

1496

FARKLI BAKIR KONSANTRASYONLARININ Tilapia nilotica (L.) 1758'de  
BİRİKİMİ VE MORTALİTE ÜZERİNE ETKİLERİ

FERİT KARGIN

Ç.Ü.

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADANA

EYLÜL-1987

T. C.  
Yükseköğretim Kurulu  
Dokümantasyon Merkezi

Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Biyoloji Anabilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Doç.Dr.Cahit ERDEM



Üye

Prof.Dr.Şevki YAZGAN



Üye

Doç.Dr.Ercan SARUHAN

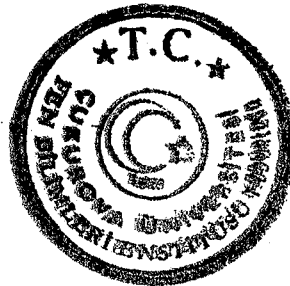


Kod No : 226

Yukarıda imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu  
onaylarım.

  
Prof.Dr. Ural DİNÇ

Enstitü Müdürü



## İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TABLO LİSTESİ . . . . .	II
ŞEKİL LİSTESİ . . . . .	III
ÖZ . . . . .	IV
ABSTRACT . . . . .	V
GİRİŞ . . . . .	1
MATERYAL VE METOD . . . . .	4
ARAŞTIRMA BULGULARI . . . . .	7
TARTIŞMA VE SONUÇLAR . . . . .	18
ÖZET . . . . .	21
SUMMARY . . . . .	22
KAYNAKLAR . . . . .	23
TEŞEKKÜR . . . . .	27
ÖZGEÇMİŞ . . . . .	28
EK-TABLO I . . . . .	29
EK-TABLO II . . . . .	30

## TABLO LİSTESİ

II

Tablo NoSayfa No

1	Farklı bakır konsantrasyonlarında 1, 3, 7, 15, 30 ve 60 günlük süreler içerisinde canlı kalan ve ölen <u>T.nilotica</u> sayıları.	8
2	<u>T.nilotica</u> 'da dokularda absorbe edilen toplam bakır miktarları (ug Cu / g kuru ağırlık).	11
3a	Ortamda bulunan bakır konsantrasyonunun <u>T.nilotica</u> 'da bakır birikimi üzerine etkisi.	13
3b	Belirli bir bakır konsantrasyonunda kalma süresinin <u>T.nilotica</u> 'da bakır birikimi üzerine etkisi.	14
EK-I	Deneyler sonunda canlı kalan ve ölen hayvan sayıları.	29
EK-II	Deney hayvanlarının kuru ağırlıkları (g) ve Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinden elde edilen absorbans değerleri.	30

## ŞEKİL LİSTESİ

III

<u>Sekil No</u>		<u>Sayfa No</u>
1	<u>T.nilotica</u> 'nın 1, 3, 7, 15, ve 30 günlük süreler sonunda farklı bakır konsantrasyonlarında mortalite yüzdesi.	9
2	Bakır konsantrasyonu ve absorbans arasındaki ilişki.	10
3	Farklı ortam konsantrasyonlarına bırakılan <u>T.nilotica</u> 'da etkide kalınan süre ile dokuda biriken bakır konsantrasyonu arasındaki ilişki.	16
4	50 ve 100 ppm bakır konsantrasyonlarında ilk on gün içerisinde ölen balıkların dokularında biriken bakır miktarları (ug/g KA).	17

## ÖZ

Bakırın Tilapia nilotica'da birikimi ve mortalite üzerine etkisi 25°C durağan sıcaklıkta, 7 farklı konsantrasyon (0.1, 1.0, 5.0, 10.0, 50.0, 100.0 ve 200.0 ppm) ve 6 farklı zaman sürecinde (1,3,7,15,30 ve 60 gün) denenmiştir.

Dokudaki bakır birikimi A.A. Spektrofotometrik yöntemlerle belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar dokudaki bakır birikiminin belirli bir konsantrasyonda kalma süresi ve artan ortam konsantrasyonu ile arttığını göstermiştir. Balıklar düşük ortam konsantrasyonlarında da dokularında yüksek düzeylerde bakır biriktirmişlerdir.

Düşük ortam konsantrasyonlarında (0.1-5.0 ppm) mortalite gözlenmemekle birlikte, yüksek konsantrasyonlarda ortam konsantrasyonu ve süre arttıkça mortalitede artış gözlenmiştir.

## ABSTRACT

Copper accumulation and mortality of Tilapia nilotica have been recorded over a 60 days period at copper concentrations of 0.1, 1.0, 5.0, 10.0, 50.0, 100.0 and 200.0 ppm.

The copper content of fishes were determined by A.A. spectrophotometry. Copper accumulation increased with increasing time of contact with a particular copper solution and with increasing concentrations. Significant amounts of copper was also accumulated by fishes in the 1.0 and 5.0 ppm Cu concentrations.

Although no mortality was observed in the 0.1 to 5.0 ppm Cu concentrations, in higher concentrations mortality increased with increasing medium concentration and with increasing time of contact with a particular copper solution.

## 1. GİRİŞ

Bakır, çinko, demir, kobalt gibi ağır metaller organizmaların, gelişim ve büyüme için, iz miktarlarda almaları zorunlu olan elementlerdir. Doğada düzeyleri genelde düşük olan bu elementlerin, balık kültürü yapılan iç su rezervuarları da kapsında olmak üzere, tüm su ortamlarındaki konsantrasyonları, günümüzde gehirleşme ve endüstriyel gelişme, maden işletmelerinin sayı ve kapasite olarak artması ve bu elementleri içeren tarımsal ilaçların aşırı kullanımı sonucu çok yüksek düzeylere ulaşabilmektedir.

Ağır metaller belirli konsantrasyonlar üzerine organizmalar üzerine toksik etki yaparlar. Bu nedenle özellikle civa, kadmiyum, bakır, çinko, kurşun ve demir gibi toksisitesi yüksek olan elementlerin su ortamındaki (Spencer ve Brewer, 1969; Baker, 1977; McGrath ve Austin, 1979) ve su organizmalarındaki (Peden ve ark., 1973; Wilson, 1980; Gey, 1983; Kulikova ve ark., 1985; Skurdal ve ark., 1985) düzeyleri üzerine çok sayıda araştırmalar yapılmıştır. Belirli konsantrasyonların üzerinde doğrudan organizmanın ölümüne neden olan ağır metaller (Wisely ve Blick, 1967; Brown ve Ahsanullah, 1971), öldürücü dozun altındaki yüksek konsantrasyonlarda davranış aksamalarına (Saliba ve Ahsanullah, 1973; Erdem ve Meadows, 1980; Moraitou-Apostolopoulou ve ark., 1983) ve genetik yapıda bozulmalara (Ramel, 1976) neden olabilmektedir.

Bakır, kara ve suda yaşayan tüm organizmalar için gerekli bir element olup, tüm vücut dokularında bir miktar bakır bulunmaktadır. Bakır, bazı enzimlerin ve metalloflavo-proteinlerin yapısında bulunduğu ve bazı amino asitlerin transferini katalizleyen bir enzim aktivatörü olduğundan farklı organizmalarda farklı zehirlenme mekanizmaları üzerine etki edebilir (Cairns, 1974).



Bakır içeren enzimler arasında tirozin, askorbik asit oksidaz, sitokrom oksidaz, urisaz, monamin oksidaz sayılabilir (Berman, 1980). Bakır ayrıca, arthropod'ların solunumları ile ilgili bir protein olan hemosiyanın'ın yapısına girmektedir (Bingöl, 1983). Balıklar tarafından bakırın alınması, büyük oranda solungaçlar aracılığıyla ve alınan besinlerin absorpsiyonu yolu ile olmaktadır. Balıklarda bakırın en fazla depo edildiği organ karaciğerdir. Bakırın vücuttan atılması ise idrar veya dışkı yolu ile olur.

Bakır regülasyonunda türler arasında oldukça büyük ayrımlar vardır. Örneğin bakır, dekapod ve tatlı su balıklarınca çeşitli ortam konsantrasyonlarında regüle edilebilmektedir (Bryan, 1976). Buna karşın, su bitkileri ve çoğu bentik organizmada bakır regülasyonu zayıf olduğundan bu türlerde, ortamda bulunanın bir kaç katı kadar bakır depolanabilir (Dallinger ve Kautzky, 1985). Corophium volutator'un ortam konsantrasyonundan daha yüksek düzeyde civayı dokularında depolayabildiği ve civa alımının hayvanın ölümünden sonra da devam ettiği gösterilmiştir (Meadows ve Erdem, 1982). Bu nedenle besin zincirinde üst trofik düzeylerde ortamda bulunana ek olarak besin yolu ile de önemli miktarlarda metal alınmakta (Haesloop ve Schirmer, 1985) ve bu düzeylerde akut veya kronik zehirlenmelere yol açabilmektedir.

Bakır sülfat iç sulara mavi-yeşil algler gibi istenmeyen vejetasyonun aşırı gelişimin engellemek amacıyla doğrudan verilebildiği gibi (Arthur ve Leonard, 1970; Nielsen ve Wium-Andersen, 1970) asma yapraklarında görülen bazı hastalıklara karşı asma bağlarında kullanımı (Bordo karışımı) ve bakırın toprağın alt kısımlarına geçme oranının düşük olması (Mathur ve ark., 1984) nedeniyle yağışlarla dolaylı olarak da taşınabilir. Bu nedenle, bu metalin iç su rezervuarlarında yığılması ve özellikle insanlar tarafından tüketilen türlerdeki davranışını belirlemek oldukça önem taşımaktadır.

Deneylerde bakırın kompleks oluşturarak gözelti içeri-  
sinde kalmasını sağlamak amacıyla bakır sodyum sitrat kullanılı-  
mış (Brown ve Ahsanullah, 1971) ve konsantrasyonda olabilecek  
değişimleri önlemek amacıyla deney gözeltileri 3 günde bir  
tamamen değiştirilmiştir. Üçüncü gün sonunda deney gözeltile-  
rinin ortalama pH değerleri  $8.21 \pm 0.10$  olarak ölçülmüştür.  
Bu nedenle yüksek bakır konsantrasyonlarında düşük pH değerle-  
rinin oluşturabileceği herhangi bir ters etki (Wisely ve Blick,  
1967) bu araştırmada söz konusu değildir.

Deney hayvanı olarak seçiler Tilapia nilotica Afrika kökenli  
bir tür olup, ülkemizde doğal olarak bulunmaz. Ancak, kültür koşul-  
larında bakım ve beslenmeye uygun olmaları, üremelerinin kolay olması,  
artık besin maddelerini değerlendirebilmeleri, kirlenme ve çeşitli  
hastalıklara karşı dirençli olmaları bu türün kültür balıkçılığındaki  
önemini artırmaktadır (Saruhan ve Toral, 1982).

Bu araştırmanın amacı, ülkemizde henüz adaptasyon çalışmaları  
yapılan T.nilotica'da farklı ortam konsantrasyonlarında bakırın do-  
kularda birikim oranını belirlemek ve mortalite üzerine olan etkile-  
rini saptamaktır. Bu çalışma, türün değişik organlarında bakır biri-  
kim miktarlarını saptamak üzere ileride yapılması planlanan araştı-  
malara bir kaynak oluşturacaktır.

## 2. MATERYAL VE METOD

Bu araştırmada kullanılan balıklar Ç.Ü.Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü yetiştirme havuzlarından sağlanmıştır.  $25 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$  durağan sıcaklıktaki deney odasında ışıklandırma 148 cm uzunluğunda 4 adet florosan lamba (daylight,65/80W ) ile sağlanmış ve günde 8 saat aydınlık periyodu uygulanmıştır. Laboratuvara getirildiklerinde ortalama boyları  $3.0 \pm 0.42$  cm olan balıklar  $1.25 \times 0.35 \times 0.45$  m yüksekliğindeki iki stok akvaryum iğerisine alınarak 6 ay süre ile beslenmiş ve yeni koşullara adaptasyonları sağlanmıştır. Bu süre sonunda balıklar deneylerde kullanılan  $8.15 \pm 1.32$  cm boya ve  $9.25 \pm 0.56$  g ağırlığa ulaşmışlardır.

T.nilotica'da bakırın etkileri 6 farklı zaman biriminde (1 gün, 3 gün, 7gün, 15 gün, 30 gün, 60 gün) ve 7 farklı konsantrasyonda (0.1, 1, 5,10,50,100,200 ppm) denenmiştir. Bu amaçla hazırlanan 20cmx60cmx25cm yükseklikteki 48 akvaryumun her biri cam bölmelerle üç eşit kısma ayrılmış ve akvaryumlar, her gurupta 8 akvaryum olacak şekilde 6 guruba ayrılmışlardır. Guruplarda bulunan 8 er akvaryumdan yedisi farklı bakır konsantrasyonları, sekizincisi ise kontrol akvaryumu olarak kullanılmıştır. Deney akvaryumlarının her üç gözüne 5 er litre belirli bir bakır gözeltisi, kontrol akvaryumlarının gözlerine ise 5 er litre balıkların normal olarak yaşadığı sudan konmuştur. Yapılan kantitatif analizlerde bu suda bakır bulunamamıştır. Deneyler her gözde iki balık olacak şekilde 3 tekrarla yapılmıştır.

Tüm deneylerde bakır sodyum sitrat ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CuNa}$ ) gözeltisi kullanılmış ve gözelti ortam suyu ile hazırlanmıştır. Bakır sodyum sitrat, bakır II klorür ( $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve tri sodyum sitrat ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3 \cdot 5.5\text{H}_2\text{O}$ ) kullanılarak 1 M (6350 ppm) stok gözelti olarak hazırlanmış ve seri seyreltme metodu ile deneylerde kullanılan 200.0, 100.0, 50.0, 10.0, 5.0, 1.0 ve 0.1 ppm konsantrasyonlarındaki bakır gözelti-leri elde edilmiştir.

Akvaryumlarda havalandırma akvaryum hava motorları ile sağlanmıştır. Deney akvaryumlarındaki bakır konsantrasyonlarında zamana bağlı değişimler olabileceği dikkate alınarak, deney çözeltileri 3 günde bir hazırlanan stok çözeltiden uygun seyreltmeler yapılarak değiştirilmiştir. Ayrıca tüm deney akvaryumlarının üzerleri 20x60 cm boyunda camlarla kapatılarak buharlaşma bir dereceye kadar engellenmiştir. Deney süresince balıklar her göze bir defada yaklaşık 40 mg yem olacak şekilde günde iki kez beslenmişlerdir.

Altı gurup olarak ayrılan akvaryumlardan her gurup sırasıyla 1 gün, 3 gün, 7 gün, 15 gün, 30 gün ve 60 gün sonra deneyden çıkartılarak, içerisindeki balıklar alınmış ve bu balıklar deney süresince dokularda biriken toplam bakırı belirlemede kullanılmıştır. Süresinden önce ölen balıklar öldüğü gün akvaryumdan alınarak biriktirdiği bakır miktarı belirlenmiştir.

Organizmada biriken toplam bakır Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrik yöntemlerle belirlenmiştir. Bu amaçla balıkların üzerinde bulunan su damlacıkları bir kurutma kağıdı ile alındıktan sonra yağ ağırlıkları belirlenmiştir. Örnekler daha sonra 150° C a ayarlanmış bir etüv içerisinde 72 saat kurutulmaya bırakılmıştır. Bu süre sonunda tartılarak kuru ağırlıkları belirlenen örnekler; 250 ml.'lik rodajlı erlenlere aktarılılarak üzerlerine 20 ml. sülfirik asit ( Merck; %98, Ö.A; 1.84 ) ve 15 ml. nitrik asit ( Merck; %65, Ö.A; 1.40 ) eklenmiştir. Tüm örnekler bu şekilde hazırlandıktan sonra, geri soğutma sistemli ocaklarda 120° C sıcaklıkta 30 dakika kaynatılmış ve kaynama sırasında üzerlerine 5 ml. nitrik asit daha eklenmiştir. Bu süre sonunda dokularda tam bir yanma gözlenmiştir. Doku çözeltileri daha sonra 50 cc.'lik balon jöjelere aktarılılarak saf su ile 50 cc'ye tamamlanmıştır.

Ölçümler Varian IL 751 marka Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde (AAS) çukur katodlu bakır lambası (IL marka) kullanılarak yapılmıştır. Spektrofotometre silit genişliği 0.3nm., lamba akımı 5 ma., fotokatlandırıcı gerilim 530 V olacak şekilde, asetilen ve hava akımı ise sırasıyla 4.5 ve 20 ft<sup>3</sup>/dak. olarak ayarlanmıştır. Ölçümler 324.8 nm. dalga boyunda yapılmıştır.

Deneylerden elde edilen verilerin istatistik analizleri varyans analizi ve Student-Newman-Keuls testi (SNK) ile yapılmıştır (Sokal ve Rohlf, 1969; Rohlf ve Sokal, 1969 ).

### 3. ARASTIRMA BULGULARI

Deneyler sonucunda belirlenen gün ve konsantrasyonlardaki canlı ve ölü hayvan sayıları Ek Tablo 1 de verilmiştir. Bu tabloda ki tekrarların toplanması ile Tablo 1 elde edilmiştir. Veriler genelde birbirinin tamamen aynı olduğundan homojenlik testine gerek duyulmamıştır.

Kontrol akvaryumlarında ve 0.1, 1.0 ve 5.0 ppm bakır çözeltilerinde, deneylerin sürdüğü 60 gün içerisinde balıklarda ölüm görülmemiştir (Tablo I). Deneyler başladıktan 1 gün sonra 200 ppm, 7 gün sonra 100 ppm ve 15 gün sonra ise 50 ppm bakır çözeltilerindeki tüm balıklar ölmüştür.

Belirlenen günlerde farklı bakır konsantrasyonlarındaki ölüm yüzdeleri Şekil 1 de verilmiştir. Deney hayvanlarının % 50'si 10 ppm Cu çözeltilisinde 26 gün, 50 ppm Cu çözeltilisinde 7 gün, 100 ppm Cu çözeltilisinde 2 gün, 200 ppm Cu çözeltilisinde ise 1 gün içerisinde ölmüşlerdir.

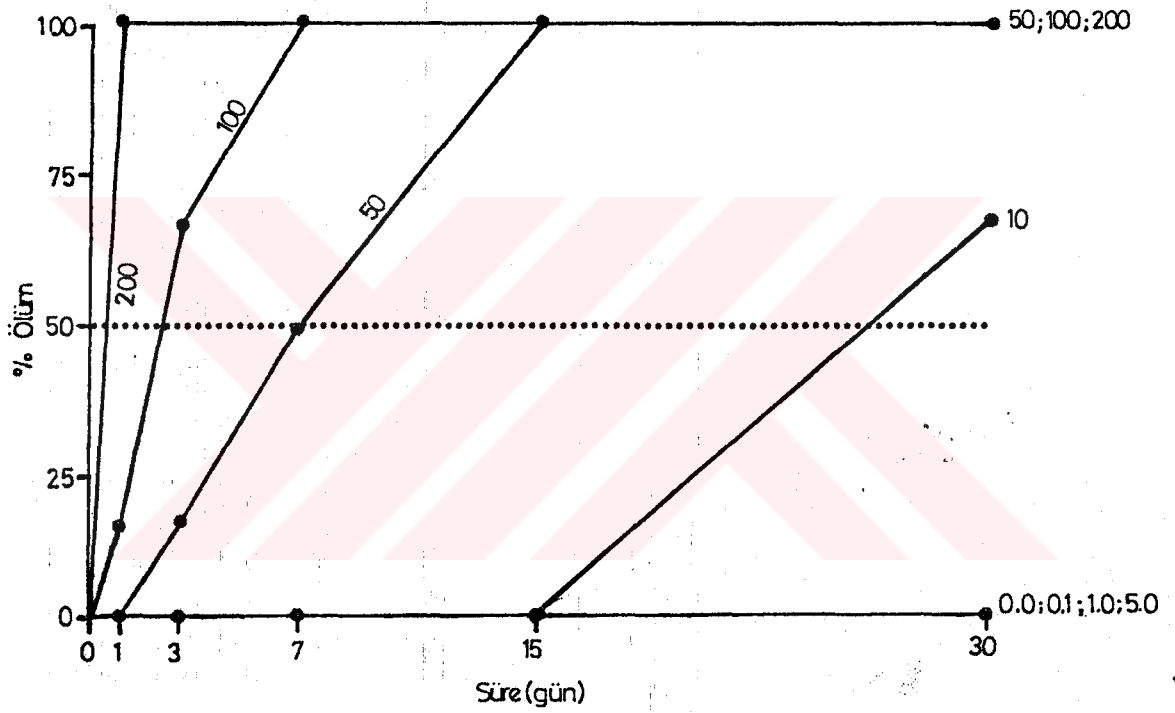
Organizmada bulunan toplam bakır analizlerinin sonuçları Ek Tablo 2, Tablo 2, Şekil 3 ve 4 te verilmiştir. Ek Tablo 2'de toplam kuru ağırlıklar ve AAS'da elde edilen absorban değerleri verilmiştir. Bu değerlerden belirli bir örnekteki bakır konsantrasyonunu hesaplamak amacıyla Şekil 2 de verilen ve bakır konsantrasyonu ile absorban arasındaki ilişkiyi gösteren kalibrasyon doğrusu kullanılmıştır.

Bu doğruya elde etmek için yeni hazırlanmış stok çözeltiden (6350 ppm) seri seyreltme yolu ile 10.0, 8.0, 6.0, 5.0, 4.0, 2.0 ve 1.0 ppm bakır çözeltileri hazırlanmış ve bu çözeltilerin absorban değerleri materyal ve metod bölümünde belirtilen şekilde ölçülmüştür. Doğrunun regresyon eşitliği  $y = 0.040x + 0.011$  olarak hesaplanmıştır. Bu eşitlikte y absorban, x ise bakır konsantrasyonunu göstermektedir.

Tablo 1. Farklı balık konsantrasyonlarında 1,3,7,15,30 ve 60 günlük süreler içerisinde canlı kalan ve ölen

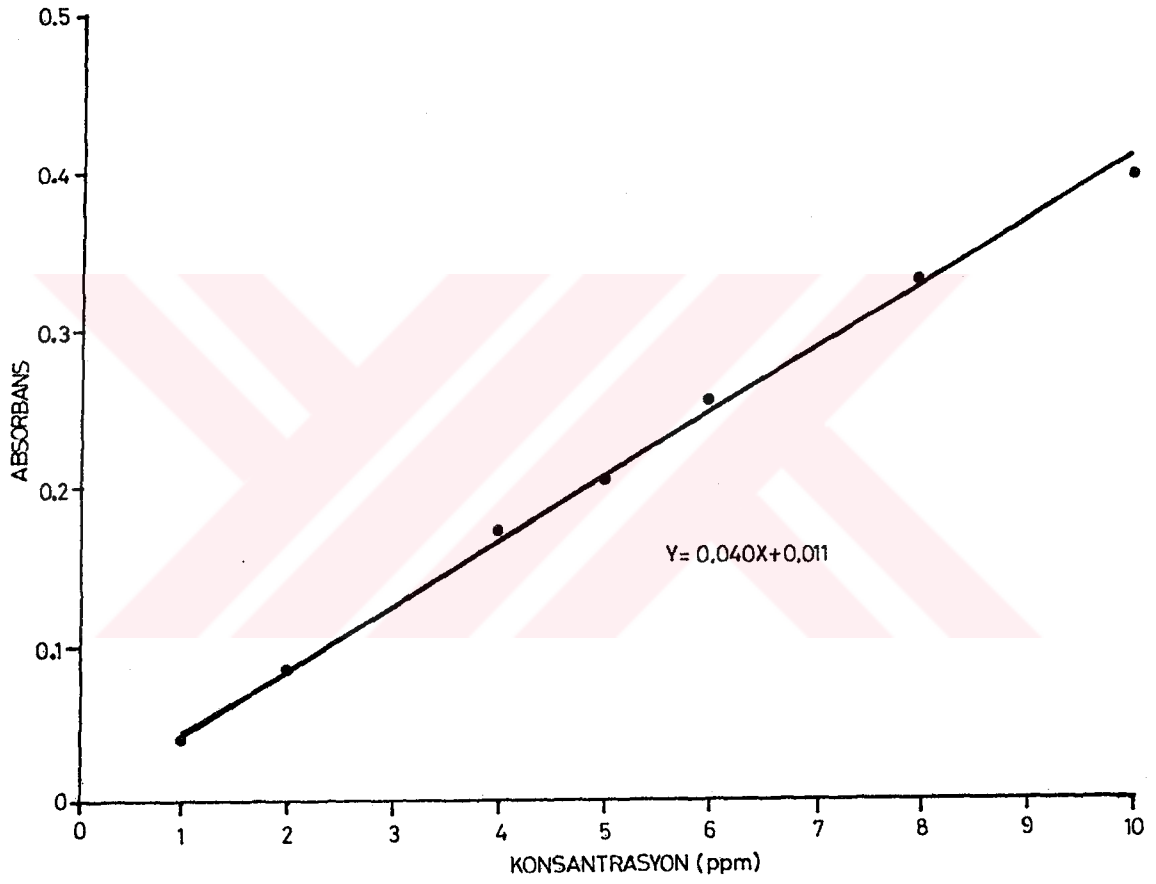
T. nilotica sayıları. Veriler Ek Tablo I'deki tekrarların toplanmasıyla elde edilmiştir.

SÜRE Konsantrasyon (ppm)	1 GÜN		3 GÜN		7 GÜN		15 GÜN		30 GÜN		60 GÜN	
	Canlı	Ölü	Canlı	Ölü	Canlı	Ölü	Canlı	Ölü	Canlı	Ölü	Canlı	Ölü
0.0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0
0.1	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0
1	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0
5	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0
10	6	0	6	0	6	0	6	0	2	4		
50	6	0	5	1	3	3	0	6				
100	5	1	2	4	0	6						
200	0	6										



Şekil 1 : *T. nilotica*'nın 1,3,7,15 ve 30 günlük süreler sonunda farklı bakır konsantrasyonlarında mortalite yüzdesi. Noktalı çizgi % 50 ölümü belirlemektedir.





Şekil 2: Bakır konsantrasyonu ve absorbans arasındaki ilişki. Ölçümler Varian II 751 Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde yapılmıştır.

Tablo 2. Fenilotica'da dökümlerde absorbe edilen toplam bakır miktarları (µg.Gü/g kuru ağırlık). Örneklerin kuru ağırlıkları ve absorpsiyon değerleri Ek-Tablo II'de verilmiştir.

KONSANTRASYON (ppm)	Tekrar	1 GÜN	3 GÜN	7 GÜN	15 GÜN	30 GÜN	60 GÜN
0.0	a	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	b	0.000 a	0.000 a	0.000 a	0.000 a	0.000 a	0.000 a
	c	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.1	a	0.000	0.000	2.256	5.126	5.888	10.95
	b	0.000 a s	0.000 a s	2.330 b t	4.329 b t	5.404 b y	12.03 b z
	c	0.000	0.201	3.053	4.798	6.837	12.50
1.0	a	0.000	0.000	5.285	5.617	7.658	17.99
	b	0.000 a s	0.613 a s	3.286 b t	6.268 b z	7.103 b z	18.20 c y
	c	0.502	0.000	4.602	6.436	7.575	19.94
5.0	a	0.266	0.871	6.660	10.77	12.01	30.74
	b	1.206 a s	1.057 a s	8.211 b t	8.728 c t z	9.957 c z	29.77 d y
	c	0.812	2.500	8.403	9.504	12.32	31.23
10.0	a	1.665	2.676	12.02	16.38	20.90	
	b	0.000 a s	1.575 a s	10.40 b t	20.49 d z	21.98 d y	
	c	1.348	3.311	12.10	17.76	25.14	
50.0	a	4.990	20.32	27.25	30.56		
	b	5.717 a s	18.42 b t	35.60 c z	30.27 e z		
	c	6.668	19.20	23.93	27.91		
100.0	a	16.95	24.17	35.16			
	b	16.19 b s	21.16 b s	24.22 c s			
	c	18.74	17.71	36.48			
200.0	a	57.83					
	b	57.14 c					
	c	75.76					

+ = Verilerin SEM testi ile elde edilen analiz sonuçları. Aynı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik fark yoktur (P > 0.01). a, b, c, d ve e harfleri konsantrasyonlar, s, t, z, y ve z harfleri ise süreler arasındaki farkı belirtmede kullanılmıştır.

Dokuda gram kuru ağırlık başına düşen bakır miktarı aşağıdaki örnekte gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. 7. günde 10.0 ppm bakır çözeltilisinin A tekrarının 1. örneği göz önüne alınsın

$$\text{Absorbans} = 0.028$$

$$\text{Örnek ağırlığı} = 1.8561 \text{ g}$$

$$\text{Konsantrasyon} = \frac{\text{absorbans} - 0.011}{0.040} \text{ ppm}$$

$$\text{Konsantrasyon} = \frac{0.028 - 0.011}{0.040} = 0.425 \text{ ppm Cu}$$

Örnekteki konsantrasyon =  $0.425 \times 50 = 21.25 \mu\text{g Cu} / 50 \text{ ml.}$  (Balıklar 50 ml. asitte yakılmış ve saf suyla 50 ml.'ye tamamlanmıştır). Bu nedenle 1.8561 g dokudaki bakır miktarı =  $21.25 \mu\text{g Cu}$  dir.

$$\text{Konsantrasyon} = \frac{21.25}{1.8561} = 11.44 \mu\text{g Cu/g. K.A. olarak bulunur.}$$

Aynı işlem A tekrarının 2. örneği için yapıldığında dokudaki bakır konsantrasyonu  $12.60 \mu\text{g/g}$  K.A. olarak hesaplanır. Bu iki değerin ortalaması olan  $12.02 \mu\text{g/g}$  K.A. değeri Tablo 2 de 7. günde 10 ppm Cu konsantrasyonunun A tekrarı için verilmiştir.

Etkide kalınan sürenin ve ortam konsantrasyonunun dokuda bakır birikimine etkisini belirlemek amacıyla, Tablo 2'de verilen verilerin istatistik analizleri varyans analizi yöntemi ile yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 3 a ve 3 b'de verilmiştir.

Bu tablolardan görülebileceği gibi hemen tüm sonuçlar 0.001 düzeyinde önem taşımaktadır. Organizma tarafından alınan bakır miktarı, ortamda artan bakır konsantrasyonu (Tablo 3a) ve belirli bir konsantrasyondaki çözeltide kalma süresi (Tablo 3b) ile artmıştır.

Tablo 3 a. Ortamda bulunan bakır konsantrasyonunun T.nilotica'da bakır birikimi üzerine etkisi. Altı, tek yönlü varyans analizi (Orjinal veriler Tablo 2'de verilmiştir).

Süre (gün)	Kaynak	Kareler Ortalaması	S.D	F Oranı	P
1	Konsantrasyon	1593.31	6	121.27	P < 0.001
	Hata	13.14	14		
3	Konsantrasyon	294.19	5	136.49	P < 0.001
	Hata	2.16	12		
7	Konsantrasyon	487.35	5	34.6	P < 0.001
	Hata	14.08	12		
15	Konsantrasyon	324.69	4	291.42	P < 0.001
	Hata	1.11	10		
30	Konsantrasyon	170.44	3	95.68	P < 0.001
	Hata	1.78	8		
60	Konsantrasyon	269.98	2	347.7	P < 0.001
	Hata	0.78	6		

Tablo 3 b. Belirli bir bakır konsantrasyonunda kalma süresinin T.nilotica'da bakır birikimi üzerine etkisi. Altı, tek yönlü varyans analizi (Orjinal veriler Tabla 2'de verilmiştir).

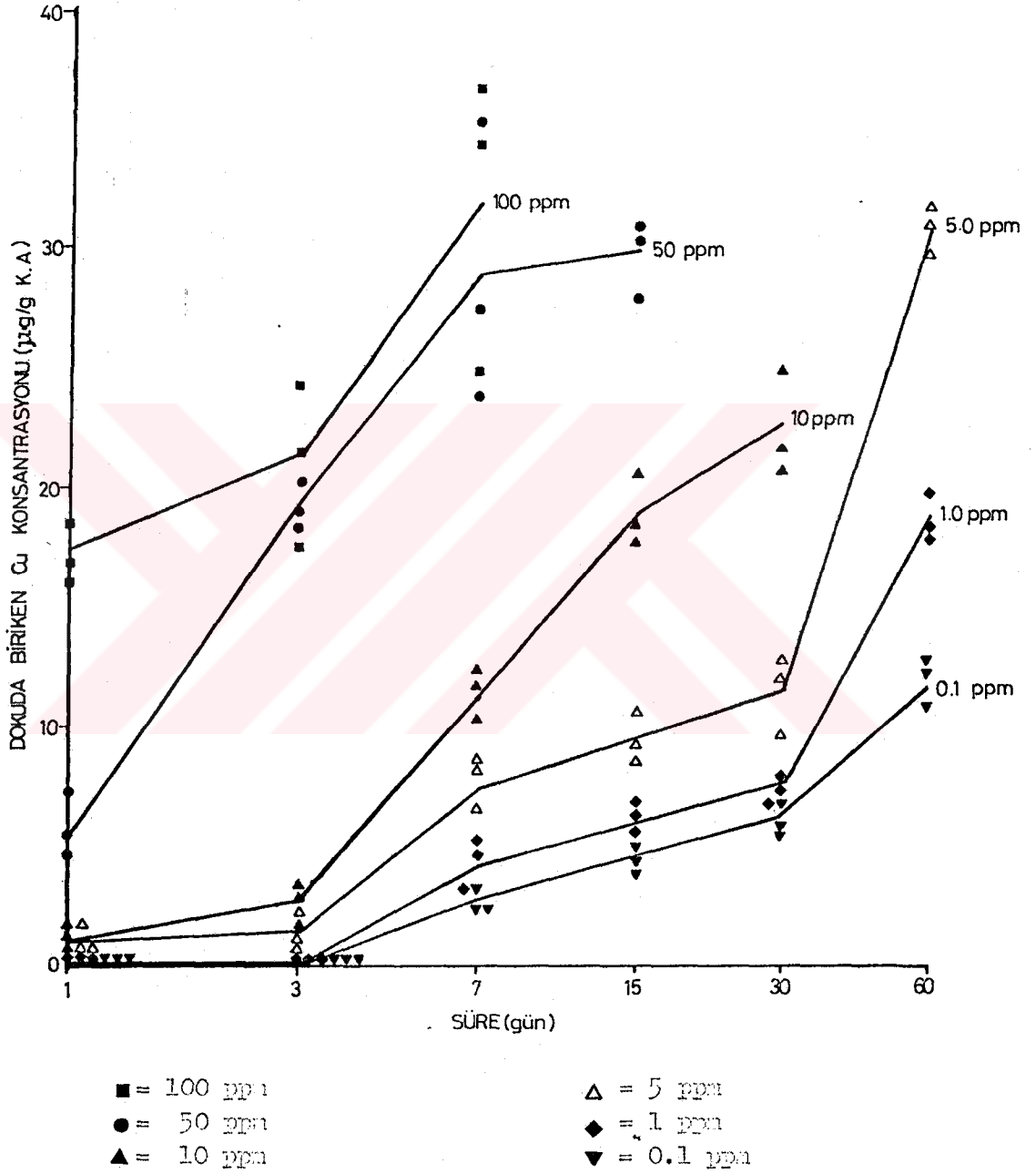
Konsantrasyon (ppm)	Kaynak	Kareler Ortalaması	S.D	F Oranı	F
0.1	Süre	59.66	5	230.08	P < 0.001
	Hata	0.26	12		
1	Süre	141.42	5	328.37	P < 0.001
	Hata	0.43	12		
5	Süre	352.96	5	407.65	P < 0.001
	Hata	0.87	12		
10	Süre	277.41	4	147.93	P < 0.001
	Hata	1.88	10		
50	Süre	370.46	3	37.16	P < 0.001
	Hata	9.97	8		
100	Süre	174.22	2	9.1	0.10 > P > 0.05
	Hata	19.15	6		

Bu veriler daha sonra hangi konsantrasyon ve hangi süreler arasında fark olduğunu belirlemek amacıyla SNK testi ile analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

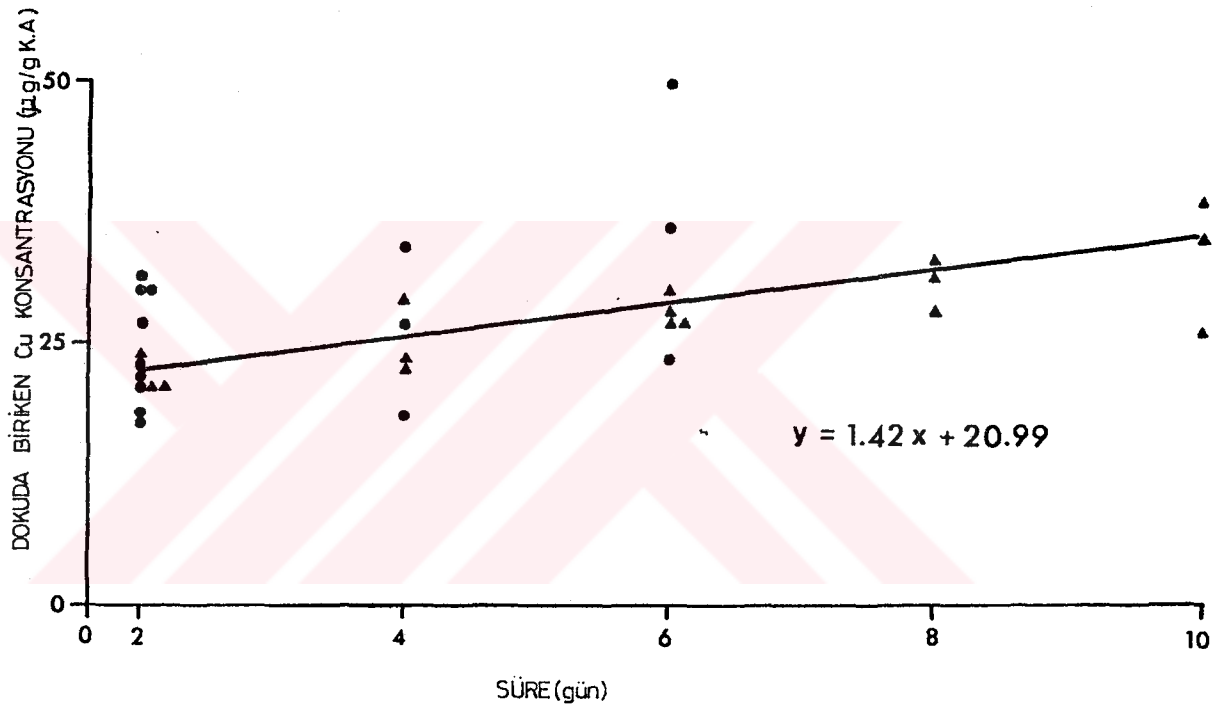
Birinci günde 0.1 ppm-50 ppm, üç ve yedinci günlerde 0.1 ppm-10 ppm, onbeş ve otuzuncu günlerde ise 0.1 ppm-1 ppm arasında dene- nen tüm konsantrasyonlarda balıklarda bakır birikimi bakımından bir ayırım bulunamamıştır. 60. günde ise farklı ortam konsantrasyonlarındaki bakır birikimleri arasında önemli ayırım vardır.

Belirli bir konsantrasyonda süresinin etkisi dikkate alındığında, 50.0 ppm Cu dışında, birinci ve üçüncü günlerde bakır birikimi bakımından ayırım gözlenmediği halde, 7, 15, 30 ve 60 ncı günlerde dokuda biriken bakır miktarı bir önceki süreye oranla önemli ölçüde artmıştır. Farklı ortam konsantrasyonlarına bırakılan T.nilotica'da, etkide kalınan süre ile dokuda biriken bakır konsantrasyonu arasındaki ilişki Şekil 3'de gösterilmiştir. Dokuda biriken bakır miktarı etkide kalınan süre ve artan ortam konsantrasyonu ile artmıştır.

Deneylerin devam ettiği süre içerisinde ölen balıklar genelde ilk 10 gün içerisinde ölmüşlerdir. Bu balıkların dokularında biriktirdiği bakır miktarları ve bu noktalara göre belirlenen regresyon doğru- su ( $y = 1,42 x + 20,99$ ) Şekil 4'de gösterilmiştir. Ölen balıklarda biriken bakır 20  $\mu\text{g}$ -35  $\mu\text{g/g}$  K.A. arasında değişim göstermekte olup, yaşam süresi arttıkça dokuda biriken bakır miktarında da artış göz- lenmektedir.



Şekil 3: Farklı ortam konsantrasyonlarına bürakılan *E. nilotica*'da, etlde kalınan süre ile dokuda biriken bakır konsantrasyonu arasındaki iliği. Şekilde her nokta iki ölçümün ortalesidir.



▲ = 50 ppm

● = 100 ppm

Şekil 4 : 50 ve 100 ppm bakır konsantrasyonlarında ilk on gün içerisinde ölen balıkların dokularında biriken bakır miktarları (µg/g K.A.).



#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

T.nilotica 5.0 ppm ortam konsantrasyonunda 60 günden fazla bir süre yaşamış ve bu süre içerisinde dokularında yaklaşık 30 µg/g KA kadar bakır biriktirmiştir (Tablo 2). Kültür balıkçılığında insan atıklarının gübre olarak kullanılması ve bu ortamlara su ve besin gibi diğer yollarla istenmeyen bazı maddelerin karışabilmesi, bu gibi yerlerde insan tüketimi amacıyla yetiştirilen hayvanlarda bazı toksik maddelerin biyoakümülyasyonu ve taşınmasına olanak verir. Turner ve ark.'ları (1986) bu tip havuzlarda yetiştirilen tilapya ve karideslerin kaslarında yüksek düzeyde bakır ve çinko bulmuşlardır.

Su organizmalarının toksik maddelere akklimasyonu üzerine yapılan araştırmalar oldukça kısıtlıdır. Diğer taraftan, bir organizmanın zehirli madde içeren bir ortam içerisinde yaşaması ve zehir etkilerinden korunma oranı metabolizmasının akklimasyon durumuna bağlıdır (Sprague, 1969). Artemia salina'nın bakıra hoşgörüsü, hayvanların bir süre düşük bakır konsantrasyonlarında bırakılmasıyla bir dereceye kadar artırılabilmiştir. (Saliba ve Ahsamullah, 1973). Tisbe holothuriae (Copepoda)'da bakırın yüksek dozlarına hoşgörüde akklimasyonun etkisi olduğu bilinmektedir (Moraitou- Apostolopoulou ve ark., 1983). Bu çalışmada, balıklar 100.0 ve 50.0 ppm bakır konsantrasyonlarında yaklaşık 30 µg/g bakır biriktirerek sırasıyla 7 ve 15 gün içerisinde ölmelerine karşın, 5.0 ppm konsantrasyonda aynı miktarda bakır 60 gün içerisinde biriktirilmiş ve bu hayvanlarda ölüm gözlenmemiştir.

Sazanlarda bakır birikimi üzerine yapılan bir araştırmada, (Romanenko ve Yevtushenko, 1985) düşük bakır konsantrasyonlarında, karaciğerdeki bakır düzeyinin etkide kalınan süreye bağlı olarak arttığı, yüksek konsantrasyonların ise balıklarda belirli homeostatik mekanizmaları uyarması sonucu hayvanların daha fazla miktarlarda bakırı attığı ve karaciğerin işlevini yapabildiği gösterilmiştir. Ancak yüksek

konsantrasyondaki balıklarda solunum güçlükleri ve hareket düzensizlikleri gözlenmiş ve kısa sürede ölmüşlerdir. Bu araştırmadan elde edilen bulgular ortam konsantrasyonu dikkate alınmaksızın, yaşayan (Tablo 2) ve ölen (Şekil 4) balıklarda biriktirilen bakır miktarının etkide kalınan süre ile doğru orantılı olarak arttığını göstermiştir. Yüksek bakır konsantrasyonlarının su organizmaları üzerine olan letal etkileri Bryan (1971) tarafından tartışılmış ve ölümün, solunum enzimlerinin ve solungaçlardan metalin atılmasını sağlayan enzimlerin, SH gurupları gibi aktif kısımlarını bloke ederek inhibisyonu sonucu ortaya çıktığını ileri sürmüştür. Deneyler süresince yapılan gözlemlerden, ölecek olan balıklarda başlangıçta solunumun hızlandığı ve balığın akvaryumun taban kısmında hareketsiz kaldığı, daha sonra solungaç hareketlerinin yavaşlayarak dengenin kaybolduğu ve balığın sırt üstü döndüğü belirlenmiştir.

Belirli bir konsantrasyonda süresinden önce ölen balıklarla süre bitimine kadar yaşayan balıkların dokularında biriken bakır konsantrasyonları arasında, 1.gün dışında, bir ayırım yoktur ( $t = 1.61$ ;  $SD = 28$ ;  $0.20 > P > 0.10$ ). Bakırın su organizmalarında birikim ve toksitesi çeşitli ortam faktörlerinin yanı sıra türlere bağlı olarak da değişim göstermektedir. Philips (1976), Mytilus edulis ile yaptığı bir çalışmada bu türün çinko, kadmiyum ve kurşun için kirlilik belirleyicisi bir organizma olarak kabul edilebileceğini, ancak bu türde bakır regülasyonunun çeşitli faktörlere bağlı olarak çok fazla değişim gösterdiğini vurgulamıştır. Bakır alımındaki bu düzensizlik balıklarda Ictalurus nebulosus'da (Brungs ve ark., 1973) gözlenmiş, aynı konsantrasyonda belirli bir süre bırakıldıktan sonra yaşayan ve bu süre içinde ölen balıkların solungaç, karaciğer ve böbreklerinde bakır birikimi bakımından bir ayırım bulamamışlardır. Belirli bir süre düşük konsantrasyonlara bırakılan balıklardaki bakır düzeyi ise, önceden düşük konsantrasyonlara bırakılmayan balıklara oranla daha yüksek olarak bulunmuştur.

Balık ve molusk'lar üzerine yapılan bazı araştırmalar (Cross ve ark., 1973; Boyden, 1974) organizmadaki bakır konsantrasyonunun artan vücut ağırlığı ile azaldığını göstermiştir. Bu araştırmada kullanılan balıklar aynı yaşta (6 ay) ve ağırlıkları yaklaşık 9.5-10 g kadardır. Bu nedenle, sonuçlar değerlendirilirken yukarıdaki çalışmaların dikkate alınması gerekmektedir.

Bu araştırmada denememle birlikte, Muramoto (1980, 1983) EDTA, NTA ve DTPA gibi bazı kompleksleştirici bileşiklerin Cyprinus carpio'da bakır birikimi ve biriktirilen bakırın uzaklaştırılması üzerine etkilerini incelemiş ve bu bileşiklerin dokudaki bakır birikimini önemli ölçüde azalttığını ve dokuda biriken bakırın tamamının bu kompleksleştiricilerin bulunduğu temiz sularda uzaklaştırılabileceğini ileri sürmüştür.

T. nilotica'nın dokularında biriktirdiği bakır konsantrasyonu, yaşadıkları ortam konsantrasyonuna ve etkide kaldıkları süreye bağlıdır. Ortam konsantrasyonu arttıkça ve belirli bir konsantrasyonda yaşadıkları süre uzadıkça dokularda biriken bakır miktarı da artmaktadır. 0.1, 1.0 ve 5.0 ppm ortam konsantrasyonlarında balıklarda 60 gün deney süresince ölüm gözlenmemiştir. 200.0, 100.0 ve 50.0 ppm bakır konsantrasyonlarında ise balıkların tamamı sırasıyla 1,7 ve 15 gün içerisinde ölmüşlerdir. Ölen balıkların dokularında yaklaşık 30 µg/g KA bakır bulunmuştur. Bu miktar, düşük konsantrasyonlarda daha uzun bir sürede biriktirilmiş ve bu balıklarda ölüm gözlenmemiştir.

Bu sonuçlar göz önünde bulundurularak, insan tüketimi açısından ele alındığında balıkların ölümüne neden olmayan düşük bakır konsantrasyonlarının yüksek konsantrasyonlar kadar sakıncalı olduğunu ve türün bu konsantrasyonlarda da dokularında yüksek düzeylerde bakır biriktirebileceğini söylemek olasıdır.

## 5. ÖZET

Ortamda bulunan farklı bakır konsantrasyonlarının (0.1, 1.0, 5.0, 10.0, 50.0, 100.0 ve 200.0 ppm Cu) Tilapia nilotica'da dokularda bakır birikimi ve mortalite üzerine etkileri, 25°C durağan sıcaklıkta ve 6 farklı zaman sürecinde (1,3,7,15,30 ve 60 gün) denenmiştir.

Balıklar tarafından dokuda biriktirilen bakır miktarı belirli bir konsantrasyonda kalma süresi ve ortam konsantrasyonu ile artış göstermiştir (Şekil 3). Belirli bir konsantrasyonda süresinden önce ölen ve süre sonuna kadar yaşayan balıklardaki bakır miktarları arasında genelde bir ayırım bulunamamıştır. Ölen balıklar dokularında 30 µg/g K.A. bakır biriktirmişlerdir (Şekil 4). Aynı miktarda bakırın düşük ortam konsantrasyonlarında da dokularda biriktirilmesine karşın, bu balıklar deneylerin sona erdirildiği 60 gün içerisinde ölmemişlerdir (Tablo 2).

Kontrol akvaryumunda ve 0.1, 1.0 ve 5.0 ppm bakır çözeltilerinde deneyler süresince balıklarda ölüm gözlenmemiştir. 50.0, 100.0 ve 200.0 ppm konsantrasyonlarda ise sırasıyla 15 gün, 7 gün ve 1 gün içerisinde balıkların tamamı ölmüşlerdir (Tablo 1). Farklı ortam konsantrasyonlarında balıkların %50'sinin öldüğü süreler ise 10.0 ppm'de 26 gün, 50 ppm'de 7 gün, 100.0 ppm'de 2 gün ve 200.0 ppm'de ise 1 günden az olarak belirlenmiştir (Şekil 1).

## 6. SUMMARY

EFFECT of COPPER on Tilapia nilotica (L) 1758 ; UPTAKE and MORTALITY

Effects of copper on accumulation and mortality of Tilapia nilotica were tested at a range of concentrations (0.1, 1.0, 5.0, 10.0, 50.0 100.0 and 200.0 ppm) over periods from 1 to 60 days.

The amount of copper accumulated by the fish tissue increased with increasing time of contact with a particular Cu solution and with increasing Cu concentrations. In a given concentration, no difference was found between the copper content of fishes which died before a given period and those lived through the end of that period. Dead fishes accumulated about 30  $\mu\text{g}$  Cu per g dry weight. In lower concentrations (eg. 5.0 ppm) no fish was dead by the end of 60 days period but the amount of copper accumulated was the same as with the dead fish.

There was no mortality in the 0.1, 1.0 and 5.0 ppm copper concentrations and in control aquariums during the 60 day period. 100 % mortality was observed in 50.0, 100.0 and 200.0 ppm concentrations in 15, 7 and 1 days respectively. Tilapia  $\text{LD}_{50}$ 's ranged from 26 days in 10.0 ppm to less than 1 day in 200.0 ppm copper.

## 7. KAYNAKLAR

- ARTHUR, J.W. and LEONARD, E.N. (1970). Effects of copper on Gammarus pseudolimneaus, Physa integra and Campeloma decisum in soft water. J.Fish.Res.bd.Can., 27, 1277-1283.
- BAKER, C.W. (1977). Mercury in surface waters of seas around the United Kingdom. Nature, Lond., 270, 230-232.
- BERMAN, E. (1980). Copper. In "Toxic metals and their analysis". Chapter 12, 88-100. Heyden Son LTD., London.
- BİNGÖL, G. (1983). Biyokimya. Hacettepe-Taş kitapçılık LTD. Şirketi, Ankara. 418 s.
- BOYDEN, C.R. (1974). Trace element content and body size in molluscs. Nature, Lond., 251, 311-314.
- BROWN, B. and AHSANULLAH, M. (1971). Effects of heavy metals on mortality and growth. Mar.Poll.Bull., 2, 182-187.
- BRYAN, G.W. (1971). The effect of heavy metals (other than mercury) on marine and estuarine organisms. Proc.Roy. Soc.London. B, 177, 389-440.
- BRYAN, G.W. (1976). Some aspects of heavy metal tolerance in aquatic organisms. In "Effects of Pollutants on Aquatic Organisms". Ed. Lockwood, A.P.M. , 7-34, Cambridge University Press, Cambridge.
- BRUNGS, W.A., LEONARD, E.N. and McKIM, J.M. (1973). Acute and long-term accumulation of copper by the brown bullhead , Ictalurus nebulosus. J.Fis.Res.bd.Can., 30, 583-586.
- CAIRNS, J.Jr. (1974). Protozoans. In "Pollution Ecology of Freshwater Invertebrates". Ed. Hart, C.W.Jr. and Fuller, S.L.H., 1-28, Academic Press, New York.
- CROSS, F.A., HARDY, H., JONES, N.Y. and BARBER, R.T. (1973). Relation between total body weight and concentrations of manganese, iron, copper, zinc and mercury in white muscle of bluefish (Pomatomus saltatrix) and a bathyl-

- demersal fish Antimora rostrata. J.Fish.Res.bd.Can., 30, 1287-1291.
- DALLINGER, R. and KAUTZKY, H. (1985). The importance of contaminated food for the uptake of heavy metals by rainbow trout (Salmo gairdneri): a field study. Oecologia, 67, 82-89.
- ERDEM, C. and MEADOWS, P.S. (1980). The influence of mercury on the burrowing behaviour of Corophium volutator. Mar.Biol., 56, 233-237.
- GEY, H. (1983). "Türkiye'nin Ege denizi kıyılarında avlanan Dicentrarchus labrax (L.) ve Solea vulgaris Quensel'de bazı iz elementlerin birikim düzeyleri". E.Ü. Fen Fak., Bio.Bl., Hidrobiyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- HAESLOOP, U. and SCHIRMER, M. (1985). Accumulation of orally administered cadmium by the eel (Anguilla anguilla). Chemosphere, 14, No. 10, 1627-1634.
- KULIKOVA, I., SEISUMA, Z. and LEGZDINA, M. (1985). Heavy metals in marine organisms. Symposia Biologica Hungarica, 29, 141-151.
- MATHUR, S.P., SANDERSON, R.B., BELANGER, A., VALK, M., KNIBBE, E. and PRESTON, C.M. (1984). The effect of copper applications on the movement of copper and other elements in organic soils. Water, Air and Soil Pollution, 22, 277-288.
- McGRATH, M.S. and AUSTIN, J. (1979) Zinc and copper levels in Belfast Lough. Mar.Poll.Bull., 10, 86-88.
- MEADOWS, P.S. and ERDEM, C. (1982). The effect of mercury on Corophium volutator viability and uptake. Mar.Env.Res., 6, 227-233.
- MORAITOU-APOSTOLOPOULOU, M., KIORTSIS, M., VERRIOPOULOS, V. and PLATANISTIOTI, S. (1983). Effects of copper sulphate on Tisbe holothuriae Humes (Copepoda) and development of tolerance to copper. Hydrobiologia, 99, 145-150.

- MURAMOTO, S. (1980). Effect of complexants (EDTA, NTA and DTPA) on the exposure to high concentrations of cadmium, copper, zinc and lead. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.*, 25, 941-946.
- MURAMOTO, S. (1983). Elimination of copper from Cu-contaminated fish by long-term exposure to EDTA and fresh water. *J. Environ. Sci. Health*, A18(3), 455-461.
- NIELSEN, E.S. and WIUM-ANDERSEN, S. (1970). Copper ions as poison in the sea and in fresh water. *Mar. Biol.*, 6, 93-97.
- PEDEN, J.D., CROTHERS, J.H., WATERFALL, C.E. and BEASLEY, J. (1973). Heavy metals in Somerset marine organisms. *Mar. Poll. Bull.*, 4, 7-9.
- PHILIPS, D.J.H. (1976). The common mussel Mytilus edulis as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper. 1. Effects of environmental variables on uptake of metal. *Mar. Biol.*, 38, 59-69.
- RAMMEL, C. (1976). Genetic effects. In "Mercury in the environment". Ed. Friberg, L. and Vostal, J., 169-181. CRC Press, Ohio.
- ROHLF, J.F. and SOKAL, R.R. (1969). "Statistical Tables". W.H. Freeman and Company, San Fransisco. 253 pp.
- ROMANENKO, V.D. and YEVTUSHENKO, N.Yu. (1985). The tissue accumulation of heavy metals and their influence on the biosynthesis in the fish organism. *Symposia Biologica Hungarica*, 29, 299-312.
- SALIBA, I.S. and AHSANULLAH, M. (1973). Acclimation and tolerance of Artemia salina to copper salts. *Mar. Biol.*, 38, 231-238.
- SARUHAN, E. ve TORAL, Ö. (1982). Bir tropik balık türü olan Tilapia nilotica (L.), 1758'in Çukurova Bölgesinde yetiştirme sorunları üzerine bir tartışma. Tübitak 7.ci Bilim Kongresi ( 9 Eylül-3 Ekim 1980, İstanbul). Veteriner ve Hayvancılık Araştırma Gurubu Tebliğleri, S 33-44, ANKARA.



- SKURDAL, J., QVENILD, T. and SKOGHEIM, O.K. (1985). Mercury accumulation in five species of freshwater fish in lake Tyrifjorden, south-east Norway, with emphasis on their suitability as test organisms. *Env.Biol.Fishes*, 14, No.2/3, 233-237.
- SOKAL, R.R. and ROHLF, J.F. (1969). "Biometry". W.H.Freeman and Company, San Francisco. 776 pp.
- SPENCER, D.W. and BREWER, P.G. (1969). The distribution of copper, zinc and nickel in sea water of the Gulf of Maine and Sargasso Sea. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 33, 325-339.
- SPRAGUE, J.B. (1969). Measurement of pollutant toxicity to fish. 1. Bioassay methods for acute toxicity. *Water Research*, Pergamon Press, 3, 793-821.
- TURNER, J.W.D., SIBBALD, R.R. and HEMENS, J. (1986). Chlorinated secondary domestic sewage effluent as a fertilizer for marine aquaculture. III. Assessment of bacterial and viral quality and accumulation of heavy metals and chlorinated pesticides in cultured fish and prawns. *Aquaculture*, 53, 157-168.
- WILSON, J.G. (1980). Heavy metals in the estuarine macrofauna of the coast of Ireland. *J.Life Sci., R.Dubl.Soc.*, 1, 183-189.
- WISELY, B. and BLICK, R.A.P. (1967). Mortality of marine invertebrate larvae in mercury, copper and zinc solutions. *Aust.J.Mar.Freshwat.res.*, 18, 63-72.

## 8. TEŞEKKÜR

Araştırmamı yöneten ve her türlü yardımlarını esirgemeyen Sayın hocam Doç.Dr.Cahit Erdem'e teşekkürü bir borç bilirim. Araştırmam için gerekli tüm olanakları hazırlayan Fen-Edebiyat Fakültesi Dekanı ve Biyoloji Bölüm Başkanı Sayın Prof.Dr.Şevki Yazgan'a, deney balıklarını sağlayan Sayın Prof.Dr.Ercan Saruhan'a ve deneylerim sırasında öneri ve bilgilerine sık sık başvurduğum Sayın Yard.Doç.Dr. İskender Emre'ye çok teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Sayın Araş.Gör.Mustafa Canlı'ya ve araştırmamın yazıya geçilmesinde daktilo işlemini yapan Biyoloji Bölüm Sekreteri Sayın Mediha Kurtoğlu'na teşekkür ederim.

## 9. ÖZGEÇMİŞ

1962 yılında Şanlı Urfa'nın Siverek ilçesinde doğdum. İlk öğrenimimi Siverek Şair İbrahim Rafet İlkokulu, Orta öğrenimimi sırasıyla Siverek Ortaokulu ve Siverek Lisesinde tamamladım. 1981-1985 yıllarında Ç.Ü.Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünden Biyolog ünvanı ile mezun oldum. Halen Ç Ü.Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmakta ve Ç.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimime devam etmekteyim.

Ek Tablo I. Deneyleer somunda canlı balık ve ölen balıkın sayıları. Farklı balık konsantrasyonlarının mortalite üzerine etkisi 60 gün süre içinde denemiştir. Sonuçlar deneyler başladılardan sonra 1,3,7,15,30 ve 60 gün sonra alınmıştır. Süresinden önce ölen balıklar öldükleri gün deneyden çıkartılmıştır. Deneyler üç tekrarla olarak yapılmıştır.

Konsantrasyon (ppm)	SÜRE	1 GÜN		3 GÜN		7 GÜN		15 GÜN		30 GÜN		60 GÜN	
		Tekrar	Canlı	Ölü	Canlı	Ölü	Canlı	Ölü	Canlı	Ölü	Canlı	Ölü	Canlı
0.0	a	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	b	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	c	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
0.1	a	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	b	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	c	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
1	a	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	b	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	c	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
5	a	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	b	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	c	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
10	a	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	b	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	c	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
50	a	2	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	b	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	c	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
100	a	1	1	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0
	b	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	c	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
200	a	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	b	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	c	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ek Tablo II : Deneysel hayvanlarının kuru ağırlıkları (g) ve Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde (varian-IL 751) elde edilen absorpsiyon değerleri. Deneysel üç tekrarlı olarak ve her tekrarda iki baki olacak şekilde yürütülmüştür. Bakır absorpsiyon ölçümleri 324,8 nm dalga boyunda yapılmıştır.

Konsantrasyon (ppm)	Süre	1 gün		3 gün		7 gün		15 gün		30 gün		60 gün		
		Tekrar	Kuru Ağırlık (g.)	Absorbans	Kuru Ağırlık (g.)	Absorbans	Kuru Ağırlık (g.)	Absorbans	Kuru Ağırlık (g.)	Absorbans	Kuru Ağırlık (g.)	Absorbans	Kuru Ağırlık (g.)	Absorbans
0.0	a	1	3.0530	0.004	2.2020	0.005	1.5539	0.006	1.3685	0.005	1.5726	0.005	1.4026	0.004
		2	2.5435	0.004	2.2291	0.004	1.3089	0.004	2.3385	0.004	2.5885	0.004	2.1432	0.005
	b	1	2.3670	0.002	2.6652	0.006	1.5496	0.005	1.7980	0.006	1.7325	0.006	1.0250	0.005
		2	1.6100	0.004	1.0565	0.005	0.7922	0.004	1.7426	0.005	2.2567	0.004	1.2430	0.005
	c	1	1.0592	0.003	3.9915	0.005	2.0973	0.004	1.1452	0.004	1.8067	0.005	1.1120	0.005
		2	1.9893	0.004	2.4150	0.004	1.0112	0.005	1.3132	0.004	3.0133	0.004	1.3543	0.005
0.1	a	1	1.4077	0.008	1.3524	0.008	1.9733	0.014	1.8213	0.018	2.0070	0.020	1.0765	0.021
		2	3.6474	0.010	2.0800	0.009	1.9141	0.015	2.0646	0.020	3.4426	0.028	1.8540	0.028
	b	1	2.8877	0.008	2.2520	0.009	2.8844	0.018	2.3500	0.021	1.2122	0.016	1.5505	0.026
		2	1.9567	0.006	1.7998	0.007	1.5348	0.013	1.4970	0.015	2.4320	0.022	1.1475	0.022
	c	1	1.6666	0.008	3.1083	0.012	1.3046	0.015	2.9420	0.022	1.1440	0.017	2.1071	0.034
		2	2.3093	0.009	1.3769	0.008	1.0985	0.013	2.2846	0.020	4.0162	0.039	1.7590	0.028
1	a	1	1.7572	0.008	1.4327	0.010	1.2638	0.017	1.0985	0.016	2.7730	0.028	1.2890	0.030
		2	1.6853	0.009	1.9523	0.009	1.8866	0.014	2.4790	0.022	2.1228	0.024	0.9245	0.024
	b	1	2.2944	0.010	3.6774	0.013	1.8680	0.015	1.8100	0.020	1.0917	0.017	1.0200	0.026
		2	1.4552	0.008	2.2772	0.012	2.5655	0.019	2.5700	0.024	2.5557	0.026	0.7627	0.022
	c	1	4.7995	0.013	2.6882	0.008	1.7086	0.017	1.0875	0.017	1.4440	0.020	0.7240	0.023
		2	2.5765	0.012	2.0500	0.009	1.8171	0.018	3.5550	0.028	1.6982	0.021	1.0425	0.027
5	a	1	2.4282	0.010	2.8604	0.015	3.2200	0.027	1.7883	0.024	2.2980	0.035	0.7512	0.031
		2	2.3477	0.012	1.7169	0.018	1.5822	0.020	3.4068	0.045	1.8228	0.027	1.1075	0.036
	b	1	2.4384	0.013	1.8262	0.011	1.4755	0.025	3.3970	0.020	2.4756	0.032	1.0150	0.033
		2	4.5011	0.016	2.9564	0.016	1.0960	0.015	1.4620	0.022	1.8785	0.025	0.7300	0.030
	c	1	3.0751	0.015	3.0989	0.018	1.0600	0.019	1.7950	0.025	2.5573	0.033	0.5650	0.026
		2	1.4260	0.008	2.2955	0.015	1.1865	0.018	1.8900	0.025	3.1497	0.046	1.0245	0.035
10	a	1	2.3267	0.016	2.3049	0.016	1.8561	0.028	2.0390	0.043	1.4570	0.042		
		2	1.9400	0.012	4.2582	0.020	2.7761	0.039	1.6026	0.033	1.7900	0.041		
	b	1	1.7417	0.011	1.3702	0.012	1.2628	0.020	2.5414	0.053	2.3595	0.055		
		2	1.3153	0.010	1.6754	0.014	1.2595	0.023	1.7829	0.040	1.9355	0.043		
	c	1	3.1505	0.015	1.5700	0.015	2.7200	0.036	1.7873	0.038	1.5070	0.038		
		2	2.2537	0.013	2.5437	0.018	4.4188	0.056	3.6800	0.060	2.5921	0.069		
50	a	1	3.7805	0.028	1.8322	0.042	1.8295	0.054	1.5027	0.034				
		2	2.0066	0.018	1.7300	0.038	1.4883	0.041	1.1954	0.048				
	b	1	2.0770	0.020	2.0400	0.045	1.1900	0.039	3.2243	0.082				
		2	2.2846	0.022	2.9640	0.049	1.7262	0.069	2.0053	0.064				
	c	1	2.9324	0.029	2.1546	0.041	1.3700	0.034	1.6156	0.042				
		2	1.3240	0.017	1.4180	0.035	1.2086	0.037	2.3546	0.071				
100	a	1	3.1815	0.056	1.8271	0.038	1.4938	0.052						
		2	1.6177	0.032	2.0915	0.061	2.4533	0.082						
	b	1	1.6018	0.037	1.9947	0.046	2.0561	0.046						
		2	2.7852	0.038	1.6540	0.038	1.2874	0.039						
	c	1	4.7837	0.079	2.0654	0.041	1.6880	0.042						
		2	2.4684	0.050	2.0972	0.040	4.7976	0.203						
300	a	1	1.3372	0.068										
		2	1.6130	0.091										
	b	1	1.5147	0.074										
		2	1.3559	0.075										
	c	1	1.2836	0.092										
		2	1.7921	0.082										