

***Clarias lazera* (Valenciennes, 1840)'NİN ÇEŞİTLİ
DOKULARINDAKİ KADMİYUM BİRİKİMİNİN
BAZI BİYOKİMYASAL PARAMETRELER
ÜZERİNE KANTİTATİF ETKİLERİ**

ZAFER KUŞATAN

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SU ÜRÜNLERİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MERSİN
ARALIK – 2004**

***Clarias lazera* (Valenciennes, 1840)'NİN ÇEŞİTLİ
DOKULARINDAKİ KADMİYUM BİRİKİMİNİN BAZI
BİYOKİMYASAL PARAMETRELER ÜZERİNE KANTİTATİF
ETKİLERİ**

ZAFER KUŞATAN

**Mersin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Su Ürünleri
Anabilim Dalı**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. BEDİİ CİCİK**

**MERSİN
ARALIK – 2004**

Bu tezin gerek bilimsel içerik, gerekse elde edilen sonuçlar açısından tüm gerekleri sağladığı kanaatine ulaşan ve aşağıda imzaları bulunan biz jüri üyeleri, sunulan tezi oy çokluğu (oy birliği) ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul ediyoruz.

Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Bedii CİCİK

Jüri üyesi
Prof. Dr. Cahit ERDEM

Jüri üyesi
Yrd. Doç. Dr. Özcan AY

Bu tezin Fen Bilimleri Enstitüsü yazım kurallarına uygun olarak yazıldığı Enstitü Yönetim Kurulu'nun **16/02/2005** tarih ve **2005.06/23** sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mahir TURHAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu Tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil ve çizelgelerden kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

ÖZ

Kadmiyumun 0.25, 0.50, 0.75 ve 1.00 ppm ortam derişimlerinin etkisinde 1, 7, 14 ve 21 gün sürelerle bırakılan *Clarias lazera* 'nın solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularındaki metal birikimi ile serum Aspartat aminotransferaz (AST), Alanin aminotransferaz (ALT) ve glukoz düzeylerindeki değişimler belirlenmiştir.

Doku örneklerindeki kadmiyum derişimlerinin belirlenmesinde , Grafit Fırınlı Varian (Rima model) atomik absorpsiyon spektrofotometresi, serum parametrelerinin analizinde ise Cobas – Integra 700 otoanalizatörü kullanılmıştır.

Belirlenen sürelerde kadmiyumun incelenen ortam derişimlerinin etkisinde kalan balıkların doku ve organlarında kontrole oranla yüksek düzeyde metal birikimi belirlenirken, doku ve organlar arasında kadmiyum birikimi bakımından aşağıdaki ilişki saptanmıştır.

Böbrek > Dalak > Solungaç > Karaciğer > Kas

Serum aminotransferaz ve glukoz düzeyleri, metal etkisinin başlangıcında değişim gösterirken, etkide kalma süresindeki artışın, belirtilen parametrelerdeki değişimlerin ortadan kalkmasına neden olduğu belirlenmiştir.

C. lazera'da kadmiyumun belirlenen derişimlerinin 1, 7, 14 ve 21 gün sürelerle etkisinde metal birikimi bakımından böbrek dokusunun, serum aminotransferaz ve glukoz düzeylerindeki değişimlerin ise kadmiyum toksisitesinin biyokimyasal göstergesi olarak kullanılabileceği görülür.

Anahtar Kelimeler: *Clarias lazera*, Kadmiyum, Birikim, Aminotransferaz, Glukoz

ABSTRACT

Accumulation of cadmium in gill, liver, kidney, spleen and muscle tissues of *Clarias lazera* were determined after exposing fish to 0.25, 0.50, 0.75 and 1.00 ppm concentrations of the metal over 1, 7, 14 and 21 days periods together with the variations in sera aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT) and glucose levels.

Tissue cadmium levels were determined using a Varian atomic absorption spectrophotometer (Rima) with a graphite furnace and sera parameters were analyzed using a Cobas-Integra 700 autoanalyser.

Metal accumulation were significantly high compared with the control animals in the tissues of fish exposed to the given concentrations of cadmium over 1, 7, 15 and 21 days periods. The following relationship was found among the tissues in accumulating cadmium;

Kidney > Spleen > Gill > Liver > Muscle

Sera aminotransferase and glucose levels showed variation at the beginning of exposure which leveled off on prolonged exposure period.

The results of this study suggests that kidney tissue can be used as an indicator of metal accumulation and that changes in sera aminotransferase and glucose levels can be used as an indicator of cadmium toxicity in *C. lazera* .

Key Words: *Clarias lazera*, Cadmium, Accumulation, Aminotransferase, Glucose.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince tezimin planlanması, yürütülmesi ve her türlü yardımlarını gördüğüm danışman hocam Sayın Yrd.Doç.Dr.Bedii CİCİK'e, çalışmamda imkan ve kolaylık sağlayan ME. Ü. Su Ürünleri Fakültesi Dekanı Sayın Prof.Dr. Gürkan EKİNGEN'e teşekkür ederim.

Deneysel çalışmamda yardımlarını gördüğüm Yrd.Doç.Dr. Ferbal ÖZKAN'a, Yrd.Doç.Dr. Özcan Ay'a ve Arş.Gör. Mustafa BARIŐ'a, araştırma analizlerinin yapılması ve verilerin elde edilmesinde Mersin Tarım İl Kontrol Müdürlüğü'ne ve Müh. Musa BARAN'a, biyokimyasal parametrelerin analizleri sırasında ME.Ü. Tıp Fakültesindeki olanaklardan yararlanmamı sağlayan ME.Ü. Tıp Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı öğretim üyesi Doç.Dr. Lülüfer TAMER'e, bu çalışmamın proje olarak kabul edilmesi [BAP- FBE-SÜTB-(ZK) 2002] ve maddi destek sağladığı için ME.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim.

Son olarak bu güne kadar maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Ailem'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA</u>
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
3. MATERYAL ve METOT	11
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	14
4.1.BULGULAR	14
4.2.TARTIŞMA	26
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	33
KAYNAKLAR	34
ÖZGEÇMİŞ	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>SAYFA</u>
Çizelge 3.1. Deney Akvaryumlarında, Ortamın Kimyasal Özellikleri	11
Çizelge 4.1. <i>C. lazera</i> 'da Kadmiyumun Solungaç Dokusundaki Birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürelerin Etkileri ...	15
Çizelge 4.2. <i>C. lazera</i> 'da Kadmiyumun Karaciğer Dokusundaki Birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürelerin Etkileri...	16
Çizelge 4.3. <i>C. lazera</i> 'da Kadmiyumun Böbrek Dokusundaki Birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürelerin Etkileri ...	16
Çizelge 4.4. <i>C. lazera</i> 'da Kadmiyumun Dalak Dokusundaki Birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürelerin Etkileri...	17
Çizelge 4.5. <i>C. lazera</i> 'da Kadmiyumun Kas Dokusundaki Birikimi($\mu\text{g Cd/g k.a.}$) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürelerin Etkileri	18
Çizelge 4.6 <i>C. lazera</i> 'da Serum Aspartat Aminotransferaz (AST) Düzeyi (U/L) Üzerine Kadmiyum Ortam Derişimlerinin Süreye Bağlı Etkileri	22
Çizelge 4.7 <i>C. lazera</i> 'da Serum Alanin Aminotransferaz (ALT) Düzeyi (U/L) Üzerine Kadmiyum Ortam Derişimlerinin Süreye Bağlı Etkileri	22
Çizelge 4.8 <i>C. lazera</i> 'da Serum Glukoz Düzeyi (mg/dL) Üzerine Kadmiyum Ortam Derişimlerinin Süreye Bağlı Etkileri.....	23

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>SAYFA</u>
Şekil 4.1. Kadmiyum'un 0.25 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde <i>C. lazera</i> 'nın Solungaç, Karaciğer, Böbrek, Dalak ve Kas Dokularında Süreye Bağlı Metal Birikimi	19
Şekil 4.2. Kadmiyum'un 0.50 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde <i>C. lazera</i> 'nın Solungaç, Karaciğer, Böbrek, Dalak ve Kas Dokularında Süreye Bağlı Metal Birikimi	19
Şekil 4.3. Kadmiyum'un 0.75 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde <i>Clarias lazera</i> 'nın Solungaç, Karaciğer, Böbrek, Dalak ve Kas Dokularında Süreye Bağlı Metal Birikimi	20
Şekil 4.4. Kadmiyum'un 1.00 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde <i>C. lazera</i> 'nın Solungaç, Karaciğer, Böbrek, Dalak ve Kas Dokularında Süreye Bağlı Metal Birikimi	20
Şekil 4.5. Kadmiyum'un 0.25 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde <i>Clarias lazera</i> 'nın Serum AST ve ALT Düzeyinde Süreye Bağlı Değişimler	23
Şekil 4.6. Kadmiyum'un 0.50 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde <i>C. lazera</i> 'nın Serum AST ve ALT Düzeyinde Süreye Bağlı Değişimler	24
Şekil 4.7. Kadmiyum'un 0.75 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde <i>C. lazera</i> 'nın Serum AST ve ALT Düzeyinde Süreye Bağlı Değişimler	24
Şekil 4.8. <i>C. lazera</i> 'nın Kadmiyum Ortam Derişimlerinin 1(a), 7(b), 14(c) ve 21(d) Günlük Süreler Etkisinde Glukoz Düzeyindeki (mg/dL) Değişimler	25

1.GİRİŞ

Sucul ortamlar, içme suyu, kullanım suyu ve protein gereksinimi karşılama gibi çok amaçlı kullanıma sahip doğal kaynaklardan biri olup, biyosferdeki hava ve toprağın yanı sıra en önemli yaşam ortamlarını oluşturur. Evsel, endüstriyel ve tarımsal atıklar gibi temelde antropojenik faktörler ve atmosferik olaylar, organik kirleticilerle, ağır metaller gibi inorganik kirleticilerin sucul ortamlara katılımını arttırarak, suyun kalite ve biyolojik özelliklerinde kantitatif değişimlere neden olmaktadır [1, 2, 3].

Kadmiyum, biyolojik sistemlerde herhangi bir işlevi olmayan, metal bağlayıcı bileşiklere kolayca bağlanarak organizmadan uzaklaştırılmadığı için birikim bakımından kumulatif etkili, biyolojik yarılanma süresi oldukça uzun toksik bir ağır metaldir [4, 5, 6].

Kadmiyum, endüstride genellikle akümülatör yapımı, elektrod kaplama, boya sanayi, cam üretimi, diğer metallerle alaşım oluşturma, demir, bakır ve çinko gibi metalleri korozyona karşı kaplamada, nikel – kadmiyum pili yapımında, insektisid ve gübre üretiminde, plastik sanayinde stabilizatör olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [7].

Kadmiyumun belirtilen kaynaklardan sucul ekosistemlere katılımı, yüksek derişimlerde akuatik organizmalarda doğrudan mortaliteye neden olurken, düşük derişimlerde, özellikle balıklarda atılım mekanizmaları alınımı karşılamadığı durumlarda dokularda birikime, metabolik ve fizyolojik olaylarda bozukluğa, besin zinciri aracılığı ile üst trofik düzeylere artan derişimlerde iletilmesine, neden olmaktadır [8, 9, 10, 11].

Letal olmayan ortam derişimlerinde kadmiyumun balıklarda; kas, beyin ve kemik doku yerine özellikle, böbrek, dalak, solungaç ve karaciğer gibi metabolik bakımdan aktif dokularda tüm vücuttaki birikimin %90'ı kadar yüksek derişimlerde biriktiği belirlenmiştir [12, 13, 14]. Çeşitli balık türleri ile laboratuvar ve doğal

koşullarda yapılan araştırmalarda, bu dokularda yüksek düzeydeki kadmiyum birikiminin, belirtilen dokuların metal alınım, atılım, depolama ve detoksifikasyon olaylarında işlev görmesinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir [12, 15, 16, 17, 18].

Balıklarda kadmiyumun doku ve organlardaki birikimi, türe[19], boy[20], yaş ve ağırlığa[21], gelişme evresi[22] ve alınım yoluna[23] bağlı olarak değişim gösterir. Doku birikimi, organizmaya ait belirtilen özelliklerin yanı sıra metalin ortam derişimi ve etkide kalma süresi[24, 25], ortamda bulunan diğer metallerle[26, 27,28] Ca, EDTA, NTA gibi kompleksleştirici ajanlara[29,30], ortamın fiziksel ve kimyasal özelliklerinden sıcaklık, tuzluluk, alkalinite, sertlik, pH, çözünmüş oksijen derişimi gibi çevresel faktörlere bağlı olarak da değişim gösterir [31, 32, 33].

Kontrollü ortam koşullarında çeşitli balık türleri ile yapılan çalışmalarda kadmiyumun düşük ortam derişimindeki etkisinin solunum, besin alınımı ve yüzme ile ilgili davranışlarda reversibl değişimlere neden olurken, metalin ortam derişimindeki artışın bu davranışlarda irreversibl değişimlerle sonuçlandığı saptanmıştır [34, 35, 36, 37].

Kadmiyumun düşük derişimlerinin uzun süreli etkisi, balıklarda doku birikiminin yanı sıra karaciğer ve solungaçlarda hipertropi ve hiperplasi, sitoplazmik vakuol ve lizozomal veziküllerin sayısında artış, nükleus şeklinde değişiklik, mitokondri sayısında azalma, granüler endoplazmik retikulumda şişme, solungaç lamellerinde erime gibi sitolojik ve histopatolojik değişimlere neden olmaktadır [38,39,40,41,42]. Ayrıca endokrin sistem aracılığı ile karbonhidrat metabolizmasını etkileyerek, hiperglisemi ve hiperlaktemi ile glikojen stoklarında düşmeye[43,44,45], detoksifikasyon mekanizmalarını stimüle ederek metabolik bakımdan aktif dokuların total protein derişiminde artışa[35,46] solungaçlardan aktif iyon taşıma mekanizmasını bloke ederek iyon kompozisyonunda değişime[47,48] neden olduğu belirlenmiştir. Kadmiyum, balıklarda belirtilen toksik etkilerden başka besin maddelerinin vücut bileşenlerine dönüşümünü engelleyerek embriyo ve larva gelişimini yavaşlatmakta[49], eşeyssel olgunlaşmayı engellemekte[50] ve iyon

kompozisyonundaki değişimler sonucu iskelette yapısal deformasyonlara neden olmaktadır [51].

Karaciğer, besin bileşenlerinin dönüşümünde, fazla glukozun glikojen formunda depo edilmesinde, toksik etkili kimyasalların detoksifikasyonunda, yağların sindiriminde işlev gören safra tuzları ile plazma proteinleri ve steroid hormonların sentezinde işlev gören başlıca organdır. Karaciğer hücreleri, glukogenik enzimlerin yanı sıra aspartat aminotransferaz (AST) ve alanin aminotransferaz (ALT) gibi glukoneogenik enzimler bakımından da oldukça zengindir[42]. Aminotransferazlar normal koşullarda balıklarda karaciğer ile birlikte böbrek dokusu ve eritrositlerde de yüksek derişimlerde bulunurken, kanda düşük derişimlerde bulunmaktadır. Toksik bileşiklerin belirtilen doku ve organlar üzerine etkisi ve eritrositlerin hemolizi, aminotransferazların serumdaki düzeyini arttırmaktadır. Balıklarda, bakır[52], kadmiyum[53] etkisinin serum AST ve ALT düzeyinde değişikliklere neden olduğu, bu değişimlerde metalin ortam derişimi ile etkide kalma süresine bağlı olarak değişim gösterdiği gibi dokulardaki yıkım düzeyine bağlı olarak da değiştii belirlenmiştir.

AST ve ALT gibi glukoneogenik enzimlerin serum düzeyindeki değişimler, ağır metal etkisinin dışında enerji gereksiniminde artışa neden olan üreme, hipoksik koşullar, yoğun stoklama ve açlık gibi stres koşullarının etkisinde de meydana gelmektedir[54]. Ağır metal etkisinde serum aminotransferazların (AST, ALT) düzeyindeki değişiklikler, metalin doku ve organlardaki yapısal depoformasyonlarla enerjistik olaylar üzerine toksik etkisini yansıtmaması bakımından oldukça önemlidir.

Glukoz, yaşamsal olaylar için gereksinim duyulan enerjinin başlıca kaynağı olup, serumdaki düzeyi, endokrin sistem aracılığı ile kontrol edilmektedir[55]. Balıklarda açlık, yoğun stoklama ve hipoksik koşulların yanı sıra ağır metal etkisi de strese neden olurken[56,57], stres koşullarının devamı, kortizol, epinefrin ve katekolamin gibi glukokortikoid hormonların salınımını arttırarak, karbonhidrat metabolizmasında değişikliklere neden olmaktadır [58,59]. Serum glukoz derişimi, metale, metalin ortam derişimi ile etkide kalma süresine bağlı olarak değişim gösterdiği gibi türe ve ortam koşullarına bağlı olarak da değişim gösterir [60,61].

Ağır metal etkisinde serum glukoz düzeyinin çok çabuk değişim göstermesi, metalin balığın fizyolojik durumu ile metabolik olaylar üzerine etkisinin belirlenmesine olanak sağlar.

Araştırmada materyal olarak kullanılan *Clarias lazera*, ülkemizde özellikle akdeniz bölgesindeki akarsu ve drenaj kanallarında yaygın bir şekilde bulunmaktadır. Yaşam ortamları evsel, endüstriyel ve tarımsal aktivitelerin doğrudan etkisi altındadır. Protein kaynağı olarak tkretimde fazla tercih edilmediğinden yetiştiriciliği yaygın bir şekilde yapılmasa da çevresel koşullardaki ekstrem değişimlere ve kirleticilere karşı hoşgörüsü yüksek düzeyde olduğundan ağır metal etkisinde doku ve organlardaki birikim düzeyinin belirlenmesi, ortamdaki kirlilik düzeyini yansıtması bakımından önemlidir.

Organizmalar tarafından çok düşük derişimlerde bile gereksinim duyulmayan kadmiyumun, besin zincirinin önemli bir halkasını oluşturan balıklarda, doku ve organlardaki birikim düzeyi ile serumdaki bazı biyokimyasal parametreleri üzerine etkilerinin incelenmesi, metal toksisitesi ve balığın fizyolojik durumu üzerine etkisinin yanı sıra ortamdaki kadmiyum kirlilik düzeyinin belirlenmesine olanak sağladığından bu araştırmada, kadmiyumun 0.25, 0.50, 0.75 ve 1.00 ppm subletal ortam derişimlerinin etkisinde 1, 7, 14 ve 21 gün sürelerle bırakılan *C. lazera*'nın solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularındaki metal birikimi ile serum glukoz, aspartat aminotransferaz ve alanin aminotransferaz düzeyleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kadmiyum ve kurşun gibi organizmada herhangi bir işleve sahip olmayan metaller, sıvı yada katı atıklar içerisinde sucul ortamlara katıldıkları gibi, fosil yakıtların yaygın bir şekilde kullanımı sonucu yağmur ve toz parçacıkları aracılığı ile de katılmakta, suda çözünüp taşınabildiklerinden sucul organizmalar tarafından ortamdan kolayca alınarak, doku ve organlarda birikime, metabolik olaylarda işlev gören enzimlerin sülfidril gruplarına bağlanarak toksik etkilere neden olmaktadır [2, 62].

Balıklar, ortam koşullarındaki değişimlere, beslenme performanslarını, gelişme ve üreme aktivitelerini değiştirerek hızla tepki gösterirler [63]. *Mugil cephalus*'da[35] kadmiyum, *Tilapia zilli* ve *C. lazera*'da[64] çinko, *Labeo rohita*'da[37] bakırın yüksek derişimlerdeki etkisinin başlangıçta apati, ataksi, operkulum hareketlerinde artış, besine karşı ilgisizlik gibi davranış değişikliklerine neden olduğu, etkide kalma süresinin uzaması ile bu davranış değişikliklerinin normale döndüğü belirlenmiştir.

Balıklarda ağır metallerin, mortalite üzerine etkisi, türe, ortam derişimine ve etkide kalma süresine bağlı olarak değişim gösterir. *Oncorhynchus mykiss* juvenillerinde kadmiyumun 3.00 ppm'lik ortam derişiminin 30 gün süreli etkisi, gelişmede herhangi bir değişime neden olmazken %10 oranında mortaliteye neden olduğu saptanmıştır [65]. *Tilapia aurea*'da 0.7–20 ppm Cd derişim aralığında mortalite gözlenmemiş ancak derişimin artması bu türde mortaliteye neden olmuştur [66]. Kadmiyumun 0.1 ve 1.0 ppm ortam derişimlerinin etkisinde bırakılan *T.nilotica*'da 30 günlük etki süresi sonunda mortalite gözlenmemiştir [30].

Kadmiyumun düşük derişimlerinin uzun süreli etkisi, balıkların doku ve organlarında patolojik değişikliklerle yapısal deformasyonlara neden olmaktadır. *Oreochromis mossambicus*'da kadmiyumun 5 ppm ortam derişiminin 2 ay süreyle etkisi, solungaç lamellerinde erime, epitel hücrelerinde hiperplasi, hipertropi ve kılcal damarlarda tıkanma gibi patolojik değişimlere neden olmuştur [41].

Cyprinus carpio ile yapılan bir araştırmada kadmiyumun 5 ve 35 ppm ortam derişimlerinin 96 saat sũreyle etkisinin, solungaç sekonder lamellerinde ȳdem oluşumu, solungaç ve deri de mukus hũcrelerinin sayısında azalmanın yanı sıra bȳbrekte bowman kapsũllerinde şişme ve tũbũl hũcrelerinde dejenerasyona neden olduğu belirlenmiştir [67]. *Oncorhynchus mykiss*'de kadmiyum etkisi, solungaçlardan Ca^{+2} alınımlarını engelleyerek hipokalsemiye ve iskelette yapısal deformasyonlara neden olmuştur [68].

Balıklarda ağır metallerin doku ve organlardaki birikimi tũre bağlı olarak değişim gȳstermektedir. Berdan nehrinden yakalanan *C. carpio* ve *Capoeta capoeta*'da doku ve organlardaki kadmiyum, bakır ve kurşun birikim dũzeyleri incelenmiş, *C. capoeta*'nın *C. carpio*'ya oranla solungaç, karaciğer ve kas dokularında daha yũksek derişimde kadmiyum biriktirdiği belirlenmiştir [69]. İşkenderun kȳrfezinden ȳrneklenen *Mullus barbatus* ve *Sparus aurata*'nın karaciğer, bȳbrek, dalak, solungaç ve kas dokularında Cd, Cu, Zn, Pb ve Fe birikim dũzeyleri incelenmiş, *M. barbatus*'un doku ve organlarındaki ağır metal dũzeyinin *S. aurata*'ya oranla daha yũksek dũzeyde olduğu belirlenmiştir [30]. *C. carpio* ve *Tilapia nilotica* ile yapılan bir araştırmada, bakırın 1.0 ppm'lik ortam derişiminin etkisinde *C. carpio*'nun *T. nilotica*'ya oranla daha fazla metal biriktirdiği saptanmıştır [70]. *O. mykiss*, *Rutilus rutilus* ve *Noemacheilus barbatulus*'da Cd'un 500 ve 1250 ppb'lik ortam derişimlerinin kronik etkisinde doku ve organlardaki metal birikiminin, tũre bağlı olarak değişim gȳsterdięi belirlenmiştir [19]. Ağır metal kirliliği gȳsteren Balaton (Macaristan) gȳlũnden ȳrneklenen *C. carpio*, *Perca fluviatilis* ve *Abramis brama*'nın doku ve organlarındaki kadmiyum dũzeyleri incelenmiş, karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki kadmiyum dũzeyleri tũrler arasında farklılık gȳstermiřtir [71].

Balıklarda kadmiyum birikimi, dokulara bağlı olarak değişim gȳsterse de en fazla, metabolik bakımdan aktif doku ve organlarda birikir. *C. carpio*'da kadmiyumun 53 ve 443 ppb ortam derişimlerinin 127 gũn sũre ile etkisinde, en fazla bȳbrekte biriktiği, bȳbrekteki birikimin karaciğerdeki birikimden 2, kas dokusundakinden ise 100 kat fazla olduğu belirlenmiştir [10]. Kadmiyumun 0.05 ve

0.1 ppm ortam derişimlerinin etkisinde uzun süre bırakılan *Oreochromis aureus*'da en fazla kadmiyum birikimi böbrek dokusunda olurken bunu dalak ve karaciğer dokusu izlemiştir. Beyin ve kas dokusunda önemli düzeyde metal birikimi belirlenememiştir [27]. *C. carpio*'nun yavru ve fingerliklerinde, kadmiyumun düşük derişimlerinin uzun süreli, yüksek derişimlerinin kısa süreli etkisinde en fazla metal birikimi solungaçlarda olmuştur [22]. Kadmiyumun 0.5 ve 1.0 ppm ortam derişimlerinin etkisinde 30 gün süreyle bırakılan *T. nilotica*'da kadmiyum yüksek düzeyde böbrekte birikmiş, bunu sırasıyla karaciğer, dalak, solungaç ve kas dokuları izlemiştir [72].

Balıklarda ağır metallerin doku birikimi, yaş, boy, ağırlık ve eşeye bağlı olarak değişim gösterir. Doğal koşullarda *T. nilotica*'da Cd ve Pb'nun [21] laboratuvar koşullarında *Lebistes reticulatus*'da bakırın[73] doku ve organlardaki birikim düzeyi ile toksik etkilerinin balığın yaş ve ağırlığına bağlı olarak değişim gösterdiği saptanmıştır. Cd, Cu, Zn ve Pb kontaminasyonu gösteren göllerden örneklenen *T. zilli* [20] ile Pb ve Cd kontaminasyonu gösteren Brett ve Chelmer (Doğu İngiltere) nehirlerinden yakalanan beş farklı balık türünde[74] doku ve organlardaki metal birikimi, boya bağlı olarak değişim göstermiş, küçük balıklar, büyük balıklara oranla daha fazla metal biriktirmiştir. *Ictalurus punctatus* ile yapılan bir araştırmada bakırın 354 ve 465 ppb'lik ortam derişimlerinin bir hafta süreyle etkisinde, dişilerde mortalite gözlenmezken, erkeklerde yüksek oranda mortaliteye neden olduğu belirlenmiştir [75]. Ayrıca ağır metallerin balıklardaki birikim ve toksik etkileri gelişme evresine göre de değişim gösterir. *O. mykiss*'in juvenil ve erginleri ile yapılan bir araştırmada, 30 gün süreyle erginler, 10 ve 25 ppb Cd ortam derişimlerinin, juveniller ise 1 ve 5 ppb Cd ortam derişimlerinin etkisine bırakılmış, deney süresi sonunda juvenillerin doku ve organlarında, erginlere oranla daha yüksek düzeyde Cd biriktiği belirlenmiştir [9].

Doku ağır metal birikimi ile toksik etkileri balıklarda, organizmaya ait özelliklerin yanı sıra metale, metalin ortam derişimine, etkide kalma süresine ve ortamda bulunan diğer metallere bağlı olarak değişim gösterir. *Dicentrarchus labrax* ile yapılan bir araştırmada, Cd'un 5.36, 38.5 ve 485 ppm ortam derişimlerinin

etkisinde kas ve karaciğer dokularındaki birikimi derişime bağlı artış göstermiştir[13]. *T. zilli*'de Cd'un 0.1 ve 1.0 ppm ortam derişimlerinin 30 gün süreyle etkisinde karaciğer dokusundaki metal birikimi, ortam derişimindeki artışa bağlı olarak artmıştır [30]. *Anguilla rostrata*'da 75 ve 150 ppm kadmiyum ortam derişimlerinin 16 hafta süreyle etkisinde doku ve organlardaki Cd birikimi, etkide kalma süresi arttikça artmıştır [76]. *O. niloticus*'da 1 ppm Pb ve Cd ortam derişimlerinin 7 ve 15 gün sürelerle etkisinde, 7. günde ortamda Pb'un bulunması, Cd'un doku ve organlardaki birikiminde herhangi bir değişime neden olmazken, 15. günde Cd birikimini arttırmıştır [26]. *T. nilotica*'da 0.1 ve 1.0 ppm ortam derişimlerindeki Cd'un, 1.0 ve 10.0 ppm derişimlerindeki çinko ile birlikte etkisi, Cd'un doku birikimini azaltırken, çinko birikimini arttırdığı saptanmıştır [28].

Balıklarda ağır metallerin doku ve organlardaki birikimi belirtilen faktörlerin yanı sıra alnım yoluna bağlı olarak da değişim gösterir. *C. carpio* ayrı ayrı 4 hafta süreyle 100 ppb Chironomid larvaları ile beslenerek ve 100 ppb Cd ortam derişiminin etkisinde bırakılarak birikim üzerine alnım yolunun etkileri incelenmiş ve besin yolu ile etkide en fazla metal birikimi bağırsak ve böbrekte olurken, ortam yolu ile etkide bağırsak ve solungaçda olduğu belirlenmiştir [77]. Kadmiyumun 4 ppb ortam derişiminin 10 hafta süreyle besin ve ortam yolu ile etkisinde bırakılan *O. mykiss* figerliklerinde doku ve organlardaki Cd birikiminin alnım yoluna bağlı olarak değiştığı, besin yolu ile alnımın, ortam yolu ile alnıma göre daha fazla olduğu belirlenmiştir [23]. *O. mykiss* jüvenil ve erginlerinde, subletal Cd derişimlerinin 21 gün süreyle besin ve ortam yolu ile etkisinde doku ve organlardaki metal birikim düzeyi incelenmiş, besin yolu ile etkide en fazla birikim bağırsakta olurken, ortam yolu ile etkide böbrek dokusunda olmuştur [78].

Sucul ortamın fizikokimyasal özellikleri, balıklarda doku birikimini etkileyen çevresel faktörlerdir. *Heteropneustes fossilis*'de Cd'un doku birikimi ile toksisitesinin sıcaklık, pH ve suyun sertliğine bağlı olarak değiştığı, sertliği 147 ppm CaCO₃, sıcaklığı 31.5 °C ve pH'ı 7.7 olan ortamlarda Cd toksisitesinin önemli düzeyde arttığı saptanmıştır [79]. Çeşitli balık türleri ile yapılan araştırmalarda metal alnımının ortamın kimyasal kompozisyonu tarafından düzenlendiği, birikimin pH,

alkalinite ve suyun sertliğine bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir[31]. *O. mykiss*'de subletal kadmiyum ortam derişimlerinin kronik etkisinde su sertliği ile su sıcaklığındaki artış doku metal birikimini arttırmıştır [80]. *Ictalurus punctatus*'da Cd'un düşük derişimlerinin uzun süreli etkisi düşük pH'da doku metal birikimini arttırırken, su sertliğindeki artış, azaltmıştır [32]. *Catostomus commersoni* ile yapılan bir araştırmada karaciğer, böbrek, kas ve kemik dokularındaki Cd birikimi, ortamın pH'na bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir [81]. *O. mykiss*'de subletal Cd ortam derişimlerinin kronik etkisinde, su sertliği ile alkalinitedeki artış, solungaç dokusundaki Cd birikimini önemli düzeyde arttırmıştır [68].

Balıklarda ağır metallerin akut veya kronik etkisi doku ve organlarda birikimin yanı sıra, doku ve serumdaki biyokimyasal parametreleri etkileyerek metabolik ve fizyolojik olaylarda değişime neden olmaktadır. *H. fossilis*'de Cd'un 0.26 ppm'lik ortam derişiminin 15 ve 30 gün süreyle etkisi, serum glukoz ve laktik asit düzeyini arttırırken, kas ve karaciğerin glikojen derişimini azaltmıştır [44]. Kadmiyumun düşük derişimlerinin etkisinde uzun süre bırakılan *O. mossambicus*'da metal etkisi serum glukoz düzeyi ile bir glukokortikoid olan kortizol düzeyini arttırmıştır [55]. Ağır metallerin serum glukoz düzeyi üzerine etkileri metale, türe, ortam derişimine ve etkide kalma süresine bağlı olarak değişim gösterir. *O. mykiss*'de bakır[61], yine aynı türde kadmiyumun[82] subletal derişimlerinin uzun süreli etkisi, serum glukoz düzeyinde her hangi bir değişime neden olmazken, *Scyliorhinus canicula*'da çinko[83], *Barbus conchoni*'da[84] kadmiyum etkisi, serum glukoz düzeyini düşürmüştür. *C. carpio*'da bakırın düşük derişimlerinin 1, 7, 15 ve 30 gün süre ile etkisinde 15. günde serum glukoz düzeyi maksimum düzeye ulaşırken, 30. günde düşmüştür[85].

Serum glukoz düzeyindeki değişimler, ağır metallerin etkisi yanı sıra, hipoksik koşullar, üreme, açlık ve yoğun stoklama gibi stres koşullarında da meydana gelebilmektedir. *O. mossambicus*'da 2 saat süreyle yoğun stoklamanın, serum glukoz, kortizol ve laktat düzeylerini arttırdığı saptanmıştır [54]. *T. zilli* ve *C. lazera*'da ortamın çözünmüş oksijen derişimindeki düşmenin serum glukoz ve laktat düzeyini arttırırken, kas ve karaciğer glikojen derişimini düşürdüğü saptanmıştır

[64]. *Salmo salar*'da[86] açlığın, *Perca flavescens*'de[49] ise üremenin serum glukoz düzeyinde değişime neden olduğunu belirtilmektedir.

Balıklarda ağır metal etkisi serum glukoz düzeyinin yanı sıra aspartat aminotransferaz (AST) ve alanin aminotransferaz (ALT) gibi glukoneogenik enzimlerin düzeyini de değiştirmektedir. *C. carpio*'da Cd'un 4 ve 20 ppb ortam derişimlerinin 4 gün süre ile etkisi, karaciğer ve böbrek dokularında AST ve ALT aktivitesini artırırken, enzimlerin serumdaki düzeyi artmıştır [87]. *Carassius auratus* [88] ve *Channa punctatus*' da [58] Cd'un subletal derişimlerinin kronik etkisi, serum AST ve ALT düzeyini arttırırken, *O. niloticus* [57] ve *Lepomis macrochrius*'da [39] herhangi bir değişime neden olmadığı saptanmıştır. *Pleuronectes platessa*'da uzun süreli açlık etkisinde de serum transaminazların düzeyi artış göstermiştir[86].

3. MATERYAL ve METOT

Araştırmada materyal olarak kullanılan *C. lazera* (Valenciennes, 1840), Mersin ili, Silifke ilçesinde bulunan özel sektöre ait yetiştirme havuzlarından alınarak, Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Uygulama Birimlerinde yer alan, kontrollü ortam şartlarına sahip, Temel Bilimler Araştırma Laboratuvarına getirilmiş ve 40x 100x 40 cm boyutlarında 15 adet stok akvaryumda iki ay süreyle bekletilerek ortam şartlarına adaptasyonları sağlanmıştır. Bu süre içerisinde deneyde kullanılacak balıklar, 25.00 ± 0.25 cm boy ve 100.73 ± 2.32 g ağırlığa ulaşmıştır. Balıklarda doku ve organlardaki metal birikimi ile metal etkisinde biyokimyasal parametrelerde meydana gelen değişimler, yaş, boy ve ağırlığa bağlı olarak değişim gösterdiğinden, deneylerde aynı yaş, benzer boy ve ağırlığa sahip balıklar kullanılarak, bu faktörlerin incelenen parametreler üzerine etkisi minimum düzeye indirilmiştir.

Deneylerin yürütüldüğü laboratuvar, $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ durağan sıcaklığa sahip olup, 12 saat aydınlık, 12 saat karanlık fotoperiyodu uygulanmıştır. Belirlenen 1, 7, 14 ve 21 günlük süreler dikkate alınarak deneyler dört seri halinde yürütülmüştür. Her seride her biri 40x 100x 40 cm boyutlarında olan 5 cam akvaryum kullanılmıştır. Bir serideki beş cam akvaryumdan ilk dördüne literatür bilgisi ve laboratuvarda yapılan çalışmalarda 21 günlük süre içerisinde öldürücü olmadığı belirlenmiş, 120 litrelik sırasıyla 0.25, 0.50, 0.75 ve 1.00 ppm derişimlerindeki kadmiyum çözeltilisi konurken, beşinci akvaryuma belirtilen hacimde, yapılan analizlerde kadmiyum bulunmayan çeşme suyu konarak kontrol grubu olarak incelenmiştir. Metal birikimi ile incelenen biyokimyasal parametreler, ortamın fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak değişim gösterdiğinden, deney akvaryumlarında ortamın kimyasal özelliklerinden bazıları çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Deney Akvaryumlarında, Ortamın Kimyasal Özellikleri.

Total Alkalinite	326 ± 0.50 ppm CaCO_3
Total Sertlik	230 ± 0.75 ppm CaCO_3
pH	7.40 ± 0.20
Çözünmüş Oksijen	6.4 ± 0.70 mg/l

Deney çözeltilerinin hazırlanmasında kadmiyumun suda çözünebilen tuzlarından $CdCl_2 \cdot H_2O$, (Merck) kadmiyumun presipitasyonunu önlemek için trisodyum sitrat 5.5-hidrat ($C_6H_5 Na_3O_7 \cdot 5.5 HO$, Merck) kullanılmıştır. Deneyler, üç tekrarlı olarak yürütülmüş ve her tekrarda iki balık olacak şekilde, bir seride her bir akvaryumda 6 balık olmak üzere toplam 30 balık, tüm deneylerde ise 120 balık kullanılmıştır.

Deney ve kontrol akvaryumlarında havalandırma, merkezi havalandırma sistemi ile sağlanmıştır. Balıklar, deneyler süresince günde bir defa toplam ağırlığın %2'si kadar Cd içermeyen hazır balık yemi ile beslenmiştir.

Deneyler süresince, adsorbsiyon, presipitasyon ve evaporasyon gibi nedenlerle deney çözeltilerinin derişiminde zaman içerisinde değişimler olabileceğinden, deney çözeltileri her iki güne bir, taze olarak hazırlanmış stok çözeltiden uygun seyreltmeler yapılarak değiştirilmiş ve ortam yenilenmiştir.

Belirlenen süreler sonunda deney akvaryumlarından çıkartılan bir seriye ait balıklar, incelenen parametreler stres faktörüne bağlı olarak değişim gösterdiğinden 1.0 ppm derişimindeki Etilen glikomonofenil eter (=Fenoksietanol; $C_8H_{10}O_2$; Merck) anestetik maddesi ile bayılmıştır. Balıklar daha sonra vücut yüzeyindeki metal rezidülerinin uzaklaştırılması için çeşme suyu ile yıkanmış ve kurutma kağıdı ile kurulanmıştır.

Serum glukoz, aspartat aminotransferaz (AST) ve alanin aminotransferaz (ALT) parametrelerinin kontrol düzeyi ile metal etkisindeki değişiklikleri belirlemek için balıkların kaudal pedinkülü kesilerek, kan akışı sağlanmış ve alınan kan örnekleri santrifüj tüplerine aktarılmıştır. Hematolojik örneklemeleri yapılan deneklerden solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokuları ayrı ayrı disekte edilerek kadmiyum birikim düzeyinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

İncelenen doku ve organlardaki kadmiyum birikim düzeyleri, Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrik yöntemler kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla,

doku örnekleri 150 °C'ye ayarlı etüvde 72 saat süreyle bekletilerek sabit tartıma getirilmiştir. Kuru ağırlıkları belirlendikten sonra deney tüplerine aktarılan örnekler, Nitrik asit (HNO₃ Merck, %65: Ö.A.: 1.4 g/ml) Perklorik asit (HClO₄ Merck, %60: Ö.A.: 1.54 g/ml) (2/1; v/v) karışımı içerisinde, çeker ocakta 120 °C'ye ayarlı hot-plate de 60 dakika süreyle bekletilerek yakılmıştır [29]. Yakma işlemi tamamlanan doku örnekleri, polietilen tüplere aktarılmış ve toplam hacim destile su ile 5 ml'ye tamamlanarak analize hazır hale getirilmiştir. Doku örneklerindeki kadmiyum absorbans verileri, Varian marka Grafit Fırınlı Rima model atomik absorpsiyon spektrofotometresinde saptanmıştır.

Balıklardan alınan kan örnekleri, 3500 devir/dakika da 5 dakika süreyle santrifüjlenerek (Hettich; Universal – 1000), şekilli elemanlar çöktürülürken glukoz, Aspartat aminotransferaz ve Alanin aminotransferaz analizinde kullanılacak serumun üst faza geçmesi sağlanmıştır. Örnekleme ve ön işlemleri takiben biyokimyasal parametrelerin analizinde kullanılacak serum örnekleri soğuk zincir içerisinde (-10 °C) Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı Araştırma Laboratuvarına götürülmüş ve serum glukoz, enzim düzeyleri Cobas – Integra 700 (Roche–Diagnostic Mannheim, GmbH, Germany) Otoanalizatör yardımıyla belirlenmiştir.

Deney verilerinin istatistik analizinde “Student Newman Keul’s (SNK)” testi kullanılmıştır [89].

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. BULGULAR

C. lazera ile yapılan bu araştırmada, belirlenen kadmiyum ortam derişimlerinin 1, 7, 14 ve 21 gün sürelerle etkisi, balıklarda mortaliteye neden olmamıştır.

Metal etkisinin başlangıcında balıklarda, yüzme hareketlerinde koordinasyon bozukluğu, yeme ilgide azalma, akvaryum yüzeyine yönelme, operkulum hareketlerinde artış, yzgeçlerde kanlanma, solungaç ve vücut yüzeyinde mukus miktarında artış gibi çeşitli davranış ve morfolojik değişiklikler gözlenmiştir. Etkide kalma süresinin uzaması ile belirtilen değişiklikler ortadan kalkmıştır.

Belirlenen sürelerde deneylerden çıkartılan balıkların boy ve ağırlıkları belirlenmiş, metal etkisinin balıkların deneye başlamadan önceki boy ve vücut ağırlığında önemli düzeyde bir değişime neden olmadığı saptanmıştır.

Kadmiyumun 0.25, 0.50, 0.75 ve 1.00 ppm ortam derişimlerinde 1, 7, 14 ve 21 gün sürelerle bekletilen *C. lazera*'nın solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularında üç tekrarlı olarak belirlenen Cd birikim düzeylerinin aritmetik ortalamaları ile istatistik analiz sonuçları sırasıyla izelge 1–5'de gösterilmiştir. Çizelgelerde, belirli bir sürede, artan ortam derişimlerinin dokulardaki birikim üzerine etkileri a, b, c, d ve e harfleri ile, belirli bir ortam derişiminde artan etkide kalma sürelerinin birikim düzeyi üzerine etkileri s, t, x ve y harfleri ile gösterilmiştir. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım belirlenmiştir.

Kontrol grubu balıkların solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularında, incelenen tüm sürelerde değerlendirilebilir düzeyde Cd absorbansı alınmadığından, çizelgelerin hepsinde kontrol grubu balıkların Cd birikim düzeyi, DA (Duyarlılık düzeyinin altında) olarak gösterilmiştir. Deney periyotlarında Cd

etkisi, incelenen doku ve organlardaki metal birikimini, kontrole göre önemli düzeyde arttırmıştır ($P<0.05$).

Solungaç dokusunda 0.50 ve 0.75 ppm Cd ortam derişimindeki birikim düzeyleri, belirlenen tüm sürelerde önemli bir ayırım göstermezken ($P>0.05$), belirli bir etki süresinde metalin ortam derişimindeki artış, solungaç dokusundaki Cd birikimini arttırmıştır (Çizelge 4.1). Denenen en düşük ortam derişiminin 14 ve 21 gün süreyle etkisi dışında, belirli bir ortam derişiminde, etkide kalma süresindeki artış, solungaç dokusundaki metal birikiminde artışa neden olmuştur.

Çizelge 4.1. *C. lazera*'da Kadmiyumun Solungaç Dokusundaki Birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürelerin Etkileri

DERİŞİM (ppm Cd)	SÜRE (gün)							
	1.		7.		14.		21.	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	*
0.00	D.A.	as	D.A.	as	D.A.	as	D.A.	as
0.25	0.15 \pm 0.01	bs	0.40 \pm 0.01	bt	0.86 \pm 0.02	bx	0.75 \pm 0.08	bx
0.50	0.18 \pm 0.05	cs	0.53 \pm 0.01	ct	0.98 \pm 0.02	cx	2.07 \pm 0.01	cy
0.75	0.19 \pm 0.00	cs	0.56 \pm 0.02	ct	1.00 \pm 0.03	cx	2.08 \pm 0.06	cy
1.00	0.38 \pm 0.05	ds	1.09 \pm 0.05	dt	2.01 \pm 0.03	dx	2.35 \pm 0.09	cy

*=SNK ; a, b, c ve d harfleri derişimler; s, t, x ve y harfleri süreler 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, D.A. : Duyarlılık düzeyi altında

C. lazera'nın karaciğer dokusunda 1, 7, 14 ve 21 günlük etki sürelerinde Cd birikim düzeyleri, 1.0 ppm dışındaki ortam derişimlerinde önemli düzeyde farklılık göstermemiştir (Çizelge 4.2).

Belirlenen derişimlerin, karaciğer dokusundaki metal birikimi üzerine süreye bağlı etkileri, 0.25 ppm Cd derişimi dışında etkide kalma süresindeki artışa paralel olarak Cd birikim düzeyini arttırmıştır.

Çizelge 4.2. *C. lazera*'da Kadmiyumun Karaciğer Dokusundaki Birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürelerin Etkileri

DERİŞİM (ppm Cd)	SÜRE (gün)							
	1.		7.		14.		21.	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	*
0.00	D.A.	as	D.A.	as	D.A.	as	D.A.	as
0.25	0.12 \pm 0.05	bs	0.33 \pm 0.04	bt	0.80 \pm 0.02	bx	0.89 \pm 0.08	bx
0.50	0.14 \pm 0.03	bs	0.47 \pm 0.05	bt	0.93 \pm 0.07	bx	0.95 \pm 0.09	bx
0.75	0.14 \pm 0.02	bs	0.44 \pm 0.04	bt	0.85 \pm 0.02	bx	1.05 \pm 0.03	by
1.00	0.26 \pm 0.03	cs	0.79 \pm 0.07	ct	1.55 \pm 0.08	cx	2.14 \pm 0.03	cy

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

$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ = Aritmetik ortalama \pm Standart hata, D.A. : Duyarlılık düzeyi altında

Böbrek dokusundaki kadmiyum düzeyi, ortam derişimi ve etkide kalma süresindeki artışa bağlı olarak artma göstermiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. *C. lazera*'da Kadmiyumun Böbrek Dokusundaki Birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürelerin Etkileri

DERİŞİM (ppm Cd)	SÜRE (gün)							
	1.		7.		14.		21.	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	*
0.00	D.A.	as	D.A.	as	D.A.	as	D.A.	as
0.25	0.31 \pm 0.02	bs	0.92 \pm 0.05	bt	0.96 \pm 0.12	bt	3.06 \pm 0.08	bx
0.50	0.35 \pm 0.05	bs	0.96 \pm 0.08	bt	1.72 \pm 0.16	cx	2.97 \pm 0.04	by
0.75	0.36 \pm 0.00	bs	0.97 \pm 0.12	bt	1.49 \pm 0.16	cx	3.89 \pm 0.02	cy
1.00	0.64 \pm 0.02	cs	1.90 \pm 0.02	ct	2.31 \pm 0.02	dx	3.97 \pm 0.12	cy

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

$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ = Aritmetik ortalama \pm Standart hata, D.A. : Duyarlılık düzeyi altında

Deney süresinin başlangıcında böbrek dokusunda 1.0 ppm ortam derişiminde, denenen en düşük ortam derişiminin etkisindeki oranla 2 katlık bir birikim artışı olurken, deney süresi sonunda birinci güne göre birikim 6 kat olmuştur.

Kadmiyumun belirlenen ortam derişimleri, 21 günlük etki süresi dışında, dalak dokusundaki metal birikimini etkide kalma süresinin uzamasına bağı olarak arttırmıştır (Çizelge 4.4). Deney süresi sonunda birikim düzeyi, 1.0 ppm dışındaki derişimlerin dışında dalgalanma gösterse de bu durum istatistiksel bakımdan önemli düzeyde olmamıştır ($P>0.05$). İncelenen ilk üç periyotta, metalin ortam derişimindeki 4 katlık artış, dalak dokusundaki Cd birikiminde %100 oranında artışla sonuçlanmıştır.

Çizelge 4.4. *C. lazera*'da Kadmiyumun Dalak Dokusundaki Birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürelerin Etkileri

DERİŞİM (ppm Cd)	SÜRE (gün)							
	1.		7.		14.		21.	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	*
0.00	D.A.	as	D.A.	as	D.A.	as	D.A.	as
0.25	0.21 \pm 0.00	bs	0.63 \pm 0.00	bt	1.17 \pm 0.05	bx	2.07 \pm 0.09	by
0.50	0.27 \pm 0.01	cs	0.82 \pm 0.03	ct	1.64 \pm 0.01	cx	1.79 \pm 0.15	bx
0.75	0.34 \pm 0.05	ds	1.01 \pm 0.01	dt	2.10 \pm 0.08	dx	1.90 \pm 0.03	by
1.00	0.50 \pm 0.01	es	1.58 \pm 0.04	et	2.61 \pm 0.03	ex	2.67 \pm 0.19	cx

*=SNK ; a, b, c, d ve e harfleri derişimler; s, t, x ve y harfleri süreler arası ayrımı 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 , D.A. : Duyarlılık düzeyi altında

Kas dokusundaki Cd birikimi, 0.25 ppm Cd dışındaki ortam derişimlerinde etkide kalma süresine bağı olarak istatistiksel bakımdan önemli düzeyde bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. *C. lazera*'da Kadmiyumun Kas Dokusundaki Birikimi($\mu\text{g Cd/g k.a.}$)
Üzerine Ortam Derişimi ve Sürelerin Etkileri

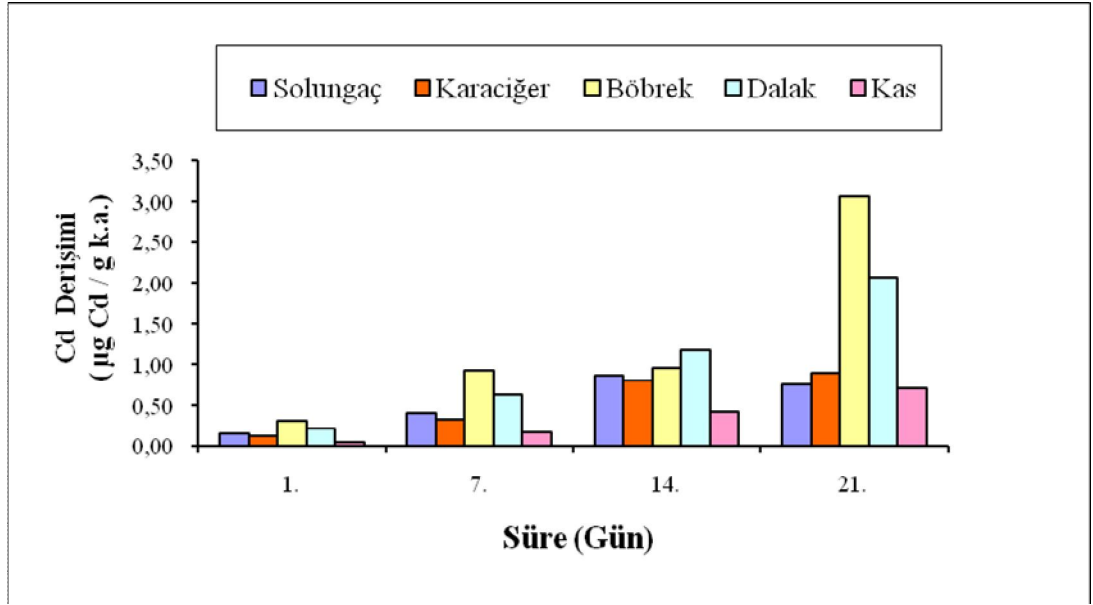
DERİŞİM (ppm Cd)	SÜRE (gün)							
	1.		7.		14.		21.	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	*
0.00	D.A.	as	D.A.	as	D.A.	as	D.A.	as
0.25	0.05 \pm 0.00	bs	0.17 \pm 0.02	bt	0.42 \pm 0.00	bx	0.71 \pm 0.08	bx
0.50	0.07 \pm 0.01	bs	0.23 \pm 0.01	bt	0.53 \pm 0.00	bx	0.78 \pm 0.02	by
0.75	0.11 \pm 0.00	cs	0.34 \pm 0.05	bt	0.80 \pm 0.01	cx	1.23 \pm 0.09	cy
1.00	0.21 \pm 0.02	ds	0.62 \pm 0.07	ct	1.06 \pm 0.11	dx	1.81 \pm 0.03	dy

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

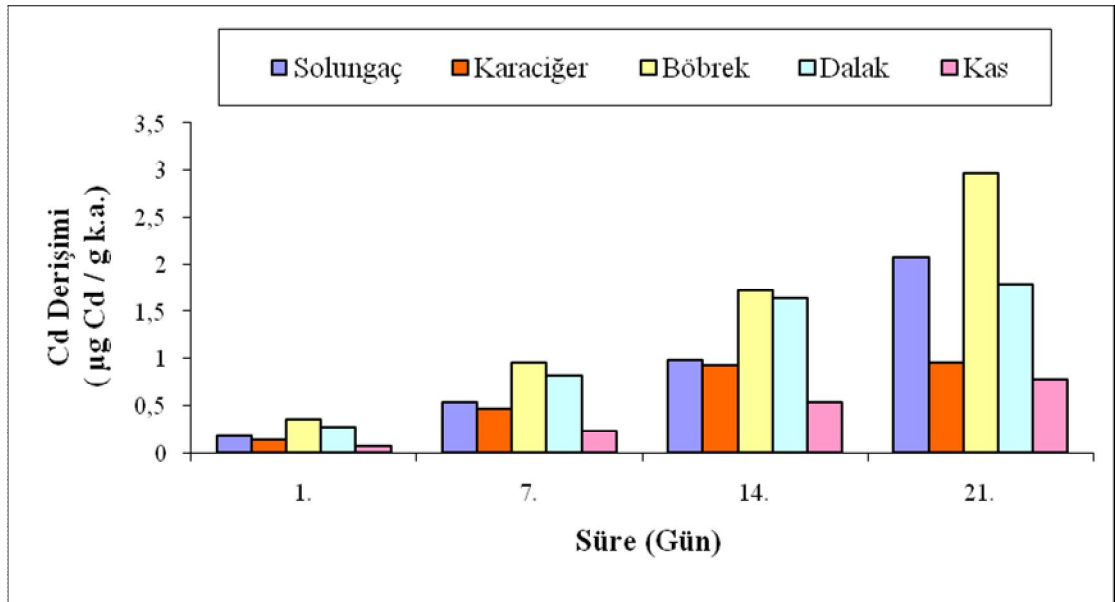
$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ = Aritmetik ortalama \pm Standart hata, D.A. : Duyarlılık düzeyi altında

Deney süresinin başlangıcında 1.0 ppm Cd ortam derişiminde kas dokusundaki Cd birikimi 0.21 $\mu\text{gCd/g k.a.}$ olarak belirlenirken, deney süresi sonunda ise 9 katlık bir artış ile 1.81 $\mu\text{gCd/g k.a.}$ düzeyine ulaşmıştır.

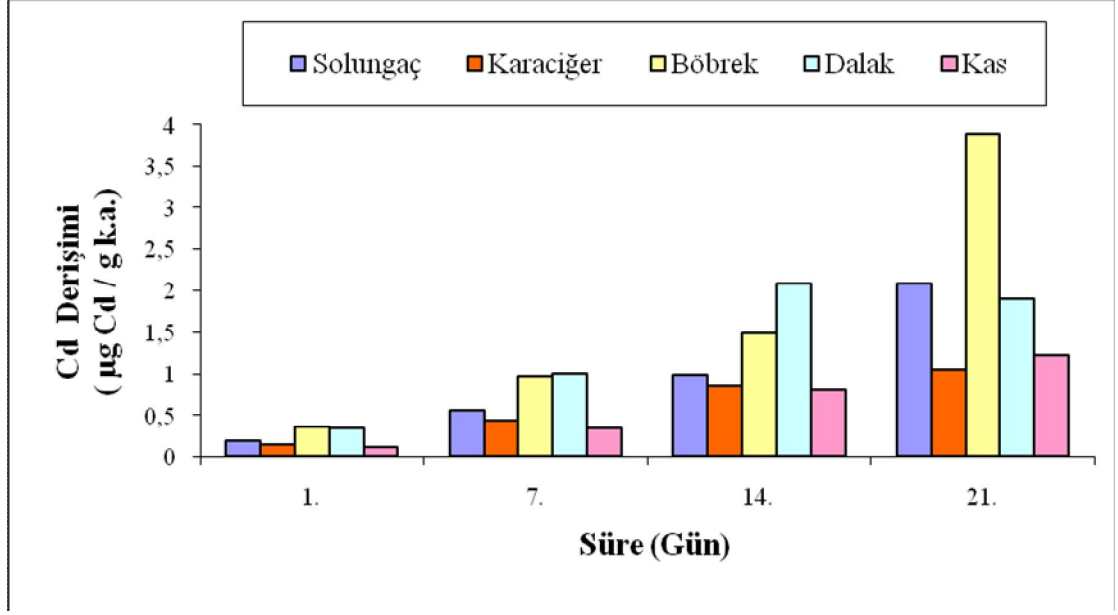
Kadmiyumun 14. gün dışında belirlenen sürelerde incelenen tüm ortam derişimlerinin etkisinde böbrek dokusundaki metal birikimi, solungaç, karaciğer, dalak ve kas dokularındaki birikimden daha fazla olmuştur (Şekil 4.1-4.4). Kadmiyumun iki hafta süreyle etkisinde ise böbrek ve dalak dokularındaki metal birikiminin, birbirine yakın düzeyde ve diğer dokulara göre yüksek olduğu belirlenmiştir.



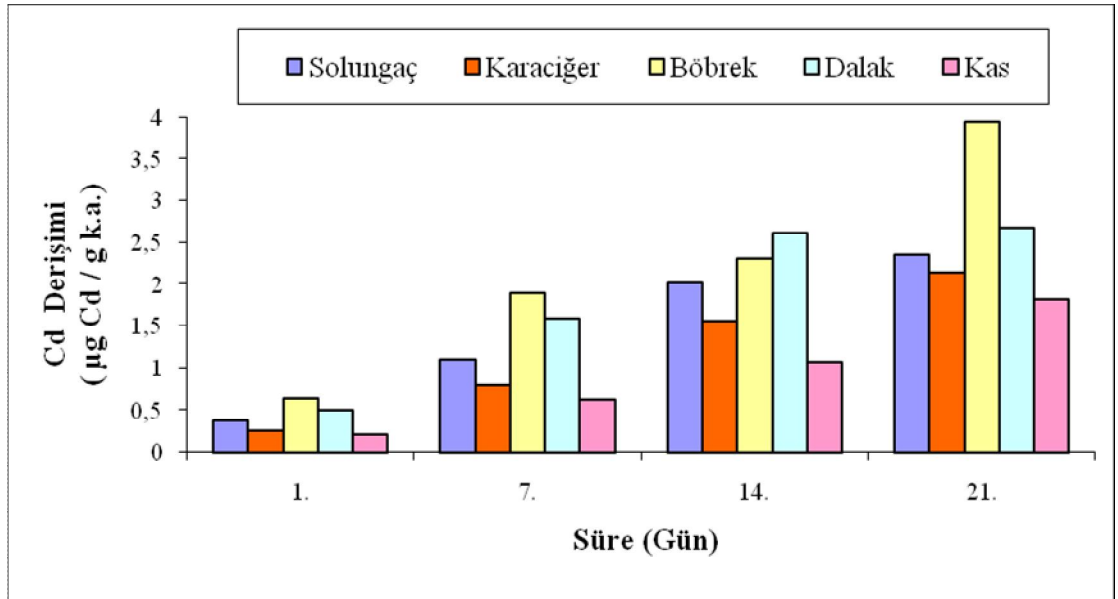
Şekil 4.1. Kadmiyum'un 0.25 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde *C. lazera*'nın Solungaç, Karaciğer, Böbrek, Dalak ve Kas Dokularında Süreye Bağlı Metal Birikimi.



Şekil 4.2. Kadmiyum'un 0.50 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde *C. lazera*'nın Solungaç, Karaciğer, Böbrek, Dalak ve Kas Dokularında Süreye Bağlı Metal Birikimi.



Şekil 4.3. Kadmiyum'un 0.75 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde *C. lazera*'nın Solungaç, Karaciğer, Böbrek, Dalak ve Kas Dokularında Süreye Bağlı Metal Birikimi.



Şekil 4.4. Kadmiyum'un 1.00 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde *C. lazera*'nın Solungaç, Karaciğer, Böbrek, Dalak ve Kas Dokularında Süreye Bağlı Metal Birikimi.

C. lazera'da, 0.25, 0.50, 0.75 ve 1.00 ppm Cd ortam derişimlerinin 1, 7, 14 ve 21 gün sürelerle etkisinde metal birikimi bakımından incelenen doku ve organlar arasında aşağıdaki ilişki saptanmıştır;

Böbrek > Dalak > Solungaç > Karaciğer > Kas

Kadmiyumun 1.0 ppm ortam derişimi etkisinde kalan balıklardan alınan kan örnekleri hemoliz olduğu için, belirlenen derişim etkisindeki kan parametreleri değerlendirmeye alınmamıştır.

C. lazera'da 1, 7, 14 ve 21 gün sürelerle 0.25, 0.50 ve 0.75 ppm Cd ortam derişimlerinin etkisinde üç tekrarlı olarak belirlenen serum AST, ALT ve Glukoz düzeylerinin aritmetik ortalamaları ile istatistik analizleri sırasıyla çizelge 4.6 – 4.8'de gösterilmiştir.

Kadmiyumun 0.25 ve 0.50 ppm ortam derişimlerinde 1, 7 ve 14 gün sürelerle tutulan balıkların serum AST düzeyi, kontrole göre önemli düzeyde artış gösterirken ($P<0.05$), 21 günlük periyotta azalmıştır (Çizelge 4.6). Metalin 0.75 ppm ortam derişiminin, 1 ve 14 gün sürelerle etkisi serum AST düzeyinde kontrole göre herhangi bir değişime neden olmazken, 7. ve 21. günlerdeki etkisi serum aspartat aminotransferaz düzeyini arttırmıştır. Belirli bir derişimde etkide kalma süresi dikkate alındığında, 0.50 ppm ortam derişiminde 7. gün, 0.75 ppm ortam derişiminde ise 7 ve 21. günler dışında kadmiyum etkisi, serum AST düzeyini süreye bağlı olarak önemli düzeyde azaltmıştır ($P<0.05$).

C. lazera'da 1 ve 7 günlük etki sürelerinde incelenen kadmiyum ortam derişimleri, serum alanin aminotransferaz düzeyini kontrole oranla önemli düzeyde arttırırken, 14. ve 21. günlerde azaltmıştır (Çizelge 4.7). Birinci ve yedinci günlerde serum ALT düzeyinde derişime bağlı artış 0.5 ppm Cd etkisinde maksimuma ulaşmıştır. Belirli bir derişimde etkide kalma süresindeki artış, birinci güne göre serum AST düzeyini önemli oranda azaltmıştır ($P<0.05$).

Çizelge 4.6 *C. lazera*'da Serum Aspartat Aminotransferaz (AST) Düzeyi (U/L) Üzerine Kadmiyum Ortam Derişimlerinin Süreye Bağlı Etkileri.

DERİŞİM (ppm Cd)	1.		7.		14.		21.	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	*
0.00	149.5 ± 2.50	as	149.5 ± 2.50	as	149.5 ± 2.50	as	149.5 ± 2.50	as
0.25	267.5 ± 10.5	bs	235.5 ± 1.50	bt	185.0 ± 1.00	bx	119.0 ± 4.00	by
0.50	220.0 ± 14.0	cs	263.0 ± 8.0	ct	168.0 ± 2.00	cx	117.0 ± 4.00	by
0.75	156.0 ± 2.00	as	211.0 ± 2.00	dt	148.0 ± 1.00	ax	162.0 ± 1.00	cs

*=SNK ; a, b, c ve d harfleri derişimler; s, t, x ve y harfleri süreler arası ayrımı 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 4.7 *C. lazera*'da Serum Alanin Aminotransferaz (ALT) Düzeyi (U/L) Üzerine Kadmiyum Ortam Derişimlerinin Süreye Bağlı Etkileri.

DERİŞİM (ppm Cd)	1.		7.		14.		21.	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	*
0.00	64.0 ± 0.00	as	64.0 ± 0.00	as	64.0 ± 0.00	as	64.0 ± 0.00	as
0.25	82.5 ± 2.50	bs	82.0 ± 7.00	bs	48.0 ± 1.00	bt	49.5 ± 3.50	bt
0.50	111.5 ± 0.50	cs	103.5 ± 0.50	ct	56.0 ± 2.00	cx	36.0 ± 1.00	by
0.75	73.5 ± 6.50	abs	86.0 ± 3.00	bs	46.5 ± 2.50	bt	42.5 ± 4.50	bt

*=SNK ; a, b ve c harfleri derişimler; s, t, x ve y harfleri süreler arası ayrımı 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

Serum glukoz düzeyi 0.25 ve 0.50 ppm Cd ortam derişimlerinin etkisinde 1. ve 7. günlerde kontrole göre düşmüş, 0.75 ppm ortam derişiminde ise artmıştır (Çizelge 4.8). Metal etkisi, 14. günde ortam derişimine bağlı olarak serum glukoz

düzyini düşürürken, 21. günde istatistiksel olarak önemli düzeyde bir değışime neden olmamıştır. Belirli bir ortam derişiminde etkide kalma süresindeki artış, serum glukoz derişiminde, deney süresi sonunda birinci güne göre önemli düzeyde değışime neden olmamıştır.

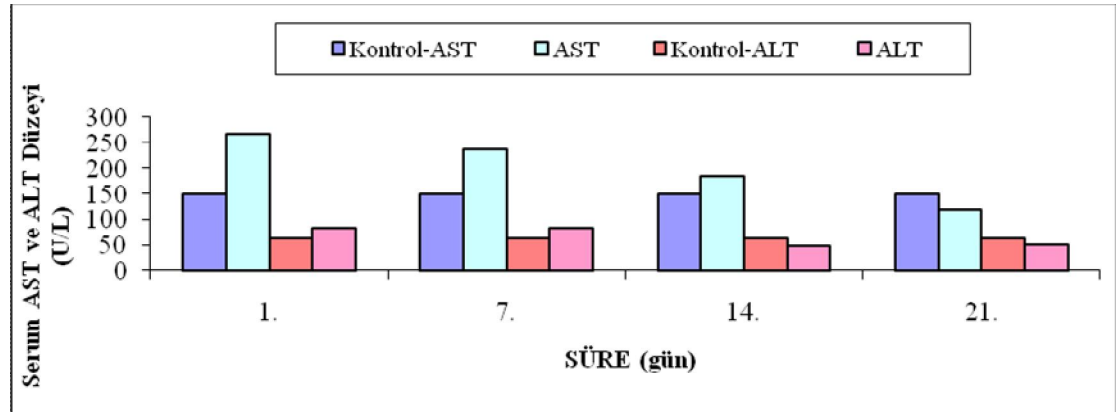
Çizelge 4.8 *C. lazera*'da Serum Glukoz Düzeyi (mg/dL) Üzerine Kadmiyum Ortam Derişimlerinin Süreye Bağlı Etkileri.

DERİŞİM (ppm Cd)	1.		7.		14.		21.	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	*	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	*
0.00	74.0 ± 0.00	as	74.0 ± 0.00	as	74.0 ± 0.00	as	74.0 ± 0.00	as
0.25	63.5 ± 1.50	bs	74.5 ± 1.50	as	50.5 ± 3.50	bt	65.5 ± 3.50	as
0.50	58.0 ± 1.00	bst	54.5 ± 2.50	bs	62.0 ± 1.00	ct	64.5 ± 0.50	at
0.75	84.0 ± 4.00	cs	72.5 ± 1.50	as	43.0 ± 3.00	bt	67.0 ± 5.00	as

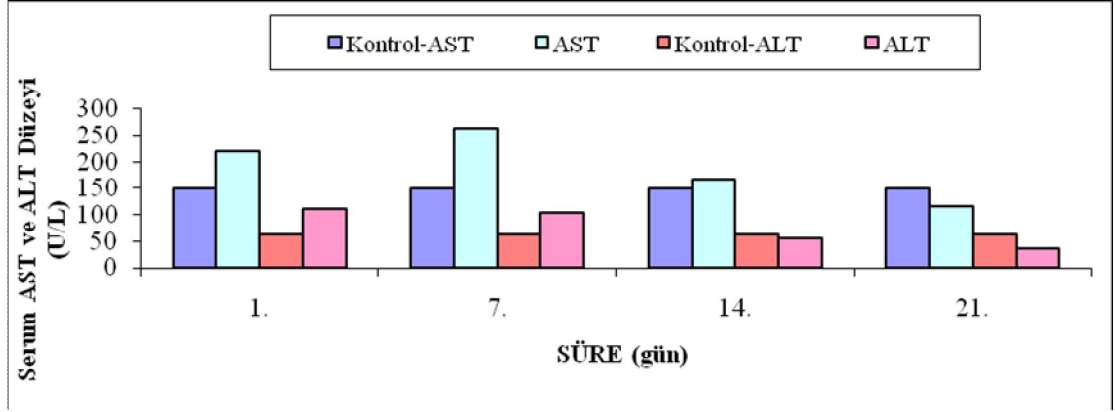
*=SNK ; a, b ve c harfleri derişimler; s ve t harfleri süreler arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistik ayrım vardır.

$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata

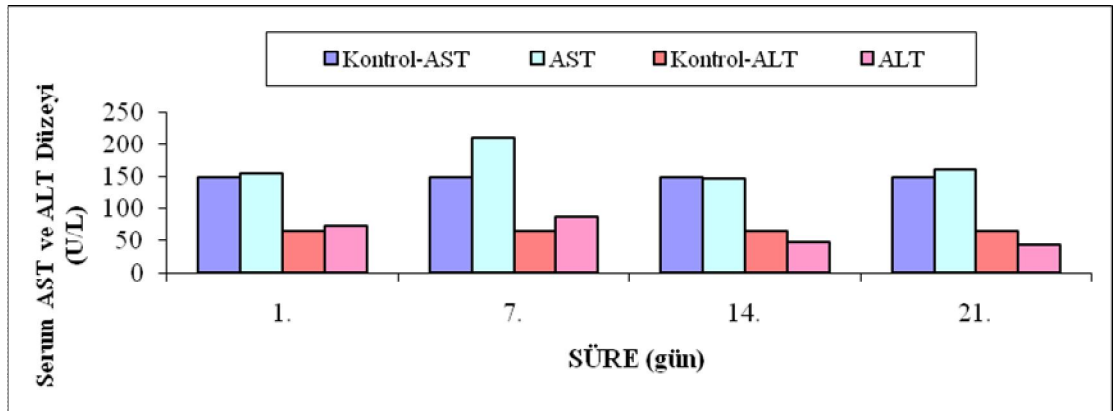
Kadmiyumun 0.75 ppm dışındaki tüm ortam derişimlerinde serum AST ve ALT düzeyleri 21. günde 1. güne oranla düşmüş, 0.75 ppm Cd ortam derişimlerinde ise değışime neden olmamıştır (Şekil 4.5-4.7).



Şekil 4.5. Kadmiyum'un 0.25 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde *C. lazera*'nın Serum AST ve ALT Düzeyinde Süreye Bağlı Değişimler.

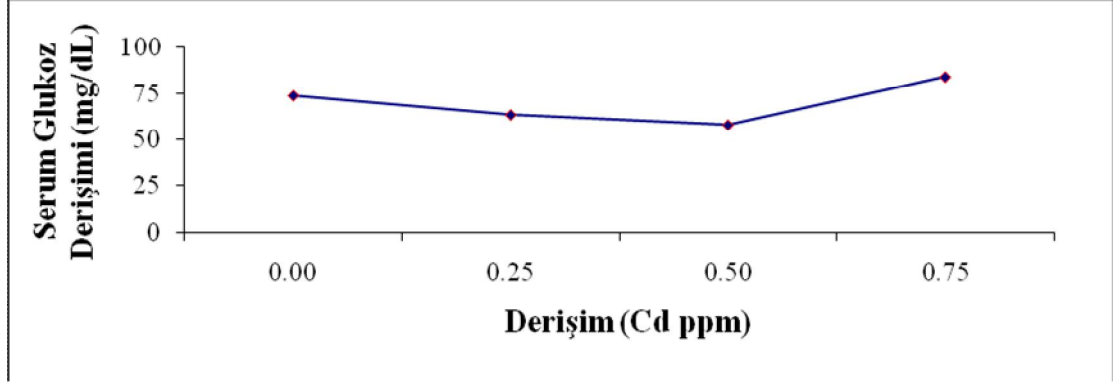


Şekil 4.6. Kadmiyum'un 0.50 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde *C. lazera*'nın Serum AST ve ALT Düzeyinde Süreye Bağlı Değişimler.

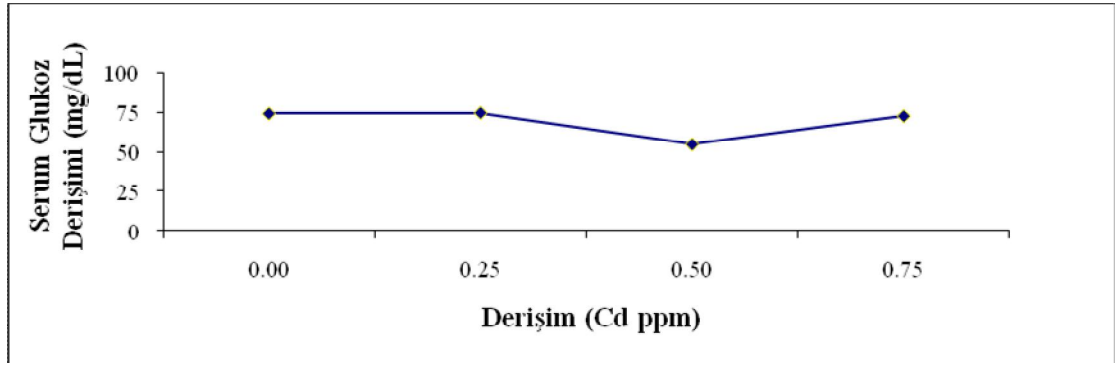


Şekil 4.7. Kadmiyum'un 0.75 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde *C. lazera*'nın Serum AST ve ALT Düzeyinde Süreye Bağlı Değişimler.

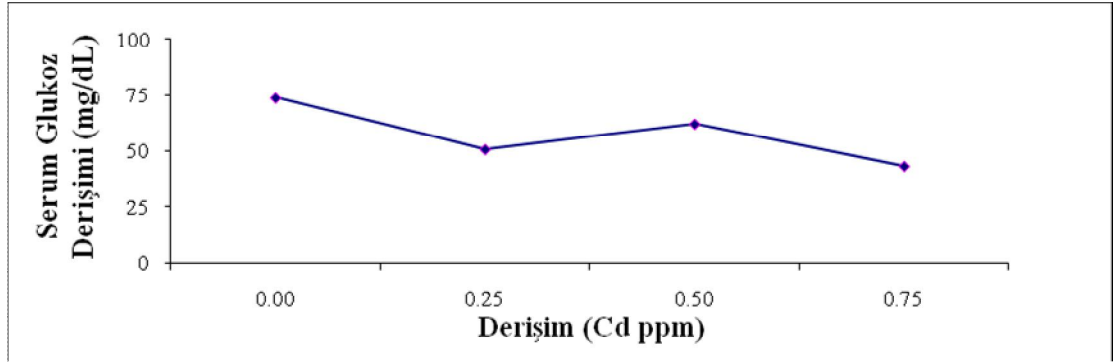
C. lazera'da düşük Cd derişimlerinin 1, 7 ve 14 gün sürelerle etkisi, serum glukoz düzeyini düşürmüştür (Şekil 4.8). Kadmiyumun 0.75 ppm ortam derişiminin etkisi, başlangıçta serum glukoz düzeyini artırmış ancak bu artış süreye bağlı olarak düşme göstermiştir. Deney süresi sonunda serum glukoz düzeyi üzerine, tüm ortam derişimlerinin etkisi aynı olup, kontrol düzeyine ulaşmıştır.



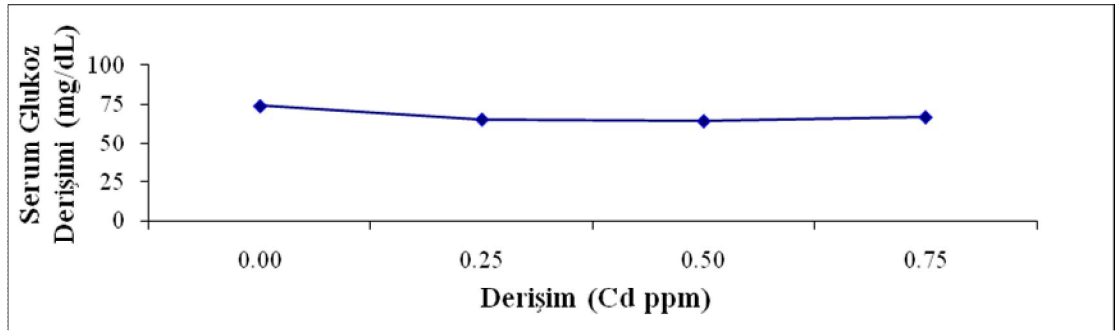
- a -



- b -



- c -



- d -

Şekil 4.8. *C. lazera*'da Kadmiyum Ortam Derişimlerinin 1(a), 7(b), 14(c) ve 21(d) Gün Sürelerle Serum Glukoz Düzeyi (mg/dL) Üzerine Etkileri

4.2. TARTIŞMA

C. lazera ile yürütülen bu araştırmada, kadmiyumun 0.25, 0.50, 0.75 ve 1.00 ppm ortam derişimlerinin 1, 7, 14 ve 21 gün sürelerle etkisinde solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularında önemli düzeyde metal birikimine karşılık balıklarda mortalite gözlenmemiştir. *C. carpio*'da Cd'un 0.8, 4.0 ve 20.0 ppb'lik ortam derişimlerinin 29 gün süreyle etkisinde yüksek ortam derişimleri 21. günde % 100 oranında mortaliteye neden olurken [87], metalin 0.1 ve 1.0 ppm ortam derişimlerinin *T. nilotica*'da [28] 10 gün, *T. zilli*'de 30 gün süreli etkisinde mortalite gözlenmemiştir. *T.aurea* ile yapılan bir araştırmada da kadmiyumun 0.7 – 20 ppm derişim aralığındaki etkisi, balıklarda mortaliteye neden olmazken, ortam derişimindeki artışla mortalite oranının hızla arttığı belirlenmiştir [66]. *Anguilla anguilla* [90] ve *Clarias batrachus*' da [46] Cd, *C. carpio*'da [85] bakır etkisi mortaliteye neden olmazken, karaciğerdeki metal birikimi ile total protein düzeyini , karaciğer hücrelerinde sitoplazmik vakuol ve lizozomal veziküllerin sayısını arttırmıştır [42].

C. lazera ile yapılan bu araştırmada Cd ortam derişimlerinin belirlenen sürelerdeki etkisinde mortalite gözlenmemiştir. Bu durum, Cd etkisinde metallothionein ve glutasyon gibi metal bağlayıcı proteinlerin sentezi ile sitoplazmik oluşumların sayısındaki artış gibi detoksifikasyon mekanizmalarının stimülasyonu ile açıklanabilir.

M. cephalus'da [35] kadmiyum, *T. zilli* ve *C. lazera*'da [64] çinko, *Labeo rohita*'da [37] bakır etkisi, başlangıçta akvaryum tabanında hareketsiz kalma, besine karşı duyarsızlık, yüzme hareketlerinde koordinasyon bozukluğu, operkulumun açılıp kapanmasında artış gibi davranış değişikliklerine neden olurken, etkide kalma süresinin uzaması ile bu değişikliklerin ortadan kalktığı belirlenmiştir. *C. lazera* ile yapılan bu araştırmada da özellikle Cd'un 0.50 ve 1.00 ppm derişimlerinin etkisinin başlangıcında balıklarda benzer davranış değişiklikleri gözlenmiş ve metal etkisini izleyen bir kaç gün içerisinde, davranış değişikliklerinin normale döndüğü, bununda ortama katılan kirleticiye karşı balığın, beslenme, hareket ve metabolik aktivitelerini

minimum düzeye indirerek değişen ortam şartlarına uyum sağlamaya çalışmasından kaynaklandığı olasıdır.

T. nilotica'da Cd ve Pb'un [21], *L. reticulatus*'da bakırın [73] doku ve organlardaki birikim düzeyi ile toksik etkilerinin balığın yaş ve ağırlığına bağlı olarak değişim gösterirken, *T. zilli*'nin dokularındaki Cd, Cu, Zn ve Pb birikiminin boya bağlı olarak değişim gösterdiği saptanmıştır [20]. Bu araştırmada da ortalama aynı boy ve ağırlıkta olan balıklar kullanılarak, Cd etkisinde incelenen parametrelerde bu faktörlerden kaynaklanabilecek değişimler minimum düzeye indirilmiştir.

Solungaçlar, balıklarda başlıca ağır metal alınım organı olmakla birlikte önemli atılım yollarından da biridir [6]. Ağır metal etkisinde membranın yapısal bütünlüğündeki bozulma, aktif taşıma sistemlerinin blokasyonu, değişen ortam koşullarına tepki olarak solungaç yüzeyinin mukusla kaplanması gibi yapısal değişimler, solungaç dokusunun atılımdan çok alınım yolu olmasına neden olmaktadır [42]. Bu araştırmada Cd'un 1 ve 7 günlük etki sürelerinde solungaç dokusundaki metal birikiminin, böbrek ve dalak dokusundaki birikim düzeyine yakın olduğu belirlenmiştir. *C. carpio*'nun yavru ve fingerlikleri ile yapılan bir araştırmada, her iki grupta kadmiyumun 1, 7, 15 ve 30 gün sürelerle subletal, 1, 2, 3 ve 4 gün sürelerle letal derişimlerinin etkisine bırakılarak doku birikim düzeyleri incelenmiş, letal derişimlerin kısa süreli, subletal derişimlerin ise etki süresi başlangıcında en yüksek Cd birikiminin solungaçlarda olduğu, etkide kalma süresinin uzaması ile bu dokudaki birikim düzeyinin düştüğü belirlenmiştir [22]. *Brachydanio rerio* [91] ve *A. anguilla* [90] ile yapılan çalışmalarda da kadmiyum etkisinin başlangıcında benzer bir şekilde metalin solungaç dokusunda yüksek derişimlerde biriktiği saptanmıştır.

O. mykiss ve *Noemacheilus barbatulus*'da Cd'un 3.0 ppm ortam derişiminin kronik etkisinde, solungaç dokusunda metal etkisini izleyen ikinci haftada metallothionein sentezlenirken, böbrek ve karaciğerdeki metallothionein düzeyi ancak 16 haftalık etki süresi sonunda artış göstermiştir [92]. Kadmiyum etkisinin

başlangıcında solungaç dokusunda yüksek düzeydeki birikim, solungaçların lamellar yapı nedeniyle oldukça geniş yüzey alanın bulunması, ortamla doğrudan etkileşim içerisinde olması, metal etkisinde metallothionein sentezinin yapılması, su ile kan arasındaki diffüzyon aralığının kısa olması ve metalin solungaç yüzeyini kaplayan mukusun glikoprotein bileşenlerine kolayca bağlanması ile açıklanabilir.

Balıklarda karaciğer ağır metalleri bağlayarak toksik etkilerinin giderilmesinde işlevi olan metallothionein gibi metal bağlayıcı proteinlerin başlıca sentez yeridir [42]. Metallothioneinler (MT), eser ve toksik etkili metalleri bağlayarak enzim gibi yüksek molekül ağırlıklı bileşiklere bağlanmasını engelleyerek organizmayı toksik etkilerinden koruyan düşük molekül ağırlıklı bir proteindir [93]. Balıklarda ağır metal etkisinin, solungaç, karaciğer ve böbrek dokularında MT düzeyini arttırdığı bilinmektedir [92]. *O. mykiss*'de kadmiyumun 3 ppm ortam derişiminin 30 gün süreyle etkisinin böbrek ve karaciğer dokularının MT düzeyini arttırdığı, bu artışın böbreğe oranla karaciğerde daha fazla olduğu belirlenmiştir [65]. *O. mykiss* [61], *T. nilotica* [94], *P. fluviatilis* [95], *C. carpio*'da [96] bakır, *C. lazera* ve *T. zilli*'de çinko [64], *Raja clavata* ve *Pleuronectes platessa*'da kadmiyumun subletal ortam derişimlerinde en fazla birikim karaciğerde olurken, *O. niloticus* [97] *A. rostrata* [25], *I. punctatus* [32] ve *T. nilotica*'da [98] subletal ortam derişimlerinde kadmiyumun karaciğere oranla böbreklerde daha fazla biriktiği belirlenmiştir. Kadmiyum ile yürütülen bu araştırmada da *C. lazera*'da karaciğerdeki metal birikiminin böbreklere oranla daha düşük olduğu saptanmıştır. Kadmiyumun karaciğerde böbreklere oranla daha düşük derişimlerde birikimi, belirlenen süre ve derişimlerde karaciğerin metal alınımını karşılayabilmesi yada organizmalarda herhangi bir biyokimyasal işlevi olduğu belirlenemeyen metalin doğrudan doğruya atılım organı olan böbreklere iletilmesinden kaynaklanabilir.

Balıklarda, su ve metabolizma atıkları ile birlikte toksik etkili ağır metaller, vücuttan uzaklaştırılmak üzere böbreğe taşınmakta ve burada metallothionein gibi metal bağlayıcı proteinlere bağlanması sonucu bu dokuda yüksek derişimlerde birirmektedir [99]. *O. mykiss* [14] ve *C. batrachus*'da [46] subletal ortam derişimlerindeki kadmiyumun uzun süreli etkisinde böbrek dokusunda MT düzeyini

arttırdığı, buna bağlı olarak da yüksek derişimlerde kadmiyum biriktiği belirlenmiştir. *C. carpio* [22], *I. punctatus* [22] ve *O. mykiss*'de [32] Cd'un subletal derişimlerinin kronik, letal derişimlerinin akut etkisinde metal birikiminin diğer doku ve organlara oranla en fazla böbreklerde olduğu bildirilmektedir. *C. carpio* ile yapılan bir araştırmada, böbrekteki Cd birikiminin karaciğerdeki birikimden 2 kat, kastaki birikimden ise 100 kat fazla olduğu saptanmıştır [10].

Lates calcarifer'de kadmiyum, böbrek tübül hücrelerinin membran permeabilitesini değiştirerek birikime, stoplazmik vesikül ve granüllerin sayısındaki artış ile ödem oluşumu gibi histopatolojik değişimlere neden olduğu bildirilmiştir [100]. *C. lazera* ile yapılan bu araştırmada da diğer dokulara oranla en fazla kadmiyum birikiminin böbreklerde olması, kadmiyumun organizma tarafından tanınmaması ve toksik etkili olması nedeniyle doğrudan başlıca atılım organı olan böbreklere iletilmesi, membran permeabilitesini etkileyerek yüksek düzeylerde böbrek hücrelerine alınması ve hücre içerisinde metallothionein sentezini arttırarak Cd-thionein oluşturması ile açıklanabilir.

Dalak, balıklarda işlevsel sürecini tamamlamış eritrositleri kandan alarak parçalayıp, yeni eritrositlerin sentezinde kullanılacak öncü maddelerin metabolik kaynağını oluşturan bir organdır. *T. nilotica*'da bakır [96] ve kadmiyum [72] en fazla dalak dokusunda birikirken, *Salmo trutta* ve *S. gairdneri*'de dalak dokusundaki kadmiyum birikiminin kas ve kalp dokularında olduğu gibi çok düşük düzeylerde olduğu belirlenmiştir [101]. *A. anguilla* ile yapılan bir araştırmada Cd etkisinde böbrek dokusundan sonra en fazla metal birikiminin dalakta olduğu saptanmıştır [102]. *P. flesus*'da kadmiyumun 5, 50 ve 500 ppb'lik ortam derişimlerinin 4 ve 9 hafta süreyle etkisi, hemoglobin derişimi ile hematokrit ve eritrosit düzeyini önemli oranda düşürerek anemiye neden olmuştur [103]. *O. mossambicus*'da da Cd etkisinde kan parametrelerinde benzer değişimler gözlenmiştir [104]. Kadmiyum etkisinin, balıkların dalak dokusunda metal birikimine bağlı olarak metallothionein sentezini arttırdığı belirtilmektedir [105]. *C. lazera* ile yapılan bu araştırmada da kadmiyumun böbrek dokusundan sonra en fazla dalakta biriktiği ve yüksek düzeydeki birikimin, dolaşım sisteminde bulunan metalin doğrudan doğruya

alınımından, MT sentezindeki artıştan ve metal etkisinde ortaya çıkan anemiden kaynaklandığı olasıdır.

C. lazera'nın kas dokusundaki kadmiyum birikimi incelenen diğer dokulara oranla oldukça düşük düzeylerde dir. Kadmiyumun tek başına ve diğer metallerle etkileşiminde *O. aureus*'da tüm doku ve organlara göre kas dokusunda düşük düzeyde biriktiği saptanmıştır [13, 27]. *C. carpio*'da kadmiyumun subletal ortam derişimlerinde 29 gün süre ile yürütölen diğer bir araştırmada da en düşük metal birikiminin kas dokusunda olduğu belirtilmektedir [87]. *C. carpio*'da subletal kadmiyum derişimlerinin uzun süreli etkisinde böbrek dokusundaki metal birikiminin karaciğerdeki birikimin 2 katı, kastaki birikimin ise 100 katı olduğu, kas dokusundaki birikim düzeyinin 106 günlük etkide kalma süresi sonunda tüketim bağlamında tehlikeli düzeye ulaştığı bildirilmiştir [10]. *Scyliorhinus canicula*'da kadmiyumun subletal derişimlerinin kas dokusundan kana su geçmesine ve sonuçta hemodilüsyona neden olduğu belirtilmektedir [106]. *C. lazera* ile yapılan bu araştırmada kas dokusundaki kadmiyum birikiminin diğer doku ve organlara göre düşük düzeylerde olması kasın metal birikimi bakımından aktif bir doku olmaması ve metal etkisinde hemodilüsyona neden olan kastaki su kaybı ile açıklanabilir.

Balıklarda ağır metal ve stres koşullarının uzun süreli etkisinde gereksinim duyulan enerji, glukoz ve glikojen gibi karbonhidratların yanı sıra glukoneogenik enzimler aracılığı ile protein ve lipid gibi karbonhidrat olmayan kaynaklardan da sağlanmaktadır [49]. Aspartat aminotransferaz (AST) ve alanin aminotransferaz (ALT) glukoneogenik enzimler olup başlıca sentez yerleri karaciğerdir. Normal koşullarda serumda bulunmazlar. *C. carpio*'da Cd'un 4 ve 20 ppb ortam derişimlerinin 4 gün süre ile etkisi, karaciğer ve böbrek dokularında AST ve ALT aktivitesini attırırken, enzimlerin serumdaki düzeyi artmıştır [87]. Subletal kadmiyum derişimlerinin uzun süreli etkisi, *O. niloticus* [57] ve *Lepomis macrochirus*'un [39] serum AST ve ALT düzeyinde herhangi bir değişime neden olmazken *Channa punctatus*'da etkide kalma süresine bağlı olarak enzim düzeylerini düşürdüğü saptanmıştır [107].

C. lazera'da Cd'un denenen en yüksek ortam derişiminin dışında incelenen derişimlerinin 1, 7, 14 ve 21 gün sürelerle etkisi, başlangıçta ortam derişimindeki artışa bağlı olarak serum AST ve ALT düzeyini arttırırken, etkide kalma süresinin uzaması ile AST ve ALT düzeyini azaltmıştır. Metal etkisinin başlangıcında serum AST ve ALT düzeyindeki artış, Cd etkisinde artan enerji gereksiniminin karbonhidrat olmayan kaynaklardan sağlanmaya çalışıldığını, etkide kalma süresinin uzaması ile gözlenen düşme de Cd toksisitesine karşı enerji üretim olaylarının adaptasyonunu gösterir.

Glukoz, balıklarda yaşamsal olaylar için gereksinim duyulan enerjinin başlıca kaynağı olup, fazlası besin yetersizliği, yoğun stoklama ve hipoksik koşullar gibi enerji gereksiniminin arttığı stres koşullarında kullanılmak üzere kas ve karaciğerde glikojen formunda depo edilir [108]. *H. fossilis*'de Cd'un 0.26 ppm'lik ortam derişiminin 15 ve 30 gün süreyle etkisi, laktat dehidrojenaz, piruvat dehidrojenaz ve süksinat dehidrojenaz gibi glikolitik enzimlerin aktivitesini stimüle ederek serum glukoz ve laktik asit düzeyini arttırırken, kas ve karaciğer glikojen derişimini azaltmıştır [44]. *A. rostrata*'da kadmiyum etkisi, adrenomedulla'dan katekolamin salınımını arttırarak, glikojen rezervlerinde düşmeye neden olurken, serum glukoz düzeyini arttırdığı saptanmıştır [25].

Kadmiyum etkisinde serum glukoz düzeyinde gözlenen bu değişimler, aynı zamanda hipoksik koşullar, üreme, açlık ve yoğun stoklama gibi stres koşullarında da meydana gelebilmektedir. *O. mossambicus*'da 2 saat süreyle yoğun stoklamanın, ve *T. zilli* ile *C. lazera*'da ortamın çözünmüş oksijen derişimindeki düşmenin serum glukoz ve laktat düzeyini arttırırken, kas ve karaciğer glikojen derişimini düşürdüğü belirlenmiştir [54, 64].

Kadmiyumun serum glukoz düzeyi üzerine etkileri türe, ortam derişimine ve etkide kalma süresine bağlı olarak değişim gösterir. *O. mykiss*'de kadmiyumun [82] subletal derişimlerinin uzun süreli etkisi, serum glukoz düzeyinde her hangi bir değişime neden olmazken, *Barbus conchoniis*'da [84] serum glukoz düzeyini düşürmüştür. *C. lazera* ile yürütülen bu araştırmada da Cd'un 1.00 ppm dışında

belirlenen ortam derişimlerinin 14. güne kadar etkisi serum glukoz düzeyini düşürürken, 21. günde kontrole göre her hangi bir değişime neden olmamıştır. Serum glukoz düzeyindeki düşme, Cd etkisinde enerji kullanımındaki artışla, deney süresi sonunda herhangi bir değişimin gözlenmemesi ise balığın değişen ortam şartlarına enerjitik adaptasyonu ile açıklanabilir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

C. lazera ile yapılan bu araştırmada, çok düşük derişimlerde bile toksik etkili kadmiyumun 0.25, 0.50, 0.75 ve 1.00 ppm ortam derişimlerinin 1, 7, 14 ve 21 günlük sürelerde doku ve organlardaki birikimi ile serum Aspartat aminotransferaz (AST), Alanin aminotransferaz (ALT) ve Glukoz düzeyindeki değişimlerin bu türde kadmiyum toksisitesi için gösterge olup olmayacağı incelenmiştir.

Belirlenen sürelerde, kadmiyumun incelenen ortam derişimlerinin etkisi solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularında kontrole oranla önemli düzeyde birikimle sonuçlanırken, dokulardaki birikimin ortam derişimi ve etkide kalma süresindeki artışa bağlı olarak arttığı saptanmıştır. İncelenen doku ve organlar arasında metal birikimi bakımından aşağıdaki ilişki belirlenmiştir.

Böbrek > Dalak > Solungaç > Karaciğer > Kas

Kadmiyumun 1.00 ppm dışında incelenen ortam derişimlerinin etkisi, deney süresinin başlangıcında serum transaminaz düzeylerini arttırırken, srenin uzaması ile düşürdüğü, serum glukoz düzeyi üzerine ise tam ters etki yaptığı saptanmıştır.

Metal birikimi bakımından incelenen doku ve organlar arasındaki ayırımın, yapısal, işlevsel ve metabolik farklılıklardan kaynaklanması olasıdır.

Serum transaminaz ve glukoz düzeyinde gözlenen değişimler, metal etkisinde değişen ortam koşullarına enerjitik adaptasyonun bir sonucu olarak değerlendirilir.

Çeşitli balık türleri ile yapılan araştırmalarda, ağır metal etkisinde ortaya çıkan stres koşullarına uyumun, metabolik olaylardaki değişimlerle sağlandığı belirlenmiş olup, *C. lazera* ile yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlarda mevcut bulgularla rtmektedir.

C. lazera'da doku ve organlardaki kadmiyum birikiminde, böbrek dokusunun, serum AST, ALT ve glukoz düzeyindeki değişimlerin ise Cd toksisitesinin biyokimyasal göstergesi olarak kullanılabilceği önerilir.

KAYNAKLAR

- [1] Grobler, E., Du Perez, H.H. and Van Vuren, J. H. J. “The Toxic Effect of Zinc and Iron on the Routine Oxygen Consumption of *Tilapia sparmanii* (Cichilidae)”, *Comp. Biochem. Physiol.*, **94(1)**: 207-214, (1989).
- [2] Sorensen, E.M. “Metal Poisoning in Fish”, CRC Press, Boca Raton, FL., 243s, (1991).
- [3] Canpolat, Ö. ve Çalta, M. “Keban Baraj Gölü’nden (Elazığ) Yakalanan *Acanthobrama marmid* (Heckel, 1843)’de Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi”, *Fırat Üniandrsitesi Fen and Müh. Bilimleri Dergisi*, **13(2)**: 263-268, (2001).
- [4] Chmielnicka, J. and Cherian, M.G. “Environmental Exposure to Cadmium and Factors Affecting Trace-Element Metabolism and Metal Toxicity”, *Biol. Trace Element Res.*, **10**: 243-262, (1986).
- [5] U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) “Environmental Quality Criteria for Water”, EPA Report No: 440/5-86-001, USEPA, Washington, DC, (1986).
- [6] Deb, S. C. and Fukushima, T. “Metals in Aquatic Ecosystems Mechanisms of Uptake, Accumulation and Release Ecotoxicological”, *Int. J. of Environ. SciA.*, **56(3)**: 385-418, (1999).
- [7] Vural, N. “Toksikoloji”, Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, No:65, 416s., (1984).
- [8] Kulikova, I., Selsuma, Z. and Lengzdina, M. “Heavy Metals in Marine Organisms”, *Symposia Biologica Hungarica*, **29**:141-145, (1985).
- [9] Ricard, A.C., Daniel, C., Anderson, P., Hontela, A. “Effects of Subchronic Exposure to Cadmium Chloride on Endocrine and Metabolic Functions in Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*”, *Arch. Environmental Contam. Toxicol.*, **34(4)**: 377-381, (1998).
- [10] DeConto-Cinier, C., Petit-Ramel, M., Faure, R., Garin, D. and Bouvet, Y. “Kinetics of Cadmium Accumulation and Elimination in Carp, *Cyprinus carpio* Tissues”, *Comp. Biochem. Physiol.*, **122**: 345-352, (1999).

- [11] Kalay, M. and Canlı, M. “Elimination of Essential (Cu, Zn) and Non-Essential (Cd, Pb) Metals from Tissues of Freshwater Fish *Tilapia zill*”, *Türk. J. Zool.* **24**: 429-436, (2000).
- [12] Melgar, M.J., Perez, M. Garcia, M.A., Alonso, J. and Miquez, B. “The Toxic and Accumulation Effects of Short Term Exposure to Cadmium in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)”, *And. Hum. Toxicol.*, **39 (2)**: 79-83, (1997).
- [13] Odzak, N. and Zvonaric, T. “Cadmium and Lead Uptake from Food by the Fish *Dicentrarchus labrax*”, *Water Science and Technology*, **32(9-10)**: 49-55, (1995).
- [14] Thomas, D.G., Brown, M.W., Shurben, D., Solbe, J.F.D.G., Cryer, A. and Kay, J.A. “A Comparison of the Sequestration of Cadmium and Zinc in the Tissues of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*)”, *Comp. Biochem. Physiol.*, **82C(1)**: 55-62, (1985).
- [15] Sharma, R. P. “Ligands Binding Cadmium Zinc and Copper in a Species of New Zealand Oyster (*Ostrea lutaria*)”. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **30**: 428-434, (1983).
- [16] Elliot, N.G., Swain, R. and Ritz, D.A. “Metal Interaction During Accumulation by the Mussel (*Mytilus edulis planulatus*)”, *Marine Biology*, **93**: 359-399, (1986).
- [17] Flos, R., Tort, L. and Balasch, J. “Effects of Zinc Sulphate on Haematological Parameters in the Dogfish *Scyliorhinus canicula* and Influences of MS – 222”, *Mar. Env. Res.*, **21**: 289-298, (1987).
- [18] Pelgrom S.M.G.J, Lamers L.P.M, Lock R.A.C, Balm P.H.M., and Wendelaarbonga S.E. “Interactions between Copper and Cadmium Modify Metal Organ Distribution in Mature Tilapia *Oreochromis mossambicus*”, *Environmental Pollution*, **90**: 415-423, (1995).
- [19] Brown, M.W., Thomas, D.G., Shurben, D., Solbe, J.F.D., Kay, J. and Cryer, A. “A Comparison of the Differential Accumulation of Cadmium in the Tissues of Three Species of Freshwater Fish, *Salmo gairdneri*, *Rutilus rutilus* and *Noemacheilus barbatulus*”, *Comp. Biochem. Physiol. C*, **84(2)**: 213-217, (1986).

- [20] Zyadah, M.A. "Accumulation of Some Heavy Metals in *Tilapia zilli* Organs from Lake Manzalah Egypt", Tr. J. of Zoology, **23**: 367-372, (1999).
- [21] Rashed, M.N. "Cadmium and Lead Leandl in Fish (*Tilapia nilotica*) Tissues as Biyological Indicator for Lake Water Pollution", Environ. Moint. Assess., **68 (1)**: 75-89, (2001).
- [22] Suresh, A., Sivaramakrishna, B., Victoriamma, P.C., and Radhakrishnaiah, K. "Comparatiand Study on the Inhibition of Acetylcholinesterase Activity in the Freshwater Fish *Cyprinus carpio* by Mercury and Zinc", Biochem. Int., **26 (2)**: 362-375, (1993).
- [23] Kumada, H., Kimura, S. and Yokote, M. "Accumulation and Biological Effects of Cadmium in Rainbow Trout", Bull. Jpn. Sci. Fish, **46(1)**: 97-104, 1980.
- [24] Erdem, C. "Cadmium Accumulation in Liver, Spleen, Gill and Muscle Tissues of *Tilapia nilotica* (L.)", Biyokimya Dergisi, **15(3)**: 13-22, (1990).
- [25] Gill, T.S., and Epple, A. "Effects of Cadmium on Plasma Catecholamines in the American Eel, *Anguilla rostrata*", Aquat. Toxicol., **23**: 107-117, (1992).
- [26] Cicik, B., Ay, Ö. and Karayakar, F. "Effects of Lead and Cadmium Interactions on the Metal Accumulation in Tissue and Organs of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)", Bull. Environ. Contam. Toxicol., **72**: 141-148, (2004).
- [27] Allen, P. "Chronic Accumulation of Cadmium in the Edible Tissues of *Oreochromis aureus* (Steindachner); Modification by Mercury and Lead", Arch. Environ. Contam. Toxicol., **29(1)**: 8-14, (1995).
- [28] Kargin, F and Çoğun, H. Y. "Metal Intreactions During Accumulation and Elimination of Zinc and Cadmium in Tissues of the Frashwater Fish *Tilapia nilotica*", Bull. Environ. Contam. Toxicol. **63**: 511-519, (1999).
- [29] Muramoto, S. "Elimination of Copper From Cu-Contaminated Fish by Long Term Exposure to EDTA and Freshwater", J. Environ. Sci. Health, **18(3)**: 455-461, (1983).
- [30] Kargin, F. "Effects of EDTA on Accumulation of Cadmium in *Tilapia zilli*", Tr. J. of Zoology, **20(4)**: 419-421, (1996).

- [31] Pagenkopf, G.K. “Gill Surface Interaction Model for Trace Metal Toxicity to Fishes Role of Complexation pH and Water Hardness”, Environ. Sci. Technol., **17(6):** 342-347, (1983).
- [32] Bentley, P. J. “Accumulation of Cadmium by Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) Influx from Environmental Solution”, Comp. Biochem.Physiol C., **99 (3):** 527-529, (1991).
- [33] Richards, J. G. and Playle, R. C. “Protective Effects of Calcium Against the Physiological Effects of Exposure to a Combination of Cadmium and Copper in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)”, Canadian Jor. Of Zoology, **77(7):** 1035-47, (1999).
- [34] Ansari, I.A. “Studies on the Toxicity of Copper Sulphate on *Channa punctatus* and *Mystus vittatus*; Determination of LC₅₀ Values”, Acettaciencis India, **10:** 154-160, (1984).
- [35] Hilmy, A.M., Shabana, M.B. and Daabees, A.Y. “Bioaccumulation of Cadmium Toxicity in *Mugil cephalus*”, Comp. Biochem. Physiol. C., **81(1):** 139-143, (1985).
- [36] Khunyakari, R.P., Tare, V. and Sharma, R.N. “Effects of Some Trace Heavy Metals on *Poecilia reticulata* (Peters)”, J. Environ. Biol., **22(2):** 141-144, (2001).
- [37] Venkataramana, P. and Radhakrishnaiah, K. “Copper Influenced Changes in Lactate Dehydrogenase and G-6-PDH Activities of Freshwater Teleost, *Labeo rohita*”, Arch. Environ. Contam. Toxicol., **67:** 247-263, (2001).
- [38] Gill, T.S., and Pant, J.C. “Cadmium Toxicity: Inducement of Changes in Blood and Tissue Metabolites in Fish”, Toxicology Letters, **18:** 195-200, (1983).
- [39] Andrsteeg, D.J. And Giesy, J.P. “The Histological and Biochemical Effects of Cadmium Exposure in the Bluegill Sunfish (*Lepomis macrochirus*)”, Ecotoxicol. Environ. Safè., **11(1):** 31-43, (1986).
- [40] Hemelraad, J., Hervig, H.J., Van Donselaar, E.G, Holverda, D.A. and Zandee, D.I. “Effects of Cadmium in Freshwater Clams. II. Ultrastructural Changes in the Renal System of *Adonota cygnea*”, Arc. Environ. Contam. Toxicol., **19:** 691-698, (1990).

- [41] Matei, V.E., Pavlov, D.F. and Chuiko, G.M. "The Effect of Cadmium on the Gill Structure in Tilapia", *Tsitologia*, **35(10)**: 13-19, (1993).
- [42] Heath, A.G.(ed) "Water Pollution and Fish Physiology", Department of Biology Virginia Polytechnic Institute and State Uniandrsity Blacksburg, Virginia, **4**: 67-76, (1995).
- [43] Dubale, M.S. and Shah, P. "Biochemical Alterations in the Liver of *Channa punctatus*", *Environ. Res.*, **26**: 110-118, (1981).
- [44] Sastry, K.V. and Subhadra, K.M. "Effect of Cadmium on Some Aspects of Carbohydrate Metabolism in a Freshwater Catfish *Heteropneustes fossilis*", *Toxicol. Lett.*, **14(1-2)**: 45-55, (1982).
- [45] Srivastava, D. K. "Comparatiand Effects of Copper, Cadmium and Mercury on Tissue Glycogen of the Catfish, *Heteropneustes fossils* (Bloch)", *Toxicol. Lett.*, **11(1-2)**: 135-39, (1982).
- [46] Jana, S. and Sahana, S.S "Effects of Copper, Cadmium and Chromium Cations on the Freshwater Fish *Clarias batrachus* L", *Physiol. Bohemoslov.*, **37(1)**: 79-82, (1988).
- [47] Rombough, P.J. and Garside, E.T. "Disturbed Ion Balance in Alevins of Atlantic Salmon *Salmo salar* Chronically Exposed to Sublethal Concentration of Cadmium", *Can. J. Zool.*, **62**: 1443-1450, (1984).
- [48] Kuroshima, R. and Kimura, S. "Changes in Toxicity of Cd and Hg Accumulation in Girella and Goby with their Growth", *Bull. Japan Soc. Sci. Physiol. B.*, **155**: 635-644, (1992).
- [49] Levesque, H. M., Moon, T. W., Campbell, P.G.C., and Hontela, A. "Seasonal Variation in Carbohydrate and Lipid Metabolism of Yellow Perch (*Perca flavescens*) Chronically Exposed to Metals in the Field", *Aquatic Toxicology*, **60(3-4)**: 257-267, (2002).
- [50] Hatekeyama, S., and Yasuno, M. "Chronic Effects of Cd on Reproduction of the Guppy (*Poecilia reticulata*) through Cd Accumulated Midge Larvae (*Chironomous yoshimatsui*)", *Ecotoxicol. Environ. Safe.*, **14(3)**: 191-207, (1987).

- [51] Novelli, E.L.B., Lopes, A.M., Rodrigues, A.S.E., Novelli-Filho, J.L.V.B., and Ribas, B.O. "Superoxide Radical and Nephrotoxic Effect of Cadmium Exposure", *Int. J. Environ. Health Res.*, **9**: 109-116, (1999).
- [52] McKim, J. M., Christensen, G. M. and Hunt, E. P. "Changes in the Blood of Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*) After Short-Term and Long-Term Exposure to Copper", *J. Fish Res. Bd. Can.*, **27**: 1883-90, (1970).
- [53] Vaglio, A. and Landriscina, C. "Changes in Liver Enzyme Activity in the Teleost *Sparus aurata* in Response to Cadmium Intoxication", *Ecotoxicol. Environ. Safe.*, **43(1)**: 111-116, (1999).
- [54] Vijayan, M.M., Pereira, C., Grau, E.G, and Iwama, G.K. "Metabolic Responses Associated with Confinement Stress in Tilapia; The Role of Cortisol", *Biochem. Physiol.*, **116C(1)**: 89-85, (1997).
- [55] Dange, A.D. "Changes in Carbohydrate Metabolism in Tilapia *Oreochromis mossambicus*, During Short-term Exposure to Different Types of Pollutants", *Environmental Pollution (Series)*, **41**: 165-177, (1986).
- [56] Pelgrom, S.M.G.J., Lamers L.P.M., Garritsen, J. A. M., Pels, B. M., Lock R.A.C., Balm P.H.M., and Wendelaar Bonga, S.E. "Interactions Between Copper and Cadmium During Single and Combined Exposure in Juvenile Tilapia, *Oreochromis mossambicus*; Influence of Feeding Condition on Whole Body Metal Accumulation and the Effect of the metals on Tissue Water and Ion Content", *Aquatic Toxicol.*, **30**: 117-135, (1994).
- [57] Almeida, J.A., Novelli, E.L.B., Dal Pai Silva, M. and Alves-Junior, R. "Environmental Cadmium Exposure and Metabolic Responses of the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*", *Environmental Pollution*, **114(2)**: 169-175, (2001).
- [58] Sastry, K.V. and Subhadra, K.M. "In-vivo Effects of Cadmium on Some Enzyme Activities in Tissues of the Freshwater Catfish *Heteropneustes fossilis*", *Environmental Research*, **36**: 32-45, (1985).
- [59] Vosyliene, M. Z. "The Effect of Heavy Metals on Hematological Indices", *Acta Zoologica Litvanica Hydrobiologia*, **9**: 76-82, (1999).

- [60] Lowe-Jinde, L., and Niimi, A.J. "Short Term and Long Term Effects of Cadmium on Glycogen Reserves and Liver Size in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri* Richardson)", Arch. Env. Contam. Toxicol., **13**: 759-764, (1984).
- [61] Dethloff, G.M., Bailey, H.C. and Maier, K.J. "Effects of Dissolved Copper on Select Hematological, Biochemical and Immunological Parameters of Wild Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)", Arch. Environ. Contam. Toxicol., **40**: 371-380, (1999).
- [62] Hodson, P. V. "The Effects of Metal Metabolism on Uptake, Disposition and Toxicity in Fish", Aquatic Toxicology, 11, 3-18, (1988).
- [63] Toguyeni, A., Fauconneau, B., Boujard, T., Fostier, A., Kuhn, E.R., Mol, K.A. and Baroiller, J.F. "Feeding Behaviour and Food Utilisation in Tilapia, *Oreochromis niloticus* : Effect of Sex Ratio and Relationship with the Endocrine Status", Pyhsiol. Behavior, **62**: 273-279, (1997).
- [64] Hilmy, A.M., El Domiaty, N. A., Daabees, A.Y., and Abdel Latife, H.A. "Some Physiological and Biochemical Indices of Zinc Toxicity in two Freshwater Fishes, *Clarias lazera* and *Tilapia zilli*", Comp. Biochem. Physiol. C., **87(2)**: 297-301, (1987).
- [65] Hollis, L., Hogstrand, C. and Wood, C.M. "Tissue Specific Cadmium Accumulation Metallothionein Induction and Tissue Zinc and Copper Ligands during Chronic Sublethal Cadmium Exposure in Juvenile Rainbow Trout", Arch. Environ. Contam. Toxicol., **41(4)**: 468-474, (2001).
- [66] Abel, P. D. and Patoutsoglou, S. E. "Lethal Toxicity of Cadmium to *Cyprinus carpio* and *Tilapia aurea*", Bull. Environ. Contam. Toxicol., **37**: 382-386, (1986).
- [67] Sovenyi, L., and Szakolczai, J. "Studies on the Toxic and Immunosuppressive Effects of Cadmium on the Common carp", Acta Vet. Hung, **41(3-4)**: 415-426, (1993).
- [68] Hollis, L., McGeer, J.C., McDonald, D.G., and Wood, C.M. "Cadmium Accumulation, Gill Cadmium Binding, Acclimation, and Physiological Effects during Sublethal Cd Exposure in Rainbow Trout", Aquatic Toxicol., **46**: 101-119, (1999).

- [69] Erdem, C., Ay, Ö., Cicik, B. and Karayakar, F. “Levels of Copper, Cadmium and Lead in Tissues of Fish (*Cyprinus carpio*, *Capoeta capoeta*) from the Berdan River”, Süleyman Demirel Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, **2(11)**:(Baskıda), (2004).
- [70] Erdem, C. ve Kargın, F. “*Cyprinus carpio* ile *Tilapia nilotica*’nın Karaciğer, Dalak, Barsak, Solungaç ve Kas Dokularındaki Bakır Birikiminin Karşılaştırmalı Olarak Araştırılması”, Biyokimya Dergisi, **7(1)**: 13-27, (1992).
- [71] Miklovics, M. H., Kovacs-Gayer, E and Szakolczai, J. “Accumulation and Effects of Heavy Metals in the Fishes of Lake Balaton”, Symposia Biologica Hungarica, **29**: 111-118, (1985).
- [72] Kalay, M. “*Tilapia nilotica*’da Karaciğer, Dalak, Böbrek, Kas ve Solungaç Dokularındaki Kadmiyum Birikiminin Total Protein Düzeyi ve İyon Dağılımı Üzerine Etkileri”, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Doktora Tezi, 117s, Eylül-Adana, (1996).
- [73] Tsai, C. and Chang, K. “Effect of Sex and Size on Copper Susceptibility of the Common Guppy, *Lebistes reticulatus* (Peter)”, J. Fish Bio., **19**: 683-689, (1981).
- [74] Barak, N.A. and Mason, C.F. “Mercury ,Cadmium and Lead Concentrations in Fiannd Species of Freshwater Fish from Eastern England”, Sci. Total Environ., **92**: 257-263, (1990).
- [75] Perkins, E.J., Griffin, B., Hobbs, M., Gollon, J., Wolford, L. and Schlenk, D.”Sexual Differences in Mortality and Sublethal Stress in Channel Catfish Following a 10 week Exposure to Copper Sulfate”, Aquatic Toxicol., **37**: 327-339, (1997).
- [76] Gill, T. S., Bianchi, C.P., and Epple, A. “Trace Metal (Cu-Zn) Adaptation of Organs Systems of the American Eel *Anguilla rostrata*, to External Concentrations of Cadmium”, Comp. Biochem. Physiol., C, **102 (3)**: 361-371, (1992).
- [77] Kraal, M.H., Kraak, M.H., DeGroot, C.J. and Davids, C. “Uptake and Tissue Distribution of Dietary and Aqueous Cadmium by Carp (*Cyprinus carpio*)”, Ecotoxicol. Environ. Safety, **31(2)**: 179-183, (1995).

- [78] Farag, A.M., Boese, C.J., Woodward, D.F. and Bergman, H.L. “Physiological Changes and Tissue Metal Accumulation in Rainbow Trout Exposed to Foodborne and Waterborne Metals”, *Environ. Toxicol. Chem.*, **13(12)**: 2021-2029, (1994).
- [79] Gupta, A.K. and Rajbanshi, V.K. “Toxicity of Copper and Cadmium to *Heteropneustes fossilis* (Bloch)”, *Acta Hydrochim. Hydrobiol.*, **3**: 331-340, (1991).
- [80] Larsson, A., Haux, C., Sjöbeck, M.L. and Lithner, G. “Physiological Effects of an Additional Stressor on Fish Exposed to a Simulated Heavy-Metal-Containing Effluent from a Sulfide Ore Smeltery”, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **8**: 118-128, (1984).
- [81] Bendell-Young, L., Harvey, H.H and Young, C.F. “Accumulation of Cadmium by White Suckers (*Catostomus commersoni*) in Relation to Fish Growth and Lake Acidification”, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **43(4)**: 806-811, (1986).
- [82] Christensen, G.M., Mckim, J.M., Brungs, W.A. and Hunt, E.P. “Changes in the Blood of the Brown Bullhead (*Ictalurus nebulosus* (Lesueur)) Following Short and Long Term Exposure to Copper (II)”, *Toxicol. And Appl. Pharmacol.*, **23**: 417-427, (1972).
- [83] Torres, P., Tort, L. and Flos, R. “Acute Toxicity of Copper to Mediterranean Dogfish”, *Comp. Biochem. Physiol. C*, **86**: 169-171, (1987).
- [84] Gill, T.S., Tewari, H. and Pande, J. “In-vivo and In-vitro Effects of Cadmium on Selected Enzymes in Different organs of the Fish *Barbus conchoni* (Ham.)”, *Comp. Biochem, Physiol C*, **100(3)**: 501-505, (1991).
- [85] Cicik, B. “*Cyprinus carpio*'da Bakır, Çinko ve Bakır + Çinko Karışımında Solungaç, Karaciğer ve Kas Dokularındaki Metal Birikiminin Nicel Protein, Glikojen and Kandaki Bazı Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkileri”, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Adana, 107s, (1995).
- [86] Mommsen, T.P., French, C.J. and Hochachka, P.W. “Sites and Patterns of Protein and Amino Acid Utilization during the Spawning Migration of Salmon”, *Can. J. Zool*, **58**: 1785-1799, (1980).

- [87] DeSmet, H., and Blust, R. "Stress Responses and Changes in Protein Metabolism in Carp *Cyprinus carpio* during Cadmium Exposure", *Ecotoxicol. Environ. Safe*, **48(3)**: 255-262, (2001).
- [88] Zikic, R.W., Stajn, S.V., Pavlovic, B.I., Ognjanovic, Z. and Saicic, Z.S. "Activities of Superoxide Dismutase and Catalase in Erythrocytes and Plasma Transaminases of Goldfish (*Carassius auratus gibelio* Bloch) Exposed to Cadmium", *Physiol. Res.* **50**: 105-111, (2001).
- [89] Sokal, R. R. and F. J. Rohlf. "Biometry: the Principles and Practice of Statistics in Biological Research", 3rd edition. W. H. Freeman and Co., New York, 887s, (1995).
- [90] Noel-Lambot, F., Gerday, C.H., and Disteché, A. "Distribution of Cd, Zn and Cu in Liandr and Gills of the Eel *Anguilla anguilla* with Special Reference to Metallothioneins", *Comp.Biochem. Physiol. C*, **61(2)**: 177-187, (1978).
- [91] Norgreen, L. K., Ruan, P., Haux, C. and Frolin, L. "Cadmium Induced Changes in Gill Morphology of Zebra Fish *Brachydanio rerio* (Hamilton-Buchanan) and Rainbow trout *Salmo gairdneri* (Richardson)", *J. Fish. Biol.* **27**: 81-95, (1985).
- [92] Norey, C.G., Brown, W.M., Cryer, A. and Kay, J. "A Comparison of the Accumulation, Tissue Distribution and Secretion of Cadmium in Different Species of Freshwater Fish", *Comp. Biochem. Physiol. C*, **96(1)**: 181-184, (1990).
- [93] Cousins, R.J. "Absorbtion, Transport and Hepatic Metabolism of Copper and Zinc: Special Reference to Metallothionein and Ceruloplasmin", *Physiological Reviews*, **65(2)**: 238-309, (1985).
- [94] Cicik, B. ve Erdem, C. "*Tilapia nilotica*'da Bakırın Karaciğer and Kas Dokularındaki Nicel Protein Değişimlerine Etkileri", *Biyokimya Dergisi*, **7(1)**: 51-64, (1992).
- [95] Collvin, L. "Uptake of Copper on Growth and Starvation in Perch, *Perca fluviatilis*", *Ecological Bulletins*, **36**: 57-61, (1984).

- [96] Kargin, F. “Bakırın *Cyprinus carpio* ve *Tilapia nilotica*'da Doku and Organlardaki Birikimi ile Mortalite Üzerine Etkisi”, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Doktora Tezi. Eylül-Adana, 68s, (1990).
- [97] Sağlamtimur, B., Cicik., B. and Erdem, C. “Effects of Different Concentrations of Copper + Cadmium Mixture on the Accumulation of Copper in the Gill, Liandr, Kidney and Muscle Tissues of *Oerochromis niloticus* (L.)”, Türk. J. Andt. Anim. Sci. **27**: 813-820, (2003).
- [98] Kalay, M. “*Tilapia nilotica*'da Bakırın Karaciğer, Solungaç, Kas, Böbrek, Beyin ve Kan Dokularındaki Birikimi ve Bazı Kan Parametreleri Üzerine Etkisi”, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 65s, (1992).
- [99] Hongstrand, C., Lithener, G. and Haux, C. “The İmportance of Metallothionein for the Accumulation of Copper, Zinc and Cadmium in Environmentally Exposed Perch *Perca fluviatilis*”, Pharmacol. Toxicol., **68 (6)**: 492-502, (1990).
- [100] Thophon, S. Kruatrachue, M., Upatham, E., S., Pokethitiyook, P., Sahaphong, S. and Jaritkhuan, S. “Histopathological Alterations of White Seabass, *Lates calcarifer*, in Acute and Subchronic Cadmium Exposure”, Environmental Pollution, **121**: 307-320, (2003).
- [101] Roberts, K.S., Cryer, A., Kay, J., Solbe, J.F.D.G., Wharfe, J.R., and Simpson, W.R.. “The Effects of Exposure to Sublethal Concentrations of Cadmium on Enzyme Activities and Accumulation of the Metal in Tissues and Organs of Rainbow and Brown Trout (*Salmo gairdneri*, Richardson and *Salmo trutta* L.)”, Comp. Biochem. Physiol., **62C**: 135-140, (1979).
- [102] Haesloop, U. and Schirmer, M. “Accumulation of Orally Administered Cadmium by the Eel (*Anguilla anguilla*)”, Chemosphere, **14**: 1627-1634, (1985).
- [103] Sjöbeck, M.L., Haux, C., Larsson, A and Lithner, G. “Biochemical and Hematological Studies on Perch *Perca fluviatilis* from the Cadmium Contaminated Riandr Eman”, Ecotoxicol. Environ. Safe., **8(3)**: 303-312, (1984).

- [104] Ruparelia, S.G., Andrma, Y., Saiyed, S.R. and Rawal, U.M. "Effects of Cadmium on Blood of Tilapia, *Oerochromis mossambicus* (L)", Bull. Envr. Cont. Tox., **45**: 305-312, (1990).
- [105] Cherian, M.G., and Goyer, R.A. "Metallothioneins and Their Role in the Metabolism and Toxicity of Metals", Life Sciences, **23**: 1-10, (1978).
- [106] Tort, L. and Torres, P. "The Effects of Sublethal Concentrations of Cadmium on Haematological Parameters in the Dog Fish", Biol., **32**: 277-282, (1988).
- [107] Sastry, K.V., Sachdeva, S., and Rathee, P. "Chronic Toxic Effects of Cadmium and Copper and their Combination on some Enzymological and Biochemical Parameters in *Channa punctatus*", J. Environ. Biol., **18**, 291-303, (1997).
- [108] Wandelaar-Bonga, S.E. "The Stres Response in Fish", Physiol. Rev., **77**: 591-625, (1997).

ÖZGEÇMİŞ

25 Eylül 1974 yılında Osmaniye’de doğdum. Lise öğrenimimi 1991 yılında Şanlıurfa Endüstri Meslek Lisesi Elektronik Bölümünden mezun olarak tamamladım. 1992-1994 yıllarında Gaziantep Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu Kontrol Sistemleri Teknolojisi Bölümünden “Tekniker” ünvanı ile mezun oldum. 1995 yılında Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi’nde lisanas eğitimime başladım ve 1999 yılında mezun olarak “Su Ürünleri Mühendisi” ünvanı aldım. 2000 yılında ME.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladım. Yüksek Lisans eğitimi içerisinde ME.Ü. Yabancı Diller Bölümü’nde yabancı dil hazırlık sınıfını (İngilizce) başarıyla tamamladım. 2004 yılı Temmuz ayında ME.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Ana Bilim Dalı’na Araştırma Görevlisi olarak atandım. Halen ME.Ü. Su Ürünleri Fakültesi’nde araştırma görevlisi olarak görevime devam etmekteyim.