlarında meydana gelen değişimlerin tespiti amaçlanmıştır.

## Materyal ve Metot

Araştırma Sakarya Nehri'nin önemli kollarından biri olan Kirmir Çayı'ndan yakalanan *Capoeta tinca* bireyleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Örnekler ortama uyum sağlamaları amacıyla 30 gün boyunca akvaryumlarda bekletilmiştir. Yemleme işlemine biyodeneyle başlama tarihinden iki gün önce son verilmiş ve bu süre içinde ölüm oranının %5'ten fazla olup olmayışı kontrol edilmiştir (17, 18). Akvaryumlarda 100 lt'lik dinlendirilmiş şehir suyu kullanılmıştır (pH  $7,2 \pm 0,2$ , sertlik  $20 \pm 1 \text{ FS}^0$ , çözünmüş oksijen  $6,8 \pm 1 \text{ mg/l}$ , iletkenlik 205-245 mS ve sıcaklık  $22 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Her bir akvaryuma ortalama ağırlığı  $24 \pm 1,1 \text{ g}$  ve ortalama boyları  $11,2 \pm 0,8 \text{ cm}$  olan *Capoeta tinca* bireylerinden 10'ar adet konulmuştur. Kontrol grubu balıklarında ölüm oranının %10'u geçmemesine ve %90'ının sağlıklı görünümde olmasına özen gösterilmiştir (17, 18). Yaklaşık konsantrasyonun belirlenmesi için ön deney yapılmış, elde edilen sonuca göre kesin deney düzenlenmiştir. Biyodeneyle üç tekrarlı yapılmış ve ortalamalar alınmıştır.

Biyodeneylede toksik madde olarak metal tuzlarından Cıva-II Klorür ( $\text{HgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) kullanılmıştır. Cıva-II klorür; 0,5 – 0,6 – 0,7 – 0,8 – 0,9 – 1,0 – 1,1 – 1,2 mg/l'lik konsantrasyonlarda 8 akvaryuma verilmiştir. Uygulanan konsantrasyonların etkisinin gözlenmesinde 96 saatlik süre dikkate alınmıştır (17, 19). Biyodeneyle 96 saatlik süresi içinde ölen balıklar akvaryumdan hemen uzaklaştırılmış ve bu süre sonunda her akvaryumda ölen ve canlı olan balık sayısı tespit edilmiştir. Deney sonuçlarından elde edilen veriler Finney'in probit analiz yöntemi (20), Behrens-Karber yöntemi (1) ve Spearman-Karber yöntemi (21) ile  $\text{LC}_{50}$  değeri ayrı ayrı saptanmıştır.

## Bulgular

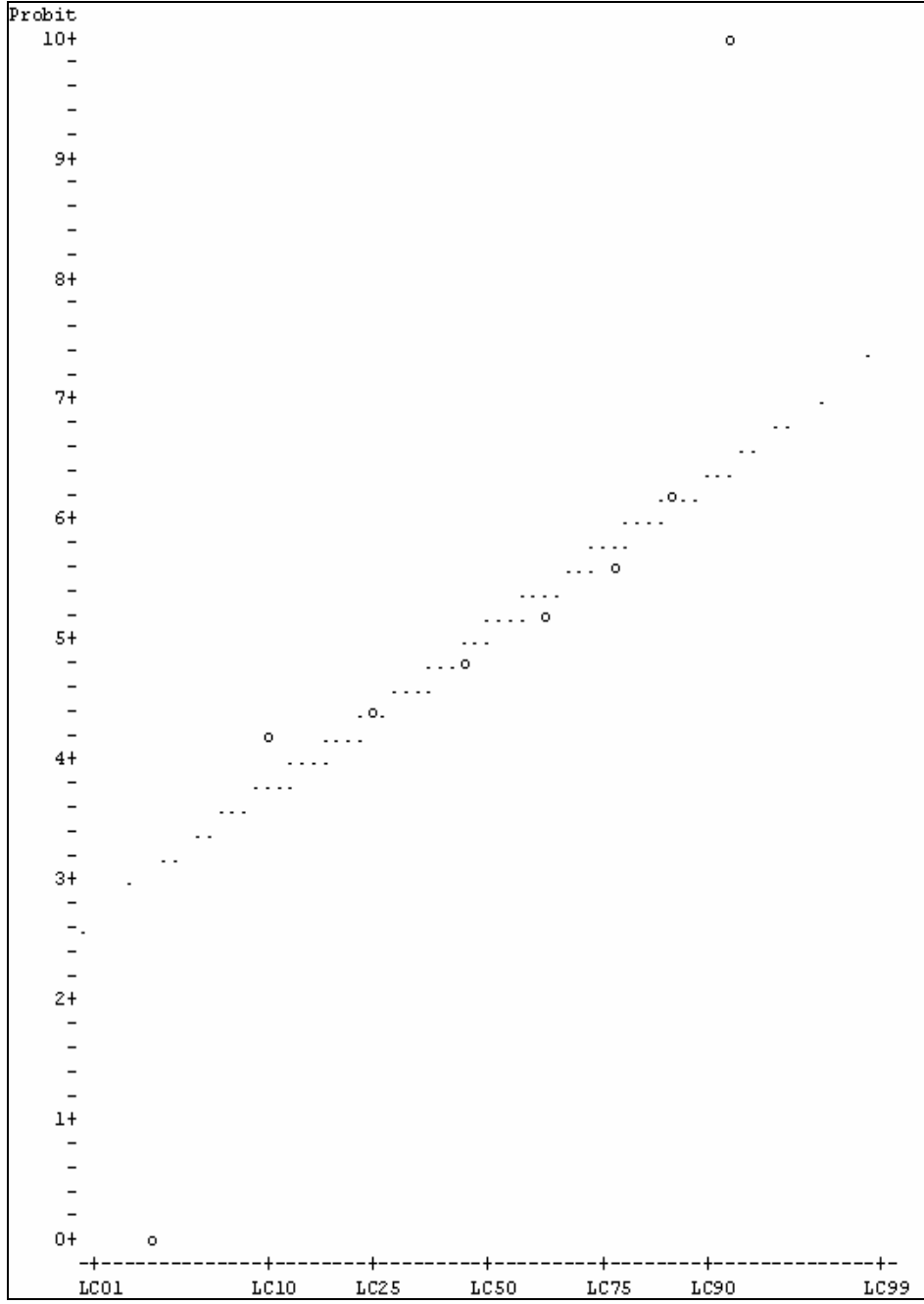
*Capoeta tinca* bireyleri için civa-II klorürün 96 saatlik statik akut LC<sub>50</sub> değeri Finney'e göre 0,82 mg/l (0,74-0,89), Behrens-Karber'e göre 0,84 mg/l ve Spearman-Karber'e göre de 0,81 mg/l (0,75-0,89) olarak saptanmıştır (Tablo 1, Şekil 1). Kontrol grubu balıklarında ölüm görülmemiştir.

Çeşitli konsantrasyonlardaki civa-II klorüre maruz kalan *Capoeta tinca* bireylerinin davranışları kontrol grubundaki bireylerle karşılaştırılmıştır. 96 saatlik deney süresince kontrol grubundaki bireylerin normal davranış gösterdiği belirlenmiştir. Civa-II klorürün en düşük konsantrasyonundaki (0,5 mg/l) bireyler ile kontrol grubu bireyleri benzer davranışlar göstermişlerdir. 0,6 mg/l'lik konsantrasyondan itibaren *Capoeta tinca* bireylerinde ani irkilme hareketleri, solunum güçlükleri ve denge bozuklukları gibi davranış değişimleri gözlenmeye başlanmıştır. 0,8 mg/l'den sonra solunum güçlüklerinin arttığı, dikey ve baş aşağı yüzme ile titreme saptanmıştır. En yüksek konsantrasyon olan 1,2 mg/l'de titremelerin, solunum güçlüklerinin, dengesiz yüzmelerin ve ani irkilme hareketlerinin arttığı gözlenmiştir.

**Tablo 1. Civa-II klorürün *Capoeta tinca* bireylerindeki 96 saatlik akut toksisitesi**

Nokta	Konsantrasyon (mg/l)	%95 Güven Sınırları	Eğim ± SH	Kesim noktası ± SH
LC 1.00	0,453	0,310-0,543	9,064691 ± 1,71	5,793279 ± 0,21
LC 5.00	0,538	0,406-0,620		
LC 10.00	0,590	0,468-0,666		
LC 15.00	0,628	0,514-0,700		
<b>LC 50.00</b>	<b>0,817</b>	<b>0,743-0,892</b>		
LC 85.00	1,064	0,963-1,267		
LC 90.00	1,132	1,014-1,390		
LC 95.00	1,242	1,091-1,601		
LC 99.00	1,476	1,246-2,094		

Teorik Spontan Cevap Oranı = 0.0000



Şekil 1. Civa-II klorürün *Capoeta tinca* için hesaplanan probit değerleri ve regresyon grafiği

## Tartışma ve Sonuç

Civanın balıklar üzerindeki toksik etkileri ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı Türkiye'de ve diğer ülkelerde oldukça sınırlıdır. Gökkuşağı alabalığında Wobeser (22), 10°C'de 96 saatlik LC<sub>50</sub> değerini 280 µg/l; Matida ve arkadaşları (23), 48 saatlik LC<sub>50</sub> değerini 0,21 mg/l; Leblond ve Hontela (24), LC<sub>50</sub> değerini 199 µM olarak bulmuşlardır. Duncan ve Klaverkamp (25), *Catostomus commersoni*'de LC<sub>50</sub> değerini 0,687 mg/l; Snarski ve Olson (11), üç aylık *Pimephales*'de LC<sub>50</sub> değerini 112 µg/l; Sharp ve Neff (15, 26), *Fundulus heteroclitus*'de LC<sub>50</sub> değerini 67 µg/l; Shrivastava ve arkadaşları (27), LC<sub>50</sub> değerini *Cyprinus carpio*'da 50 µg/l ve *Cirrhinus mrigala*'da 100 µg/l olarak bulmuşlardır. Gül ve arkadaşları (28), *Leuciscus cephalus*'ta LC50 değerini 0,55 mg/l olarak tespit etmişlerdir. Dave ve Xiu (14), *Brachydanio rerio* embriyolarının yumurtadan çıkışlarını tamamen engelleyen HgCl<sub>2</sub> miktarını 32 µg/l olarak saptamışlardır. Sharp ve Neff (26), *Fundulus*'ta 10 µg/l HgCl<sub>2</sub>'nin yumurtadan çıkma oranını azalttığını saptamışlardır. Weis ve Weis (29), *Fundulus*'ta 100 µg/l HgCl<sub>2</sub>'nin gastrulasyon öncesinde embriyoların tamamını öldürdüğünü tespit etmişlerdir. Bartell ve arkadaşları (30), birçok balık türü için civanın LC<sub>50</sub> değerinin 0,005 ile 0,150 mg/l arasında değiştiğini belirtmektedirler.

Bu çalışmada *Capoeta tinca* bireyleri için civa-II klorürün 96 saatlik statik akut LC<sub>50</sub> değeri Finney'e göre 0,82 mg/l, Behrens-Karber'e göre 0,84 mg/l ve Spearman-Karber'e göre de 0,81 mg/l olarak saptanmıştır. Üç ayrı yöntem ile bulunan LC<sub>50</sub> değeri birbirine oldukça yakındır. Bulunan LC<sub>50</sub> değerleri Bartell ve arkadaşlarının belirttiği limit değerler arasındadır (30).

LC<sub>50</sub> değeri üzerinde suyun sertliği, sıcaklığı, deneyde kullanılan bireylerin büyüklüğü, gelişme dönemi ve hatta balıkların genotiplerinin etkili olabileceği belirtilmektedir. Bununla beraber aynı tür üzerinde yapılan çalışmalarda farklı LC<sub>50</sub> değerlerinin bulunabileceği ifade edilmektedir (31).

Bu çalışmada civa-II klorürün artan konsantrasyonlarına maruz kalan *Capoeta tinca* bireylerinde ani irkilme ve titreme hareketleri, solunum güçlükleri, denge bozuklukları, istemsiz kasılmalar ve normal olmayan yüzme davranışları gözlenmiştir. Bazı araştırmalarda civanın; balıkların sinir sistemini, böbreklerini, solungaçlarını ve ozmoregülatör görevlerini bozduğu, karaciğer ve kaslardaki enzim sistemini etkilediği saptanmıştır (7, 32). Civaya maruz bırakılan *Gambusia holbrooki*'nin solungaçlarındaki morfolojik ve morfometrik değişimler incelenmiş ve civanın solungaç epitelini deformasyona uğrattığı saptanmıştır (33). Diğer bir çalışmada da civa-II klorür etkisinde kalan *Leuciscus cephalus* bireylerinde denge bozukluğu, titreme ve ani irkilme hareketleri gibi davranış değişimleri gözlenmiştir (28).

Su sıcaklığındaki mevsimsel değişimler civanın sudaki çözünürlüğünü etkilemektedir. Bu durum balıkların avlanma mevsimine bağlı olarak civanın LC<sub>50</sub> değerinde de farklılıklara neden olmaktadır.

Elde edilen veriler civa-II klorürün balıklar üzerinde yüksek miktarda toksik etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Sucul ortamlardaki ağır metal kaynaklı kirlenmeler habitatların bozulmasına, canlıların ekolojik nişlerini gerçekleştirememelerine ve doğal dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Bu nedenle insan kaynaklı kirlenmelerin önüne geçilebilmesi sürdürülebilir kalkınmanın önceliği olarak düşünülmelidir.

**Kaynaklar**

1. Şanlı, Y., Kaya, S., Pirinççi, İ. ve arkadaşları (1995). Veteriner Klinik Toksikoloji. (2. Baskı). Ankara: Medisan Yayınevi.
2. Güley, M., Vural, N., (1987). Toksikoloji. Ankara Üniversitesi Yayınları, No:48.
3. Satoh, H., (2000). Occupational and environmental toxicology of mercury and its compounds. *Industrial Health*, 38, 153-164.
4. Sorensen, E. M., (1991). Metal poisoning in fish. CRC Press., 285-328.
5. Driscoll, C. T., Yan, C., Schofiel, L., et al. (1994). The mercury cycle and fish in the Adirondak Lakes. *Environ. Sci. Technol.*, 28 (3), 136-143.
6. Rodger, D. W., Beamish, F. W. H., (1981). Uptake of waterborne methylmercury by rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in relation to oxygen consumption and methylmercury concentration. *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.*, 38, 1309-1315.
7. Devlin, E. W., (2006). Acute toxicity, uptake and histopathology of aqueous methylmercury to fathead minnow embryos. *Ecotoxicology*, 15, 97-110.
8. Boudou, A., Ribeyre, F., (1985). Experimental study of trophic contamination of *Salmo gairdneri* by two mercury compounds -HgCl<sub>2</sub> and CH<sub>3</sub>HgCl- analysis at the organism and organ levels. *Water, Air, and Soil Pollution*, 26, 137-148.
9. Handy, R.D., Penrice, W.S., (1993). The influence of high oral doses mercuric chloride on organ toxicant concentrations and histopathology in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 106C (3), 717-724.
10. Wiener, J. G., Spry, D. J., (1996). Toxicological Significance of Mercury in Fresh Water Fish. In : Environmental Contaminants in Wildlife: Interpreting Tissue Concentrations. Beyer, W. N., Hernz, G. H., Redmon-Norwood. A. W. (Eds.), CRC Press, New York, 297-339.
11. Snarski, W. M., Olson, G. F., (1982). Chronic toxicity and bioaccumulation of mercuric chloride in the fathead minnow (*Pimephales promelas*). *Aqua. Toxicol.*, 2, 143-156.
12. Klaverkamp, J. F., MacDonald, W.A., Lillie, W. R., et al., (1983). Joint toxicity of mercury and selenium in salmonid eggs. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 12, 415-419.
13. Perry, D. M., Weis, J. S., Weis, P., (1988). Cytogenetic effects of methylmercury in embryos of the killifish, *Fundulus heteroclitus*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 17, 569-574.
14. Dave, G., Xiu, R., (1991). Toxicity of mercury, copper, nickel, lead, and cobalt to embryos and larvae of zebrafish, *Brachydanio rerio*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 21, 126-134.

15. Sharp, J. R., Neff, J. M., (1982). The toxicity of mercuric chloride and methylmercuric chloride to *Fundulus heteroclitus* embryos in relation to exposure conditions. Environ. Biol. Fish., 7 (3), 277-284.
16. TSE, (1988). Su Kirliliği Kontrolü-Zehirlilik Deneyleri, Türk Standardı TS.5676, Ankara.
17. TSE, (1989). Türk Standardı, TS.6020, Ankara.
18. APHA, AWWA, WPCF, (1971). Standart Methods for The Examination of Water and Wastewater, 13. Ed., Washington.
19. Henle, K., (1981). A unique case of malformations in a natural population of the green toad (*Bufo viridis*) and its meaning for environmental politics. Brit. Herpet. Soc. Bull., 4, 48-49.
20. Finney, D. J., (1971). Probit Analysis, Cambridge University Press, New York.
21. Hamilton, M. A., Russo, R. C., Thurston, R. V., (1977). Trimmed Spearman-Kärber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassay. Environ. Sci. Technol., 11, 714-719.
22. Wobeser, G., (1975). Prolonged oral administration of methylmercury chloride to rainbow trout (*Salmo gairdneri*) Fingerlings. J. Fish. Res. Board. Can., 32, 2015-2023.
23. Matida, Y., Kumada, H., Kimura, S., et al., (1971). Toxicity of mercury compounds to aquatic organisms and accumulation of the compounds by the organisms. Bull. Freshw. Fish. Lab., 21, 197-227.
24. Leblond, V. S., Hontela, A., (1999). Effects of in-vitro exposures to cadmium, mercury, zinc, and 1-(2-chlorophenyl)-1-(4-chlorophenyl)-2, 2-dichloroethane on steroidogenesis by dispersed internal cells of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Tox. and App. Pharmacology, 157, 16-22.
25. Duncan, D. A., Klaverkamp, J.F., (1983). Tolerance and resistance to cadmium in white suckers (*Catostomus commersoni*) previously exposed to cadmium, mercury, zinc or selenium. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 40, 128-138.
26. Sharp, J. R., Neff, J. M., (1980). Effect of the duration of exposure to mercuric chloride on the embryogenesis of the estuarine teleost, *Fundulus heteroclitus*. Environ. Biol. Fish, 3, 195-213.
27. Shrivastava, S., Rao, K. S., Khanekar, S., et al., (1988). Determination of acute mercury toxicity to developing stage of *Cyprinus carpio* and *Cirrhinus mrigala*. Fish. Tech., 25, 29-31.
28. Gül, A., Yılmaz, M., Selvi, M., (2004). Civa-II klorürün tatlısu kefalı *Leuciscus cephalus* (L., 1758) üzerindeki akut toksik etkilerinin araştırılması. G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 17 (4), 53-58.

29. Weis, J. S., Weis, P., (1977). Effects of heavy metals on development of the killifish, *Fundulus heteroclitus*. Fish. Biol., 11, 49-54.
30. Bartell, S. M., Gardner, R. H., O'Neill, R. V., (1992). Ecological Risk Estimation. Boca Raton, an Imprint of CRC Press, 270p.
31. Bleau, H., Daniel, C., Chevalier, G., et al., (1996). Effects of acute exposure to mercury chloride and methylmercury on plasma cortisol, 13, 14, glucose and liver glycogen in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquat. Toxicol., 34, 221-235.
32. Niimi, A. J., Kisson, G. P., (1994). Evaluation of the critical body burden concept based on inorganic and organic mercury toxicity to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Arch. Environ. Contam. Toxicol., 26, 169-178.
33. Charles, H., Amy, F., Michael, N., (1996). Morphological and morphometric changes in the gills of mosquitofish after exposure to mercury (II). Aquat. Toxicol., 34 (2), 163-183.