

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Sezen ÖZÇELİK

**FARKLI KALSİYUM DERİŞİMLERİNDE CIVA, ÇİNKO,
KROM VE NİKEL ETKİSİNDE KALAN BALIKLARDA
(*Oreochromis niloticus*) BAZI SERUM DEĞERLERİ VE BESİN
KALİTELERİNİN İNCELENMESİ**

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ADANA-2018

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI KALSİYUM DERİŞİMLERİNDE CIVA, ÇİNKO, KROM VE
NİKEL ETKİSİNDE KALAN BALIKLARDA (*Oreochromis niloticus*) BAZI
SERUM DEĞERLERİ VE BESİN KALİTELERİNİN İNCELENMESİ**

Sezen ÖZÇELİK

DOKTORA TEZİ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 23 / 02 /2018 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri tarafından Oy Birliği / Oy Çokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Mustafa CANLI
DANIŞMAN

.....
Prof.Dr. İskender EMRE
ÜYE

.....
Prof.Dr. Fatma ÇEVİK
ÜYE

.....
Prof. Dr. Ahmet KAYRALDIZ
ÜYE

.....
Doç. Dr. Mustafa COŞKUN
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Biyoloji Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof.Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

Bu Çalışma Ç.Ü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: FEF2013D21

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir

ÖZ

DOKTORA TEZİ

FARKLI KALSİYUM DERİŞİMLERİNDE CIVA, ÇİNKO, KROM VE NİKEL ETKİSİNDE KALAN BALIKLARDA (*Oreochromis niloticus*) BAZI SERUM DEĞERLERİ VE BESİN KALİTESİNİN İNCELENMESİ

Sezen ÖZÇELİK

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Mustafa CANLI
Yıl: 2018, Sayfa: 111
Jüri : Prof. Dr. Mustafa CANLI
: Prof.Dr. İskender EMRE
: Prof.Dr. Fatma ÇEVİK
: Prof. Dr. Ahmet KAYRALDIZ
: Doç. Dr. Mustafa COŞKUN

Bu çalışmada, tatlı su balığı *Oreochromis niloticus* farklı derişimlerde kalsiyum (Ca^{+2}) içeren sularda (30, 60 ve 120 mg Ca^{+2} /L) krom (Cr^{+6}), nikel (Ni^{+2}), çinko (Zn^{+2}) ve cıva (Hg^{+2}) etkisine akut (3 gün) ve kronik (30 gün) olarak bırakılmıştır. Akut deneylerde Cr^{+6} , Ni^{+2} ve Zn^{+2} için 30 μM derişim, Hg^{+2} için ise 0.3 μM derişim kullanılırken, kronik deneylerde Cr^{+6} , Ni^{+2} ve Zn^{+2} için 10 μM derişim, Hg^{+2} için 0.03 μM derişim kullanıldı. Deneyler sonunda *O. niloticus*'un serumunda 11 biyokimyasal parametre ve kas dokusunda besin kalitesi değerleri incelenmiştir. Akut ve kronik deneylerde hiçbir metal ve sertlik düzeylerinde balık mortalitesi görülmemiştir. Veriler serumda glikoz, kolesterol, trigiliserit, üre, protein, ALT, AST, Na^{+} , K^{+} , Ca^{+2} ve Cl^{-} düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı değişimlerin olduğunu göstermiştir. Ancak bu değişimler kronik süreçlerde akut sürece oranla çok daha fazla olmuştur. Kas dokusu besin kalitesi değerleri incelendiğinde toplam protein, lipit ve ham kül düzeylerinde her iki süreçte te de anlamlı değişimler olduğu görülmüştür. Fakat kas dokusunun su içeriklerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Kas dokularında fazla değişim lipit ve ham kül düzeylerinde olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Metal, *Oreochromis niloticus*, Serum Değeri, Besin Kalitesi

ABSTRACT

PhD THESIS

INVESTIGATION in SOME SERUM VALUES and FOOD QUALITIES of FRESHWATER FISH (*Oreochromis niloticus*) EXPOSED to CHROMIUM, MERCURY, NICKEL AND ZINC in DIFFERING CALCIUM CONCENTRATIONS

Sezen ÖZÇELİK

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF MOLECULAR BIOLOGY

Supervisor : Prof. Dr. Mustafa CANLI
Year: 2018, Pages: 111
Jury : Prof. Dr. Mustafa CANLI
: Prof.Dr. İskender EMRE
: Prof.Dr. Fatma ÇEVİK
: Prof. Dr. Ahmet KAYRALDIZ
: Doç. Dr. Mustafa COŞKUN

Freshwater fish *Oreochromis niloticus* were exposed to chromium (Cr^{+6}), nickel (Ni^{+2}), zinc (Zn^{+2}) and mercury (Hg^{+2}) in waters with different calcium (Ca^{+2}) concentrations (30, 60 and 120 mg Ca^{+2} /L in acute (3 days) and chronic (30 days) durations. In acute experiments, 30 μM concentration of Cr^{+6} , Ni^{+2} and Zn^{+2} , and 0.3 μM concentration of Hg^{+2} were used, but metal concentration was 0.03 μM for Hg^{+2} while it was 10 μM for Cr^{+6} , Ni^{+2} and Zn^{+2} in chronic experiments. After experimental durations, 11 biochemical parameters in the serum and food qualities in the muscle of *O. niloticus* were investigated. In acute and chronic experiments, no fish mortality was observed in all metal and hardness levels. Data showed that there were significant alterations in the levels of glucose cholesterol, triglyceride, blood urea nitrogen, protein, ALT, AST, Na^+ , K^+ , Ca^{+2} ve Cl^- in the serum. However, these alterations occurred much more in chronic durations comparing to the acute ones. Data also showed that there were significant variations in food quality of muscle tissue in both duration, as total protein, lipid and raw ash levels changed significantly. However, there was no significant alteration in water content of muscle tissue. Most of alterations were observed in lipid and raw ash levels of muscle tissue

Keywords: Metal, *Oreochromis niloticus*, Serum Data, Food Quality

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Endüstriyel ilerlemeler sonucu sucul çevrenin ağır metaller tarafından kirletildiği iyi bilinen bir gerçektir. Bu kirlenme nedeniyle metaller besin zincirine girmekte ve insana kadar taşınmaktadır. Çeşitli yollarla (su ve besin) vücuda giren ağır metaller organizmalarda birikerek tüm yaşamsal olaylara zarar verebilmektedir. Yapılan araştırmalar ağır metallerin sucul organizmaların biyolojik özelliklerini bozabildiğini, hatta ölümlerine neden olabildiklerini göstermiştir. Ayrıca dokularda birikme özellikleri olması nedeniyle, besin zinciri yoluyla insana kadar ulaşp, insanlarda da ciddi sağlık sorunlarına yol açabildikleri görülmüştür (Heath, 1987). Su ortamında metallerin bulunması, balıklarda birçok fizyolojik ve biyokimyasal değişiklikleri meydana getirebilmektedir (Heath, 1987; Canlı, 1995). Balıklarda metallerin dokulardaki birikimi üzerine suyun bir çok fiziksel ve kimyasal parametresi (tuzluluk, sıcaklık, pH, sertlik, organik madde v.b.) etki ederken, etkilenme süreçleri, metal derişimi ve balığın özgün biyolojisi de önemli roller oynamaktadır (Baykan ve ark., 2007; Atlı ve Canlı, 2008; Kanak ve ark., 2014; Canlı ve Canlı, 2015).

Su sertliği sudaki kalsiyumun iyonlarının ağırlıklı olarak rol oynadığı ve metal alınımını ve toksisiteyi doğrudan etkileyen kimyasal bir faktördür. Yapılan çalışmalar, ağır metallerin yumuşak sularda sert suya oranla çok daha fazla toksik etki gösterdiğini vurgulamıştır. Bunun temel nedeni, metallerin yumuşak sularda daha fazla çözünür olması ve metallerin sudaki iyonlarla daha az etkileşim içerisinde olması nedeniyle canlı doku ile daha fazla temas etme şansının olmasıdır. Sert sularda alım miktarı daha az olacağından toksisite de daha az görülmektedir (Sağlam ve ark., 2013; Canlı ve Canlı, 2015). Buna rağmen, balık biyolojisi, etkide kalma süre ve derişimi de bu etkilenmede önemli roller oynamaktadır (Heath, 1987).

Bu çalışmanın amacı, tatlı su balığı *Oreochromis niloticus*'un kas dokusunda besin kalitesinin belirlenmesi ve serumunda bazı biyokimyasal

parametrelerin metal etkisine verdikleri tepkilerin belirlenmesidir. Bu amaç için, çevresel etkide biyobelirteç olarak kullanılabilen serum biyokimyasal parametreleri (glikoz, kolesterol, üre, trigliserit, ALT, AST, Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Cl^-) ve kas dokusu besin kalitesi (toplam protein, lipit, ham kül ve nem) ölçülmüştür. Bu çalışmada, *O. niloticus* farklı düzeylerde kalsiyum (Ca^{+2}) içeren sulara (30, 60 ve 120 mg Ca^{+2} /L; toplam sertlik değerleri sırasıyla 94, 185 ve 365 mg CaCO_3 /L) krom (Cr^{+6}), nikel (Ni^{+2}), çinko (Zn^{+2}) ve cıva (Hg^{+2}) etkisine akut (3 gün) ve kronik (30 gün) olarak bırakıldı. Akut deneylerde Cr^{+6} , Ni^{+2} ve Zn^{+2} için 30 μM derişim, Hg^{+2} için ise 0.3 μM derişim kullanılırken, kronik deneylerde Cr^{+6} , Ni^{+2} ve Zn^{+2} için 10 μM derişim, Hg^{+2} için 0.03 μM derişim kullanıldı. Deneyler sonunda *O. niloticus*'un serumunda 11 biyokimyasal parametre ve kas dokusunda besin kalitesi (toplam protein, lipit, ham kül, nem) değerleri incelendi.

Deney süreçleri sonunda hiçbir metal ve sertlik düzeylerinde balık mortalitesi görülmedi. Veriler serumda glikoz, kolesterol, trigliserit, üre, protein, ALT, AST, Na^+ , K^+ , Ca^{+2} ve Cl^- düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı değişimlerin olduğunu göstermiştir ($P<0.05$). Ancak bu değişimler kronik süreçlerde akut sürece göre çok daha fazla olmuştur. Akut süreçte en az etki gösteren metal Zn^{+2} olurken, en fazla Cr^{+6} etki göstermiş olup, bunu cıva izlemiştir. Akut süreçte biyokimyasal parametrelerden ALT, AST, kolesterol, glikoz ve trigliserit etkilenmiştir. Kalsiyum düzeyi düşünüldüğünde, biyokimyasal parametrelerde en fazla değişiklik en düşük kalsiyum düzeyinde olurken, orta ve yüksek düzeylerde kalsiyum içeren sulara bu etki benzer olmuştur. Kronik süreçte, Ca^{+2} , Cl^- ve toplam protein düzeyleri dışında diğer parametreler birçok durumda anlamlı değişimler göstermiştir. Kronik süreçte bütün metallerin farklı biyokimyasal parametreler üzerine etkili olup, Cr^{+6} , Zn^{+2} , Hg^{+2} ve Ni^{+2} yaklaşık olarak eşit sayıda önemli değişimlere neden olmuştur. Kalsiyum düzeyi düşünüldüğünde, akut süreçte olduğu gibi biyokimyasal parametrelerde en fazla değişiklik en düşük kalsiyum düzeyinde olurken, orta ve yüksek düzeylerde kalsiyum içeren sulara bu etki benzer olmuştur.

Besin kalitesi değerleri incelendiğinde, kas dokusunun su içerikleri dışında, toplam protein, lipit ve ham kül düzeylerinde de anlamlı değişimler olduğu görülmüştür ($P<0.05$). Bu değişimler hem akut, hem de kronik süreçlerde eşit oranlarda görülmüştür. Akut süreçte en az etki gösteren metal Cr^{+6} olurken en fazla etki Hg^{+2} etkisinde görülmüştür. Akut süreçte besin kalite parametrelerinden en fazla lipit düzeyleri değişirken, toplam protein ve ham kül düzeyleri aynı düzeylerde değişmiştir. Kronik süreçte, kas dokusu su içeriği gibi toplam protein düzeyleri de anlamlı bir değişiklik göstermemiştir ($P>0.05$). Ancak, lipit düzeyleri akut süreçte olduğu gibi kronik süreçte de en fazla değişim gözlenen parametre olmuştur. En düşük kalsiyum içeren ortamlarda bütün metaller kas dokusu lipit düzeyini çok fazla miktarda (% 241 e kadar) artırmışlardır. Akut sürecin aksine, kronik süreçte metallerin besin kalite değerleri üzerine etkileri benzer oranlarda olmuştur.

Bu çalışmanın sonuçları ile metallerin (Cr^{+6} , Hg^{+2} ve Ni^{+2} , Zn^{+2}) *O. nioticus*'un serum biyokimyasal parametreleri ve kas dokusu besin kalitesi değerleri üzerine etkileri gösterilmiş olup, bu etkilenmede metal cinsinin, suyun kalsiyum derişiminin ve etkide kalma süresinin etkili olduğu gösterilmiştir. Bu alışma tatlı su balıklarında evre toksikoloji ve besin kalitesi analizi çalışmalarında suyun kalsiyum düzeyinin veya sertlik düzeylerinin de dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır.



TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesinde, yürütülmesinde, laboratuvar uygulamalarında, yazımında bilgi ve yardımını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa CANLI'ya; projenin laboratuvar uygulamalarında desteğini esirgemeyen hocalarım Sayın Prof.Dr. Fatih ÖZOĞUL ve Prof. Dr. Yeşim ÖZOĞUL' a ve Sayın Dr. Mustafa DURMUŞ'a ve tez yazım aşamasında bilgisi ve yardımlarıyla hep yanımda olan Prof. Dr. Fatma ÇEVİK' e ve doktora dönemim boyunca hep yanımda olan ve yardımcı olan arkadaşlarım Arş. Gör. Ali EROĞLU ve Biyolog Zehra DOĞAN ANIT'a teşekkür ederim.

Aynı zamanda öğretim hayatım boyunca ve proje süresince her türlü maddi ve manevi desteği esirgemeyen babam Sayın Prof. Dr. Bekir ÖZÇELİK' e, annem Nesrin ÖZÇELİK' e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR	XXII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Krom.....	4
1.2. Nikel	5
1.3. Çinko	6
1.4. Cıva	7
1.5. Analiz Edilen Parametreler.....	8
1.5.1. ALT (Alanin Transaminaz, EC 2.6.1.2)	8
1.5.2. AST (Aspartat Tansaminaz, EC 2.6.1.1).....	9
1.5.3. Glikoz	9
1.5.4. Toplam Protein	10
1.5.5. Trigliserit	10
1.5.6. Üre	11
1.5.7. Kolesterol	11
1.5.8. Kalsiyum.....	12
1.5.9. Sodyum-Potasyum-Klor	12
1.6. Su Sertliği ve Metal Toksisitesine Etkiler	13
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	15
3. MATERYAL METOD.....	23
3.1. Kullanılan Kimyasal Malzemeler.....	23

3.1.1. Metaller.....	23
3.1.2. Biyokimyasal Analizler için Kullanılan Kimyasal Malzemeler	23
3.1.2.1. ALT Reaktif Bileşimi	23
3.1.2.2. AST Reaktif Bileşimi	24
3.1.2.3. Glikoz Reaktif Bileşimi	24
3.1.2.4. Protein Reaktif Bileşimi	24
3.1.2.5. Üre Reaktif Bileşimi	25
3.1.2.6. Kolesterol Reaktif Bileşimi	25
3.1.2.7. Trigliserit Reaktif Bileşimi	25
3.1.2.8. Elektrolit (Na ⁺ , K ⁺ , Cl ⁻) İyon Reaktif Bileşimi	26
3.1.3. Kalsiyum ve Sertlik Tayininde Kullanılan Kimyasallar.....	26
3.1.4. Kullanılan Aletler	26
3.2. Kullanılan Balık Materyali	27
3.3. Metod.....	28
3.3.1. ALT Analiz Prensibi.....	30
3.3.2. AST Analiz Prensibi.....	30
3.3.3. Glikoz Analiz Prensibi.....	31
3.3.4. Protein Analiz Prensibi	31
3.3.5. Trigliserit Analiz Prensibi	31
3.3.6. Üre Analiz Prensibi	32
3.3.7. Kolesterol Analiz Prensibi.....	32
3.3.8. Kalsiyum Analiz Prensibi.....	32
3.3.9. Sodyum-Potasyum-Klor Analiz Prensibi	32
3.3.10. Besin Değerleri Analizi	33
3.3.10.1. Toplam Ham Protein Analizi.....	33
3.3.10.2. Lipit Analizi.....	33
3.3.10.3. Ham Kül Analizi.....	34
3.3.10.4. Nem Analizi.....	35
3.3.11. Kalsiyum ve Sertlik Tayini.....	35

3.3.11.1. EDTA Metoduyla Su Sertliğinin Belirlenmesi.....	35
3.3.11.2. Kalsiyum Sertliği ve Toplam Sertliğin Hesaplanması.....	37
3.3.11.3. Kullanılan Metallerin Derişimlerinin Hesaplanması	37
3.2.12. İstatistik	37
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	39
4.1. Bulgular	39
4.1.1. Serum Biyokimyasal Değerleri ve Besin Kalitesi Parametreleri.....	39
4.1.1.1. Akut Krom Etkisi	39
4.1.1.2. Akut Nikel Etkisi	45
4.1.1.3. Akut Çinko Etkisi	51
4.1.1.4. Akut Cıva Etkisi	56
4.1.1.5. Kronik Krom Etkisi	61
4.1.1.6. Kronik Nikel Etkisi.....	67
4.1.1.7. Kronik Çinko Etkisi.....	73
4.1.1.8. Kronik Cıva Etkisi	79
4.2. Tartışma.....	89
4.2.1 Serum biyokimyasal parametreleri	89
4.2.2 Besinsel kompozisyon parametreleri.....	92
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	95
5.1. Sonuçlar.....	95
KAYNAKLAR.....	97
ÖZGEÇMİŞ.....	111



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 4.1.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda akut kontrol grubundaki <i>O. niloticus</i> ' un besin değerleri	44
Çizelge 4.2.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda akut Cr^{+6} etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un besin değerleri	45
Çizelge 4.3.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda akut Ni^{+2} etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un besin değerleri	50
Çizelge 4.4.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda akut Zn^{+2} etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un besin değerleri	56
Çizelge 4.5.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda akut Hg^{+2} etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un besin değerleri	61
Çizelge 4.6.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda kronik kontrol grubundaki <i>O. niloticus</i> ' un besin değerleri	66
Çizelge 4.7.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda kronik Cr^{+6} etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un besin değerleri	67
Çizelge 4.8.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda kronik Ni^{+2} etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un besin değerleri	73
Çizelge 4.9.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda kronik Zn^{+2} etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un besin değerleri	79
Çizelge 4.10.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki i sularda kronik Hg^{+2} etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un besin değerleri	84
Çizelge 4.11.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda akut (3 gün) sürede metal etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un enzim ve serum parametrelerindeki % değişimleri	84
Çizelge 4.12.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda akut (3 gün) sürede metal etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un enzim ve serum parametrelerindeki % değişimleri	90

Çizelge 4.13. 30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede (30 gün) metal etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un besin değerleri (%).....	91
Çizelge 4.14. 30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede (30 gün) metal etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un besin değerleri (%).....	92



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil.3.1.	<i>Oreochromis niloticus</i>	27
Şekil 4.1.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede (3 gün) Cr ⁺⁶ (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum ALT değerleri	40
Şekil 4.2.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede (3 gün) Cr ⁺⁶ (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum AST değerleri	40
Şekil 4.3.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede (3 gün) Cr ⁺⁶ (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum glikoz değerleri	41
Şekil 4.4.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede (3 gün) Cr ⁺⁶ (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum toplam protein değerleri.....	41
Şekil 4.5.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede (3 gün) Cr ⁺⁶ (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum trigiliserid değerleri.....	42
Şekil 4.6.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede (3 gün) Cr ⁺⁶ (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum kolestrol değerleri	42
Şekil 4.7.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede (3 gün) Cr ⁺⁶ (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum Ca ⁺ değerleri	43
Şekil 4.8.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede (3 gün) Cr ⁺⁶ (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum Na ⁺ değerleri	43

Şekil 4.9.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sulara akut sürede (3 gün) Cr ⁺⁶ (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum K ⁺ değerleri	44
Şekil 4.10.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sulara akut sürede Ni ⁺² (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum ALT değerleri	46
Şekil 4.11.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sulara akut sürede Ni ⁺² (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum AST değerleri.....	46
Şekil 4.12.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sulara akut sürede Ni ⁺² (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum glikoz değerleri.	47
Şekil 4.13.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sulara akut sürede Ni ⁺² (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum toplam protein değerleri	47
Şekil 4.14.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sulara akut sürede Ni ⁺² (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum trigiliserid değerleri	48
Şekil 4.15.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sulara akut sürede Ni ⁺² (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum kolestrol değerleri	48
Şekil 4.16.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sulara akut sürede Ni ⁺² (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum Ca ⁺ değerleri	49
Şekil 4.17.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sulara akut sürede Ni ⁺² (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum Na ⁺ değerleri	49
Şekil 4.18.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sulara akut sürede Ni ⁺² (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum K ⁺ değerleri.....	50
Şekil 4.19.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sulara akut sürede Zn ⁺² (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum ALT değerleri	51
Şekil 4.20.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sulara akut sürede Zn ⁺² (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum AST değerleri.....	52

Şekil 4.21.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede Zn ⁺² (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum glikoz değerleri.	52
Şekil 4.22.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede Zn ⁺² (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum toplam protein değerleri	53
Şekil 4.23.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede Zn ⁺² (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum trigiliserid değerleri	53
Şekil 4.24.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede Zn ⁺² (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum kolestrol değerleri	54
Şekil 4.25.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede Zn ⁺² (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum Ca ⁺ değerleri	54
Şekil 4.26.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede Zn ⁺² (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum Na ⁺ değerleri.	55
Şekil 4.27.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede Zn ⁺² (30 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum K ⁺ değerleri	55
Şekil 4.28.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede Hg ⁺² (0,3 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum ALT değerleri	56
Şekil 4.29.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede Hg ⁺² (0,3 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum AST değerleri.....	57
Şekil 4.30.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede Hg ⁺² (0,3 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum glikoz değerleri	57
Şekil 4.31.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede Hg ⁺² (0,3 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum toplam protein değerleri	58
Şekil 4.32.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda akut sürede Hg ⁺² (0,3 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum trigiliserid değerleri	58

Şekil 4.33.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda akut sürede Hg^{+2} (0,3 μM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum kolestrol değerleri	59
Şekil 4.34.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda akut sürede Hg^{+2} (0,3 μM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum Ca^{+} değerleri	59
Şekil 4.35.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda akut sürede Hg^{+2} (0,3 μM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum Na^{+} değerleri	60
Şekil 4.36.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda akut sürede Hg^{+2} (0,3 μM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum K^{+} değerleri	60
Şekil 4.37.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr^{+6} (10 μM) kronik Cr^{+6} etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum ALT değerleri	61
Şekil 4.38.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr^{+6} (10 μM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum AST değerleri	62
Şekil 4.39.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr^{+6} (10 μM) kronik Cr^{+6} etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum glikoz değerleri	62
Şekil 4.40.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr^{+6} (10 μM) kronik Cr^{+6} etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum total protein değerleri	63
Şekil 4.41.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr^{+6} (10 μM) kronik Cr^{+6} etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum trigiliserid değerleri	63
Şekil 4.42.	30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr^{+6} (10 μM) kronik Cr^{+6} etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum kolestrol değerleri	64

Şekil 4.43.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr ⁺⁶ (10 µM) kronik Cr ⁺⁶ etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum Ca ⁺ değerleri.....	64
Şekil 4.44.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr ⁺⁶ (10 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum Na ⁺ değerleri	65
Şekil 4. 45.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr ⁺⁶ (10 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum K ⁺ değerleri.	65
Şekil 4.46.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr ⁺⁶ (10 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum Cl ⁻ değerleri	66
Şekil 4.47.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni ⁺² (10 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum ALT değerleri.	68
Şekil 4.48.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni ⁺² (10 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum AST değerleri.	68
Şekil 4.49.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni ⁺² (10 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum glikoz değerleri	69
Şekil 4.50.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni ⁺² (10 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum toplam protein değerleri.....	69
Şekil 4.51.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni ⁺² (10 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum trigliserid değerleri.....	70

Şekil 4.52.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni ⁺² (10 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum kolestrol değerleri.	70
Şekil 4.53.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni ⁺² (10 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum Ca ⁺ değerleri.	71
Şekil 4.54.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni ⁺² (10 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum Na ⁺ değerleri.	71
Şekil 4.55.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni ⁺² (10 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum K ⁺ değerleri	72
Şekil 4.56.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni ⁺² (10 µM) etkisinde kalan <i>O. niloticus</i> ' un serum Cl ⁻ değerleri	72
Şekil 4.57.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn ⁺² (10 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum ALT değerleri	73
Şekil 4.58.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn ⁺² (10 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum AST değerleri.	74
Şekil 4.59.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn ⁺² (10 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum glikoz değerleri	74
Şekil 4.60.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn ⁺² (10 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum total protein değerleri	75

Şekil 4.61.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn ⁺² (10 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum trigliserid değerleri	75
Şekil 4.62.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn ⁺² (10 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum kolestrol değerleri	76
Şekil 4.63.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn ⁺² (10 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum Ca ⁺ değerleri	76
Şekil 4.64.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn ⁺² (10 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum Na ⁺ değerleri	77
Şekil 4.65.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn ⁺² (10 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum K ⁺ değerleri	77
Şekil 4.66.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn ⁺² (10 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum Cl ⁻ değerleri	78
Şekil 4.67.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg ⁺² (0,03 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum ALT değerleri	79
Şekil 4.68.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg ⁺² (0,03 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum AST değerleri	80
Şekil 4.69.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg ⁺² (0,03 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum glikoz değerleri	80
Şekil 4.70.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg ⁺² (0,03 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum toplam protein değerleri	81

Şekil 4.71.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg ⁺² (0,03 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum trigliserid değerleri	81
Şekil 4.72.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg ⁺² (0,03 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum kolestrol değerleri	82
Şekil 4.73.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg ⁺² (0,03 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum Ca ⁺ değerleri	82
Şekil 4.74.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg ⁺² (0,03 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum Na ⁺ değerleri.	83
Şekil 4.75.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg ⁺² (0,03 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum K ⁺ değerleri	83
Şekil 4.76.	30, 60, 120 mg Ca ⁺² /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg ⁺² (0,03 µM) etkisinde <i>O. niloticus</i> ' un serum Cl ⁻ değerleri	84

SİMGELER VE KISALTMALAR

µg	: Mikro gram
ml	: Mililitre
°C	: Santigrat derece
ppt	: g çözünen / kg veya litre çözelti
ppm	: mg çözünen / kg veya litre çözelti
µM	: Mikro molar
g	: Gram
µmol	: Mikro/mol
mg	: Miligram
sa	: Saat
AST	: Aspartat Transaminaz
ALT	: Alanin Transaminaz
LDH	: Laktat Dehidrojenaz
Cr	: Krom
Ni	: Nikel
Zn	: Çinko
Hg	: Civa
Na	: Sodyum
Cl	: Klor
Ca	: Kalsiyum
K	: Potasyum



1. GİRİŞ

Son yıllardaki hızlı nüfus artışı, enerji ve besin yetersizliği, düzensiz kentleşme, insanların aşırı tüketim isteği ve hızla gelişen teknolojik ilerlemeler, çevre kirliliği sorununun belirgin hale gelmesine yol açmıştır. Çevre kirliliğinin artmasına ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olan en önemli faktörlerden biri de ağır metal içeren endüstriyel atık sularıdır. İşlem süreçleri gereği çeşitli ağır metalleri kullanan endüstriyel kuruluşların atıklarında; civa, çinko, kobalt, bakır, demir, kurşun, krom, arsenik ve gümüş gibi metal iyonları bulunmaktadır (Cihangir ve Sağlam, 1997). Besin zincirindeki canlılardan herhangi biri kirlenmelerden dolayı zarar görürse, canlılar arasındaki karşılıklı etkileşim bozulur ve zincirin farklı basamaklarında bulunan diğer canlı grupları arasındaki besin ve enerji akışı da bozulabilmektedir. Yüzey sularında görülen aşırı kirlilik, içme sularıyla veya kontamine olmuş sucul canlıların tüketilmesiyle insan sağlığı üzerinde de olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Silbergeld ve ark, 2005; Dorea, 2006; Verger ve ark, 2007). Balıklar suda bulunan ağır metallerle etkileşim içerisinde olduklarından dolayı ağır metallerin zararlı etkilerine en fazla maruz kalan canlı gruplarıdır. Ağır metaller balık biyokimyasında ve fizyolojisinde önemli değişimlere sebep olduğundan işleyiş mekanizmalarını bozabilmektedir. Normal şartlarda ağır metallerin doğal sucul ortamlardaki düzeyi düşük miktardadır. Metallerin sudaki derişimleri artar ise sucul canlılar üzerinde toksik etki yapmakta ve enzimler de dâhil birçok metabolik olayları bozabilmektedirler. Vücuda alınan metallerin toksik etkileri, depolama ve detoksifikasyon mekanizmalarının alınan metalin zararlı etkilerini gidermede yeterli olmadıkları durumlarda ortaya çıkmaktadır. Metallerin toksik etkilerinin derecesi metalin tipine, etki mekanizmasına, suyun sertliğine, alkalinitesine ve pH'sına, organik karbon miktarına, yükseltgenme-indirgenme durumuna ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir (Atlı ve Canlı, 2007, 2011; Ezemonye ve ark., 2008; Carvalho ve Fernandes, 2006; Gillis ve ark., 2008). Metallerin sudaki derişimleri, etki süreleri, tuzluluk, sıcaklık, pH ve sertlik gibi

çevresel faktörler aynı zamanda dokulardaki metal birikiminde de etkin bir rol oynamaktadır (Heath, 1987; Canlı ve Atlı, 2003; Baykan ve ark., 2007; Atlı ve Canlı, 2008) .

Sertlik, balık fizyolojisini ve metal toksisitesini etkilediği için su kimyasında en önemli faktörlerden biridir. Yapılan çalışmalar metal etkilerinin farklı su sertliklerinde değişiklik olabileceğini ve balık fizyolojisinin osmoregülasyon sistemine verdiği tepkilerin farklı sertlik stresi altında hassas bir gösterge olabileceğini belirtmektedir (Sağlam ve ark., 2013).

Krom (Cr) bir iz element olmasına rağmen, çeşitli bileşikleri çevresel atık olarak salınmaktadır ve biyolojik sistemlerde toksik, mutajenik ve kanserojen etkiler göstermektedir (Parlak ve ark., 1999). Çevreye hem doğal olarak hem de insan kaynaklı olarak yayılan nikel (Ni) ve bakır (Cu) 'da bir iz elementtir. Ni toprakta, suda, havada ve biyosferde bulunur. Ortama yayılan Ni, diğer metallere göre daha hareketlidir. Hızlı bir şekilde birçok ligant ile kompleks oluşturabilir. Ni düşük konsantrasyonlarda organizmalar için yaşamsal öneme sahip olsa da, yüksek konsantrasyonlarda toksik etki göstermektedir (Magyarosy ve ark., 2002). Cu ise askorbik asit oksidaz, sitokrom oksidaz, süperoksit dismutaz gibi birçok enzimin prostetik grubu olup tüm ökaryotik hücrelerin solunumları için çok önemli bir elementtir. Buna karşılık kimyasal katalizör, boya, elektrik endüstrisi ve ahşap koruyucu yapımı gibi çeşitli alanlarda kullanılan Cu, sucul çevrelere ulaştığında yüksek düzeylere ulaşır canlılar için toksik özellik gösterebilmektedir (Heath, 1987).

Ağır metaller yumuşak suda sert suya göre daha kolay çözüneceğinden yumuşak suda sert suya göre daha toksik etki gösterir (Rathor ve Khangarot, 2003). Ca^{+2} ve Mg^{+2} doğal ortamlarda ağır metallerden daha fazla oranda bulunur. Suda Ca^{+2} derişiminin azalması metal iyonlarının solungaç membranlarından pasif geçişini arttırır. Dengenin sağlanması için Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının hücreye alınması gerekir, bu da metal iyonlarına karşı membran geçirgenliğini azaltır (Kim ve ark., 2001; Penttinen ve ark., 1998).

Balık kan serumu, balık metabolizmasındaki birçok biyokimyasal olayların durumu hakkında doyurucu bilgiler verebilir. Çevresel stres kaynağı olan ağır metallerin balık serumunda biyokimyasal parametreleri değiştirdiği gösterilmiştir (Öner ve ark., 2008). Balık serumunda enzimatik yanıtlar, metallerin türüne, derişimine ve etkide kalma süresine göre değişiklik göstermektedir. Alkalen-fosfataz (ALP), alanin-transaminaz (ALT) ve aspartat-transaminaz (AST) gibi serum enzimleri metal etkilerine maruz kalan balıkların sağlık durumunu anlayabilmek için kullanılan önemli serum göstergeleridir (O'Neill ve ark., 1998; Congleton JL ve ark., 2001; Pelgrom ve ark., 1995).

Metaller, sadece önemli bir ekosistem bileşeni olarak değil, aynı zamanda besin kaynağı olarak da tükettiğimiz balıklarda fizyolojik ve biyokimyasal mekanizmaların bütünlüğünü bozabilmektedir (Hogstrand ve ark., 1999; Basha ve Rani, 2003). Su ortamında kirleticilerin bulunması, çeşitli enzimlerin aktivitelerinde ve birçok fizyolojik ve biyokimyasal parametrede değişiklikler meydana getirdiğinden, balıklar için önemli bir sorun oluşturmaktadır (Arıyoshi ve ark., 1990). Balıklar ortamdaki ağır metali, besin, su ve vücut yüzeyinden absorbsiyon ile almaktadır (Simkiss ve Taylor, 1989; Viarengo, 1989). Balıklarda akut etki sonucu hasarın en çok görüldüğü organın solungaçlar olduğu düşünülmektedir (Olsvik ve ark., 2001).

Sucul ekosistemlerin yapısını ve toksikolojik olarak meydana gelen patolojiyi değerlendirmede kullanılan balıklar önemli biyoindikatörlerdendir. *O. niloticus*, Afrika kökenli bir balık türüdür. Kültür koşullarında bakımları ve üremelerinin kolay olması, besin maddelerini iyi değerlendirmeleri, kirliliğe ve birçok hastalığa karşı dirençli olmaları *O. niloticus*' u kültür balıkçılığında önemli bir noktaya getirmektedir (Erdem, 1990; Canlı ve Erdem, 1994; Kalay ve Karataş, 1999). Tatlı su kökenli olan bu tür değişik tuzluluklara ve sertliklere karşı gösterdikleri toleransla dikkat çekmektedir (Genç, 1996). Bundan ziyade, ağır metal toksisitesine karşı dirençlilikleri bu türün besin kaynağı olarak

kullanılmasında istenmeyen bir özelliktir, çünkü toksik metallerle kontamine olmuş balıkları tüketen insanların sağlıkları hedef olmaktadır.

1.1. Krom

Krom canlı vücudunda insulin hareketini sağlayarak su, karbonhidrat ve protein metabolizmasını etkilemekte olup doğada her yerde bulunan bir metaldir. Havada $> 0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve kirlenmemiş sucul ortamda ortalama olarak $1 \mu\text{g}/\text{L}$ bulunur. Günümüze bakacak olursak özellikle alaşım elementlerinden biri olarak kullanılmaktadır. Endüstrinin çoğu alanında kullanılan ağır metallerden biri olan kromun, kullanıldığı alanlar boya sanayi, deri sanayi, otomobil sanayi ve kaplama alanlarıdır. Bunların dışında krom diğer metallerle alaşım şeklinde olmaktadır ve tıp alanında ilaç sanayisinde ve mutfak araç-gereçleri vb gibi birçok alanda da yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Başta insan bünyesinde olmak üzere kromun tüm canlı yapılarındaki davranışı oksidasyon seviyesine ve oksidasyon seviyesinin kimyasal özelliklerine bağlıdır. Ayrıca krom bulunduğu ortamın da fiziksel yapısına göre değişiklik göstermektedir. Krom minerali olan kromit (FeCr_2O_4) ekonomik olarak işletilen tek mineraldir ve dünya bu gereksiminin yarısından fazlasını Güney Afrika, Kazakistan, Hindistan ve Türkiye gibi ülkeler tarafından karşılamaktadır.

Krom alınımı (tüm değerliklerde) günde yaklaşık olarak 30-200 μg 'dır ve bu miktarda alınan krom toksikolojik bir etkisi yaratmamaktadır. Bu miktar ise yetişkin bir insanın günlük krom ihtiyacını karşılamaktadır. Krom metali tıp alanında osteoporozla savaşta ve yaşlanmayı geciktirmede etkili olduğu gibi kas gelişimini de desteklediği bilinmektedir. İnsanların krom kullanımı ile kolesterol ve trigliserit gibi kan yağlarında azalış, şeker toleranslarında düzelmeler olduğu ayrıca görülmektedir. Dolayısıyla krom şeker hastalarında ise insülin ihtiyacını azaltmaktadır. Tüm bu olumlu etkilerinin dışında 6 değerlikli krom (Cr VI veya Cr^{+6}) yüksek oranda toksik etki yaratmaktadır. Krom metali doğal sularda farklı derişimlerde bulunmaktadır. Örneğin, tatlı sularda krom miktarı yirmi dört saatlik

periyotlarda temiz bölgelerde 0.29-21 µg/l aralığında (USEPA, 1980), kirlenmiş bölgelerde ise 500-1000 µg/l arasında ölçülmüştür (Wood ve ark., 2012).

Sucul canlılar ile yapılan toksisite çalışmaları, kromun tüm toksik etkilerini de gözler önüne sermektedir. Örneğin Atlı ve ark. (2006), bir antioksidan enzim etkisine sahip olan CAT'ın krom tarafından inhibe edildiğini ya da uyarı aktivitesinde büyük oranda düşüslere ya da artışlara sebep olduğunu bulmuşlardır. Bu etkilenme durumu sucul bir canlı olan *Oreochromis niloticus* dokularında değişiklikler olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca krom metalinin kan parametreleri üzerine de etkili olduğu sazan balığı *Cyprinus carpio*'da bulunmuştur (Canlı, 1995). Canlı, yaptığı çalışmada kromun hematokrit düzeyine bir etkisinin olmadığını buna karşın, serumda glikoz ve kolesterol düzeylerinin önemli oranlarda artış gösterdiğini vurgulamıştır. Ayrıca araştırmacı kromun sucul organizmalardaki etkisinin metalin derişimine ve dokuların yapısına göre değişiklik gösterdiğini belirtirken, metallerle beraber bulunan diğer maddelerin de antagonistik etkilerini de önemle vurgulamışlardır. Atlı ve ark. (2006) Cr⁺⁶'nın farklı derişimlerinin *in vitro* etkisi altındaki *O. niloticus* dokularında katalaz aktivitesini inhibe ettiğini, *in vivo* Cr⁺⁶ etkisi altında ise karaciğer dokusunda artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Buna karşın böbrek, solungaç ve bağırsak katalaz aktivitesinde ise azalış meydana geldiğini bildirmişlerdir. Yüksek krom konsantrasyonları sucul canlılarda özellikle ozmoregülasyonda önemli rol oynayan Na/K-ATPaz, Ca-ATPaz ve Mg-ATPaz enzimleri de etkilemektedir (Li ve ark., 2011; Baysoy ve ark., 2013).

1.2. Nikel

Bir minerolojist olan Axel Cronstedt (1751), nikel metalini gersdorfit (NiAsS) cevherini araştırırken bulmuştur. Nikelin bir element olduğu ise 1775'de Torbern Bergman ve arkadaşları tarafından kanıtlanmıştır. "Alman Gümüşü" olarak bilinen bakır-nikel-çinko alaşımları İngiltere ve Almanya'da büyük oranlarda 1870'li yıllarda üretilmiştir. Nikel, çelik alaşımlandırma elementi olarak

büyük önem kazandıktan sonra sonra elektrolitik yapısından dolayı kaplama teknolojisinin de gelişmesiyle beraber kendine geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Nikel metali parlak gümüşümsü sert bir ferromanyetik yapıya sahip olup nitrik asitte çözünür. Buna karşın seyreltik hidroklorik ve sülfürik asitte ise eser miktarda çözünmektedir. Ayrıca sıcak-soğuk suda ya da amonyakta ise hiçbir şekilde çözünürlük göstermemektedir. Nikelin organik formu, inorganik formundan daha yüksek oranda toksik etkiye sahiptir. Deri tahrişine sebep olmasının yanında kalp-damar sisteminde de ciddi zararları ve kanserojen etkisi olan bir metaldir. Tüm bu toksik etkilerine rağmen nikel ve tuzlarıyla zehirlenmeler dünya üzerinde nadir rastlanan bir durumdur. Nikelin besin olarak alınımı, hayvan yemlerine veya bitkilerin tükettikleri miktarlara bağlı olmaktadır. Günlük olarak nikel alınımının çoğu ekmek, içecek ve tahılların tüketilmesiyle meydana gelmektedir. Buna bağlı olarak da besinlerin günlük 150 µg' dan az nikel içermesi tavsiye edilmektedir (WHO, 1992).

1.3. Çinko

Çinko çoğu enzimin yapısına girmekte olan katalitik özelliği ise iyi bilinen bir ağır metaldir. Çinkonun kullanıldığı yerlere göre ya da eksikliğinde görülen sorunlar biyokimyasal ve fizyolojik olaylar şöyle sıralanmaktadır. Kemik oluşumu, bağışıklık, doku gelişimi, protein sentezi mekanizmasındaki birçok molekül ve bazı enzimlerin allosterik düzeni, replikasyon, transkripsiyon ve translasyonda bu metale ihtiyaç duyulmaktadır (Olsson ve ark., 1989; Viarengo, 1989; Ohnesore ve Wilhelm, 1991). Çinko metali ve birçok bileşiği diğer ağır metallerle karşılaştırıldığında düşük oranda toksik etki gösterir. Çinko tuzlarının zehirli etkisi çinkodan daha fazla olup, yapısında bulunan bileşiğin anyonik kısmının zehirliliğine bağlıdır. Örneğin; çinko kromatın ($ZnCrO_4$) yüksek toksik etki ve kanserojen özelliği Zn^{+2} yüzünden değil anyonik CrO_4^{-2} bileşeni nedeniyle (Habashi,1997). Çinkoya bağımlı enzimler, yapısal stabilite için ihtiyaç duyulan metali bağlayan bölgeler içermektedir. Örneğin alkalen fosfataz ve karbonik

anhidraz bunlardan birkaçıdır. Bunların dışında çinko içerenlere örnek olarak aldolaz, alkol dehidrojenaz, karboksi peptidaz, laktik dehidrojenaz prostetik grup verilebilir (Cousins, 1985). İnsanlar ve tüm bitki formları ile hayvan yaşamları için önemli ve yaşamsal elementlerden biri olan çinko (günlük doz 10 - 20 mg) gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbohidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi gibi değişik metabolik süreçlerde ihtiyaç duyulmaktadır (Habashi,1997). Kan doku dışında çinko diğer dokularda ve vücut sıvılarında yaygın olarak rastlanan bir iyondur. Mesela 70 kg ağırlığında bir insanın kanında 2.3 g çinko bulunmaktadır. Bu oranın % 64'ü kas dokuda ve % 28'i de kemiklerde bulunmaktadır. Çinko konsantrasyonun en yüksek bulunduğu organlarda, özellikle prostat bezlerinde (87 µg/g yaş ağırlık) görülmekteyken tüm vücuttaki ortalaması 33 µg/g yaş ağırlıktır (Habashi,1997; WHO, 1992).

1.4. Cıva

Cıva birçok sanayi alanında kullanılır ve bu nedenle, çevresel kontaminasyondan dolayı sucul canlılardan, yapısında bulunduğu tarım ilaçlarının yoğun kullanımı sonucu tarım ürünlerinin yapısından beslenme döngüsüne girerek etkisi görülmektedir. Yapılan birçok çalışmada balık, et ve bazı süt ürünlerinde yüksek oranda cıva bulunduğu gözlemlenmiştir (Vural, 1993). Deniz sahillerinde sanayileşmenin yoğunlaşması, bu bölgelerdeki sucul canlıların dokusunda cıva miktarının artmasına sebep olmuştur (Vural, 1993). Bir başka çalışmada ise cıvanın bir canlıdan başka bir canlıya aktarılması incelenmiş olup 8 ppm cıva püskürtülen tohumlarla beslenen civcivlerin kas dokularında yaklaşık olarak 2 kat cıva birikimi saptanmıştır ve buna bağlı olarak cıva ile kontamine olmuş civcivlerle beslenen kırsansarlarında ise 6 kat cıva biriktiği gözlemlenmiştir (Vural, 1993). Cıvanın toksik etkisi sonucu oluşan akut zehirlenmeler ile nörolojik bozukluklar, böbrek hasarı olduğu görülmüş ve bununla birlikte kronik zehirlenme sonucunda ise titreme, dış eti iltihapları, psikolojik değişiklikler, hamile bayanlarda düşük veya bebekte

doğumsal anomaliler bulunmuştur (Tunçok, 2008). Çinkonun yüksek konsantrasyonları *O. niloticus* ve *Cyprinus carpio*'da antioksidan sistemde ve bazı kan parametrelerinde değişikliklere sebep olduğu gözlenmiştir (Akahori ve ark., 1999; Atlı ve ark., 2006). Sucul canlı olan balıklarda sudan kaynaklanan akut $HgCl_2$ zehirlenmesi 1950'lerden beri çalışılmaktadır (Doudoroff ve Katz, 1953). Fosil olarak adlandırılan yakıtların kullanılması ve katı atıkların yakımıyla atmosferde konsantrasyon artışı gösteren civa (Hg^{+2}) hem bölgesel hem de küresel birçok toksik etki göstermektedir. İnorganik Hg^{+2} potansiyel bir nörotoksiktir ve balıklarda denge kaybı, durağanlık yani hareketsizlik, solunum bozukluğu ve yüksek konsantrasyonlarda ölümlere neden olabilmektedir (Wobeser, 1975).

1.5. Analiz Edilen Parametreler

1.5.1. ALT (Alanin Transaminaz, EC 2.6.1.2)

α -keto asitlerin geri çevrilebilir halde amino gruplarından aktarılması yoluyla amino asitlere dönüştürülmesini katalize eden enzim yapılarından oluşan aminotransferaz adlı enzimlerdir. Karaciğerdeki özgün ALT aktivitesi kalp ve iskelet kasındakinden yaklaşık on kat fazladır. Bu nedenle serum aktivitesi parankimal karaciğer hastalığına ait bir durum olarak düşünülmektedir. ALT nin hepatositlerin sitosolünde bulunmasından dolayı yüksek serum düzeyleri hepatosit plazma membranının bütünlüğündeki değişimi yani bozulmayı göstermektedir. Serum ALT düzeyindeki yükselmesi genel olarak sucul canlı olan balıkta metal gibi kirleticilerin etkisinde gözlenmektedir ve karaciğer parankimasındaki hasarı ortaya çıkarmasından dolayı önemli bir belirteç olduğu bildirilmiştir (Singh ve Reddy, 1990; Folmar, 1993). ALT aktivitesinin kadmiyum etkisinde *Sparus aurata*'nın karaciğer dokusunda hücre yapısındaki hasara bağlı olarak azalışa neden olduğu, serum ALT aktivitesinde ise karaciğerin hasar görmesi ile ilgili olarak artışa neden olduğu gözlemlenmiştir (Vaglio ve Landriscina, 1999).

1.5.2. AST (Aspartat Tansaminaz, EC 2.6.1.1)

AST, (SGOT-serum glutamik oksaloasetik transaminaz) en yüksek aktiviteyi karaciğer ve iskelet kasında gösterir. Karaciğer, kalp kası, iskelet kası, beyin, böbrekler, akciğerler, pankreas, eritrositler ve lökositler de dâhil olmak üzere birbirinden farklı türde dokularda da görülmektedir. AST, karaciğer-safra hastalığı, miyokart enfarktüsü ve iskelet kası tahribatının tanısı, ayırt edilmesi ve izlenmesinde önemli bir göstergedir.

Metal etkisinde kalan balıklarda ALT'ye benzer şekilde serum AST aktivitesinin de etkilendiği ve enzim aktivitesindeki artışın karaciğer nekrozu ile ilişkili olduğu belirlenmiştir (Folmar, 1993; De La Torre ve ark., 2000). Karakaya barajında yapılan bir çalışmada AST aktivitesinin, kadmiyum, kurşun ve bakır gibi metallerle kirletilmiş bölgelerden örneklenen *C. carpio*'nun karaciğerinde, kontrol bölgesine oranla önemli düzeyde düşüş gösterdiği ve bu değerlerin stres belirteçleri olarak kullanımlarının önemi vurgulanmışlardır (Özmen ve ark. 2006).

1.5.3. Glikoz

Glikoz, vücut şekeri olarak da adlandırılır, kan yoluyla taşınan ve dokular tarafından kullanılan başlıca şekerdir. Açlık durumunda, kan şekerleri düzeyi söz konusu düzeylerin hassas sınırlar içerisinde kalması karaciğer tarafından düzenlenir. Aç iken belirlenen kan şekerinin hızlı bir şekilde düzenlenmesi karbonhidrat alınımlı sırasında kan şekerinde gözlenen hızlı artışla ciddi oranda bir zıtlık göstermektedir. Kan şekerinin kritik bir düzeye düşmesi merkezi sinir sisteminin görevini yapamamasına neden olabilir.

Balıkta, organik ve inorganik kimyasalların etkisinde, serum glikoz düzeyinde yükselme olduğu gibi sıcaklık, pH, oksijen miktarı ve mevsimsel değişimlerde de kısa süreli değişikliklere neden olmaktadır (Folmar, 1993). Bununla beraber glikozun enerji kaynağı olmasının yanı sıra, artan serum glikoz düzeylerinin serum osmotik değerinde de artışa neden olduğu belirlenmiştir (Folmar, 1993). *C. carpio*'nun serum glikoz düzeylerinde ağır metal olan krom ve

nikel etkisinde gözlemlenen artmanın, metaller tarafından bozulan canlı metabolizmasının normale dönmesi için gerekli olan enerji ihtiyacında bir artmanın meydana gelmesinden dolayı kaynaklandığı belirlenmiştir (Canlı, 1995).

1.5.4. Toplam Protein

Toplam serum proteini dolaşımdaki tüm proteinlerin toplamıdır ve kanın başlıca bileşenlerinden birini meydana getirmektedir. Toplam protein ölçümleri, karaciğer, böbrek veya kemik iliği ve bunların yanında diğer metabolik bozukluklar, beslenme bozuklukları gibi çeşitli hastalıkların tanı ve tedavisinde kullanılır. Toplam serum proteini, karaciğerde sentezlenen serum proteinlerinin büyük bir kısmını meydana getirmektedir ve ayrıca karaciğer hasarlarında belirteç olarak önemli bir rol oynamaktadır. Toplam protein düzeyindeki düşüş, karaciğer hasarına bağlı olarak protein sentezinin zarar görmesi, emilimin indirgenmesi veya protein kaybından kaynaklanmaktadır. *Heteropneustes fossilis*'in bakır sülfat (0.25 ppm) etkisinde, toplam serum protein düzeyinin etki süresinin uzunluğuna bağlı olarak bir düşüş gösterdiğini ve bunun da karaciğerin zarar görmesinden dolayı olabileceği belirlenmiştir (Singh ve Reddy 1990).

1.5.5. Trigliserit

Lipid metabolizmasının söz konusu olduğu hastalıklar veya çeşitli endokrin bozukluklarının tanımlanmasında trigliserit düzeyleri incelenmektedir. Omurgalılarda trigliserit analizleri çeşitli genetik ve metabolik lipoprotein bozukluklarının sınıflandırmasında yardımcı olarak kullanılmaktadır.

Genel olarak metallerin balıkta trigliserit düzeylerinde değişikliklere neden olduğu ve trigliserit seviyesindeki artışın stres altındaki balıkta doku hasarını belirtmesinden ziyade bir enerji kaynağı olarak kullanıldığı önemle belirtilmiştir (Folmar, 1993). *Perca flavescens* ile yaptıkları çalışmada balığın karaciğer dokusunda ağır metallerin (kadmiyum, bakır ve çinko) uzun süreli etkisinde kalmış kirlenmiş bölgelerde trigliserit düzeylerinin kontrol bölgesine oranla daha düşük

seviyede olduğu ve bu durumun da metallerin uzun süreli etkilerinin metabolizmada normal mekanizmaları ve enerji döngüsünün bozulması ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir (Levesque ve ark., 2002).

1.5.6. Üre

Karaciğerde protein ve aminoasit metabolizmasının son ürünü olarak üre sentezlenmektedir. Üre sentezi, günlük protein miktarına ve içsel protein metabolizmasına bağlıdır. Metabolik süreçler sırasında üretilen ürenin çoğunluğu % 40–60'ı gibi bir kısmı proksimal tübüldeki akış hızından bağımsız olarak kana yeniden verilmek üzere glomerüler filtrasyon yolu ile elimine edilmektedir. Distal tübüldeki yayılım üriner akışa bağlı olmakla beraber antidiüretik hormon tarafından düzenlenir. Diürez sırasında ise, ürenin kana yeniden yayılması minimum seviyededir ve balıklarda ürenin büyük bir kısmı solungaçlardan ve böbreklerden atılmaktadır.

Balıkta kirletici etkisinde gözlenen üre seviyesindeki fazlalık, glomerular filtrasyon oranındaki düşüş ve renal hasarla ilgili olduğu düşünülmüştür (Folmar, 1993). Yüksek protein içerikli diyetin de benzer şekilde üre düzeyini artırdığı gözlemlenmiştir (Folmar, 1993). Akut (96 s) ve kronik (30 gün) bakır etkisinde bırakılan *Opsanus beta*'da plazma üre seviyesinin kontrol grubuna göre yaklaşık üç kat artma gösterdiği ve bu nedenle kandaki üre düzeyinin kirlilik çalışmalarında hassas bir belirteç olduğunu belirlenmiştir (Grosell ve ark., 2004).

1.5.7. Kolesterol

Kolesterol, tüm vücutta sentezlenmekte olup hücre membranları ve lipoproteinlerin temel bir bileşenidir. Aynı zamanda kolestrol steroid hormonları ile safra asitlerinin sentezinde de görev almaktadır. Balık metabolizmasının önemli bir bileşeni olup yapısal ve fizyolojik birçok mekanizmada rol almaktadır. Kolesterol lipoproteinlerin bir bileşeni olmakla beraber hücre membranlarında çeşitli oranlarda bulunmaktadır. *C. carpio*'nun, krom ve nikel metalleri etkisinde,

serum düzeyinde artış gösterdiğini fakat civa etkisinde serum kolesterol düzeyinde herhangi bir değişimin söz konusu olmadığı bildirilmiştir (Canlı, 1995). Birçok çalışmalarda serum kolesterol düzeyindeki artmanın, karaciğerde enzimatik aktivitelerin baskılanması, hücre zar yapısının değişime uğraması ya da serumun yapısında hormonal bozuklukların gözlemlenmesi sonucunda ortaya çıkabileceği bildirilmiştir (Singh ve Reddy, 1990; Yang ve Chen, 2003). Aynı zamanda balıkta artış gösteren kolesterol düzeylerinin kan osmolalitesini de değiştirerek ortamdan elektrolit alınımını fazlaştırdığı görülmüştür (Folmar, 1993).

1.5.8. Kalsiyum

Kalsiyum, kemik hastalıklarının, kronik böbrek rahatsızlıklarının tanısında kullanılmaktadır. Toplam serum kalsiyumu üç bölümden meydana gelir; serbest ya da iyonize kalsiyum (% 50), büyük bir kısmı albumine, küçük bir kısmı ise globulinlere bağlı olan proteine bağlı kalsiyum (% 45) ve temel olarak fosfat, sitrat ve bikarbonat olmak üzere komplekse bağlı kalsiyum (% 5). Sinir impulslarının iletiminde, kalsiyum iyonları bir kofaktör olarak enzim reaksiyonlarında, normal kas kasılmasının sağlanmasında ve koagülasyon sürecinde önemli bir rol oynamaktadırlar. Kalsiyum iyonlarındaki ciddi bir azalma kas tetanisine yol açmaktadır. Normalin üzerindeki kalsiyum iyonu derişimleri ise daha karmaşık semptomlarla beraber nöromasküler uyarılabilirliğin azalmasına ve kas zayıflığına sebep olur.

1.5.9. Sodyum-Potasyum-Klor

Çoğu metabolik süreçlerde elektrolitler etkili rol oynarlar. Vücudun çeşitli sıvı bölümlerindeki osmotik basınç ve hidrasyonu, vücut pH'ını, uygun kalp ve kas işlevlerini sürdürmeye yardımcı olmaktadır. Bunların yanısıra elektrolitler oksidasyon-redüksiyon reaksiyonlarında görev alırlar ve enzim reaksiyonlarına da en önemli parçalar veya kofaktörler olarak katılım sağlarlar.

Morgan ve ark., (1997) alabalık (*Onchorhynchus mykiss*) da, 2 ve 10 µg/L gümüş derişimlerinin etkisinde bırakılmış ve gümüşün solungaçlarda Na⁺ ve Cl⁻ alınımlarını etkileyerek serum Na⁺ ve Cl⁻ düzeyinde önemli bir düşüşe neden olduğunu belirtmişlerdir. Cerqueira ve Fernandes (2002), tropikal bir balık olan *Prochilodus scrofa*'nın akut bakır etkisinde serum Na⁺ ve Cl⁻ düzeylerinin düşüş gösterirken K⁺ düzeylerinin de arttığını belirlemişlerdir.

1.6. Su Sertliği ve Metal Toksisitesine Etkiler

Su sertliği, geçici ve kalıcı sertlik olmak üzere başlıca iki farklı grupta incelenmektedir. Suda çözünmüş bikarbonatlar geçici sertliği meydana getirirken, Ca ve Mg gibi +2 değerlikli metallerin tuzları ise kalıcı sertliği meydana getirmektedir. Suda çözünmüş haldeki Ca ve Mg tuzlarından kaynaklanan sertlik, suyun içme suyu olarak, endüstri ve çeşitli hizmet alanlarında kullanılmasında önemli bir kalite ölçütüdür. Sudaki geçici sertliği ya da karbonat sertliğini kalsiyum ve magnezyumun bikarbonat tuzları (HCO₃); kalıcı sertliği kalsiyum ve magnezyumun Cl₂, SO₄, NO₃, PO₄ ve SiO₄ tuzları; kalıcı ve geçici sertlik ise birlikte ölçüldüğünde toplam sertliği oluşturmaktadır (Anonymous, 2016). Tatlı sularda su sertliğindeki yükselişle aynı orantıda ağır metal toksisitesinin azaldığı bunun da alınma yerleri bakımından ağır metallerle Ca⁺² ve Mg⁺² arasındaki rekabetten kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Kim ve ark., 2001; Pyle ve ark., 2002; Javid ve ark., 2007).

Bu araştırmada, kullanılan *Oreochromis niloticus* türü, kolayca üreyebilmesi ve beslenme problemi olmaması nedeniyle günümüzde önemli bir kültür balığı olarak yerini almıştır. Ayrıca, çevresel kirliliğe ve hastalıklara karşı dirençli olması sebebiyle birçok çalışmada tercih edilen bir türdür (Sarıhan ve Toral, 1982; Canli ve Erdem, 1994; Almeida ve ark. 2002). Bundan önce yapılan çalışmalarda Cu ve Cd'ye olan dirençliliği gösterilmiştir (Erdem, 1990; Canli ve Erdem, 1994). Buna karşın, ağır metal zehirlenmesine dirençlilik bu balığın besin kaynağı olarak kullanılmasında istenilen bir özellik olmamaktadır. Bu sebeple

toksik metallerle kontamine olmuş balıkları tüketen insanlarda da metal birikimi hedef olabilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, *Oreochromis niloticus*'un kas dokusunda besin kalitesinin belirlenmesi ve kan dokusunda metal kirliliği için belirteç olarak kullanılabilen bazı parametrelerin metal (Cr, Ni, Zn, Hg) etkisinde kalan balıklarda nasıl etkilendiğinin belirlenmesi ve buna uygun olarak çevresel metal kontaminasyonunun hassas olarak ölçülebilirliğinin laboratuvar koşullarında belirlenmesidir. Bu amaç için serum glikoz, kolesterol, üre, trigliserit değerleri ile ALT ve AST enzim aktiviteleri ve serum iyon (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Cl^-) düzeyleri ölçülmüştür. Kas dokuda ise toplam ham protein analizi, lipit analizi, ham kül ve nem analizleri yapılarak total metal düzeyleri ölçülerek meydana gelen olası değişimler yorumlanmıştır. Bu çalışmada balıklar farklı sertlik değerlerindeki sulara metal etkisine maruz bırakıldığından su sertliğinin serum değerlerindeki ve kas dokusu besin kalitesindeki etkileri de incelenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Wright ve ark. (1995), çizgili levrek türü olan *Morone saxatilis*'i Cd^{+2} 'nin etkisine maruz bıraktıkları bir çalışmada düşük Ca^{+2} düzeyine sahip ortamlarda mortalite saptarlarken, yüksek Ca^{+2} derişimlerinde ise mortalite gözlememişlerdir. Bunun sonucu olarak toksisitenin azaltılmasında, Ca^{+2} 'nin direk olarak biyolojik bir fonksiyonunun olduğunu belirlemişlerdir.

Singh ve Reddy (1990), yaptıkları bir çalışmada kedibalgı *Heteropneustes fossilis*'i bakıra maruz bırakmışlardır. Bakıra maruz kalan kedi balığındaki hematolojik değerler, kan biyokimyası ve hepato-somatik değerleri ölçmüşlerdir. Eritrosit, lökosit, hemoglobin, glikoz, üre, kolesterol, bilirubin, total protein, AST, SGPT, alkalın fosfataz, Na^{+} ve K^{+} seviyelerinde önemli oranlarda düşüşler veya artışlar belirlemişlerdir. Ayrıca yapılan çalışmada hematolojik ve biyokimyasal parametrelerin bakır zehirlenmesi için iyi bir belirteç olduğunu belirtmişlerdir.

Canlı (1995) yaptığı bir çalışmada, Sazan balığı *Cyprinus carpio*'yu civa, krom ve nikelin öldürücü olmayan derişimlerine 7 gün süre ile maruz bırakmış ve 7 gün sonunda kan parametrelerindeki derişimleri gözlemlemiştir. Kan hematokrit değerleri civanın etkisiyle önemli seviyede yükselirken, krom ve nikelin etkisi altında istatistiki olarak anlamlı bir derişim olmadığını belirlemiştir. Serum protein seviyelerine bakıldığında ise metallerin etkisiyle serum protein düzeyinde bir derişim olmadığını gözlemlemiştir. Ayrıca serum glikoz ve kolesterol seviyeleri ise krom ve nikelin etkisiyle artma gösterirken, civanın etkisi altında herhangi bir derişim olmadığını belirlemiştir.

Li ve ark., (1998) , 28 gün boyunca *Oreochromis mossambicus*'u $3.2 \mu M$ bakır etkisine maruz bıraktıkları çalışmada, solungaç dokusunda bulunan klorit hücre sayısında ve yapısında derişiklikler olduğunu belirlemişlerdir. Bundan dolayı solungaç Na^{+}/K^{+} -ATPaz aktivitesi ve plazma Na^{+} derişiminde azalışlar saptamışlardır. Araştırmacılar bakır etkisi durumunda iyonik toksik etkinin giderilmesi, homeostazisinin korunması ve iyon alımının düzenlenmesi için

balıkların çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik mekanizmalarını aktive ettiğini saptamışlardır. Araştırmacılar klorit hücre sayısındaki artış olarak Ca^{+2} ve Na^{+} dengesini düzenlemek adına telafi mekanizmalarının verdiği tepki olarak belirlenmiştir.

McGeer ve ark. (2000), gökkuşağı alabalığı *Oncorhynchus mykiss* in sert suda kronik olarak subletal dozlarda kadmiyum ($3 \mu\text{g/L}$), bakır ($75 \mu\text{g/L}$) ve çinko ($250 \mu\text{g/L}$) etkisine bıraktıkları çalışmalarında balıklarda büyüme, beslenme alışkanlığı, iyon regülasyonu, yüzme performansı ve oksijen tüketimi gibi bazı parametreleri incelemişlerdir ve farklı dozlarda olsa da, üç metal etkisinde de incelenen parametrelerde bozulmanın ya da normalden sapmanın olduğu gözlemlenmiştir.

Levesque ve ark. (2002), bir levrek türü olan *Perca flavescens* ile yaptıkları bir çalışmada referans gölden ve kadmiyum, bakır ve çinko ile kirletilmiş gölden alınan örneklerin karaciğerde trigliserit, total protein düzeyleri, AST ve ALT aktiviteleri ile plazma glikoz seviyelerini ölçmüşlerdir. Temiz bölgeden alınan örneklerle ile metal ile kirletilmiş bölgeden alınan örnekler arasında önemli düzeyde farklılık olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacıların yaptıkları bu çalışmaya göre metaller metabolizmada görev alan mekanizmaları ve enerji döngülerini etkileyerek trigliserit düzeyleri ve AST aktivitesinde metal etkisinde önemli oranda artışa sebep olurken, plazma glikoz ve karaciğer protein düzeylerinde ise bir farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Saito ve ark. 2002 yılında yaptıkları bir çalışmada epigallokateşin (EGCG) kollejen dokunun proteolitik yıkılmasını azaltarak balık kasının yumuşaklığını baskılayıcı olarak önemli bir rol oynadığını belirlemişlerdir. Ayrıca marine edilmiş gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kasının depolanma süreci boyunca metalloproteinaz inhibitörü olarak rol aldığını da gözlemlenmiştir.

MacDonald ve ark. (2002), yaptıkları bir çalışmada Pb^{+2} 'nin *O. mykiss*'in solungacında apikal Ca^{+2} kanallarındaki inhibisyon rekabeti sonucu Ca^{+2} homeostasisini bozduğunu belirlemişlerdir.

Yang ve Chen (2003), *Cyprinus carpio*'da 2, 4 ve 8 mg Ga/L'nin 28 günlük etkisini inceledikleri çalışmalarında, bu süre sonunda serum total protein düzeylerinde herhangi bir değişiklik olmadığını belirlemişlerdir. Buna karşılık serum glikoz, üre, kolesterol ve trigliserit düzeylerinde ise metal derişimlerine bağılı olarak arttığı belirlenmiştir. Yine bu çalışmada serum biyokimyasal parametrelerinin de kirletici etkilerinde önceden uyarıcı sistemler olarak kullanımının önemli olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Canlı ve Atlı (2003), Akdeniz'de bulunan 6 balık türünün (*Sparus auratus*, *Atherina hepsetus*, *Mugil cephalus*, *Trigla cuculus*, *Sardina pilchardus* ve *Scomberesox saurus*) dokularında 6 ağır metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) düzeyleri ile metal seviyelerinin balığın boyu ve ağırlığı ile olan ilişkilerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlarda neredeyse bütün balıklarda büyüklük ile metal birikimi arasında ters bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu durumu örnekleme bölgesinin metal kirliliği seviyesinin balık metabolizmasının düzenleme kapasitesinden fazla olmadığı yönünde yorumlarken, büyük hayvanların düşük metabolik hızlarının bu birikim azlığında rolünün olabileceğini vurgulamışlardır.

Canpolat ve Calta, 2003 yılında yaptıkları çalışmada, Keban Barajı'nda yaşayan *Capoeta capoeta* türünün ağır metal birikimin balık boyu, ağırlık ve mevsimle olan ilişkisini incelemişlerdir. En düşük seviyede metal birikiminin kas ve deri dokusunda olduğunu saptamışlardır. Balık dokularındaki metal seviyesinin boy, cinsiyet ve mevsimlere göre farklılıklar gösterdiğini ileri sürmüşlerdir.

Gökoğlu ve Yerlikaya (2004), sardalya, *Sardina pilchardus* filetosunun tazelik belirleyicisi olarak göz sıvısının refraktif değerini kullanmışlardır. 0 °C ve 4 °C lik depolama boyunca sardalyanın besin kalite analizi ve göz sıvısı indeksi miktarı 24 saatlik zaman aralıkları ile uygulamışlardır. Araştırmacılar duyuşal analiz sonuçlarına göre, balığın raf ömrünü 0 °C de 6 gün iken 4 °C de 4 gün olduğu saptamış ve besin kalitesinde değişimlerin gözlemlendiği belirlemişlerdir.

Eroğlu ve ark. (2005), yaptıkları bir çalışmada 14 gün boyunca 1 µg/mL Cd^{+2} , Cu^{+2} ve Zn^{+2} metalleri ile bunların ikili ve üçlü karışımlarının *O. niloticus*' un karaciğerinde bulunan metallothionein benzeri proteinler üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlarda, metal birikiminin sadece Cd^{+2} etkisi altında en yüksek düzeyde olduğu ve ardından Cd^{+2} - Zn^{+2} karışımının etkisi altında olduğunu, metallothionein benzeri proteinlerin ise Cd^{+2} etkisinde iken en yüksek düzeyde olduğu ve bununla beraber metal etkileşimlerinin de bu proteinler üzerinde etkili olduklarını vurgulamışlardır.

Özmen ve ark. (2006), Karakaya barajında *Cypyrinus carpio* karaciğerinde GST, karboksiesteraz, LDH, ACP ve AST düzeylerini belirteç olarak kullanarak kirlilik düzeyini belirlemeye çalışmışlardır. GST, LDH, AST ve ACP aktivitelerinin kontrol bölgesi ile karşılaştırıldığında kirli bölgelerde azaldığı tespit edilmiştir. Enzim aktivitelerinin kirletici etkisindeki balıkta karaciğer, kas ve solungaç hasarlarını belirtmesinden dolayı stres belirteçleri olarak kullanılabileceği ileri sürmüşlerdir.

Zhang ve Wang (2007), Karadeniz çapak balığı *Acanthopagrus schlegeli*' nin farklı boylardaki genç bireylerinde su ortamından Cd^{+2} , Se ve Zn^{+2} 'nin alınımı ile ilgili kinetik parametrelerini, diyet içinde bulunan metallerin de sindirilme ve atılım düzeylerini ve balık boyuna bağlı olarak büyüme oranlarını araştırmışlardır. Balık boyu arttıkça metal alımın düzeylerinde azalmalar olduğu görülmüştür. Aynı şekilde metallerin dokulara geçmesi balık boyu ile ters ilişkilidir. Ancak besin ile metal alınımı sadece kadmiyumda balık boyu ile doğru orantılı olarak görülmüştür.

Atlı ve Canlı (2007) yaptıkları bir çalışmada, *O. niloticus*' un 5, 10 ve 20 µM derişimlerindeki Cu, Cd, Zn ve Pb'nin on dört günlük etkileri sonrasında solungaç ve bağırsak dokuda Na/K-ATPaz, kas dokuda ise Ca-ATPaz aktivitesini araştırmışlardır. Yapılan deneyde çalışılan tüm enzimlerin metaller tarafından etkilendiği gözlenirken, Na/K-ATPaz aktivitesinin bütün metal etkilerinde azaldığı fakat sadece solungaçta 20 µM Pb etkisinde artış gösterdiği ayrıca kas dokuda Ca-

ATPaz enziminin ise Cu dışındaki diğer metal etkilerinde azaldığını belirlemişlerdir.

Ağcasulu (2007), yaptığı bir çalışmada, bir balık türü olan *Capoeta tinca*'nın karaciğer, kas ve solungaç dokularında Zn^{+2} , Pb^{+2} , Cu^{+2} ve Cd^{+2} metallerinin birikim düzeylerini incelemişlerdir. Bu metallerin canlının farklı organlarında farklı düzeylerde birikim yaptıkları ve bu metallerin birikimlerinin vücut ağırlığına bağlı olarak değiştiğini belirlemişlerdir. Metal birikim değerlerinin karaciğer, kas ve solungaçta $Zn^{+2} > Pb^{+2} > Cu^{+2} > Cd^{+2}$ şeklinde olduğunu saptamışlardır.

Al-Attar (2007), yaptığı çalışmada *O. niloticus*'u üç hafta süreyle subletal konsantrasyonlarda (16 ppm) Ni etkisine maruz bırakmış ve birtakım fizyolojik parametrelerde ve solungaç yapısındaki değişiklikleri araştırmıştır. Çalışma sonunda serum Na^{+} , Cl^{-} , ve ozmolarite değerleri Ni etkisindeki balıklarda kontrole oranla azalırken; serum glikoz, kolesterol, albümin ve total protein düzeyleri, amilaz, lipaz, ALT ve AST aktivitelerinin önemli oranda artış gösterdiği belirlenmiştir.

Christopher ve ark. (2009), *Onchorhynchus mykiss*'i 21 ve 11 mg/L $CaCO_3$ içeren (sırasıyla yumuşak ve çok yumuşak) suya adapte ederek 96 saat süreyle Cd^{+2} ve Zn^{+2} karışımının etkisine maruz bırakmışlardır. Sertlik derecesi daha yüksek olan suya adapte edilmiş olan balıkların düşük olanlara göre daha dirençli olduklarını saptamışlardır. Çok yumuşak suya adapte olan balıkların homeostaziyi sürdürebilmek için iyon regülasyonunu inhibe eden Cd^{+2} ve Zn^{+2} gibi metallerle karşı daha duyarlı olduklarını gözlemlemişlerdir.

Mathan ve ark. (2010), yaptıkları bir çalışmada yüksek konsantrasyonlardaki akut $HgCl_2$ etkisinin *Cyprinus carpio*' nun solungaç yapısına zarar verdiğini ve mortaliteye sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Ebrahimpour ve ark. (2010), yaptıkları çalışmada 40, 150 ve 380 mg $CaCO_3/L$ sertlik düzeylerindeki sulara Cu^{+2} ve Zn^{+2} 'nin toksisitesinin *Capoeta fusca*'ya etkisini incelemişlerdir. Elde ettikleri verilerin sonucuna göre su sertliği

arttıkça metallerin toksik etkileri azalmaktadır. Sonuç olarak Cu^{+2} ve Zn^{+2} 'nin sert suya göre yumuşak suda daha fazla toksik etki ortaya çıkardığını gözlemlemişlerdir.

Mansouri ve Baramaki (2011), yaptıkları çalışmada, *Capoeta fusca*'yı farklı sertlik derecelerindeki (50, 150, 275 mg/L CaCO_3) sularla Hg^{+2} 'nin farklı derişimlerinin (0.5-1mg/L) akut sürede (96 saat) etkisine bırakmışlardır. Su sertliği arttıkça Hg^{+2} toksisitesinin azaldığını belirtmişlerdir.

Eroğlu ve Canlı (2013), *O. niloticus*'u 7, 14, 21 ve 28 gün süreyle 1 $\mu\text{g/ml}$ derişimindeki Cd ve Zn'nun ayrı ayrı ve biraradaki etkilerine maruz bıraktıkları çalışmada solungaç dokusu Na/K-, Mg- ve Ca-ATPaz aktiviteleri ile kas dokusunda Ca-ATPaz aktivitelerini araştırmışlardır. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada Na/K-ATPaz ve Ca-ATPaz aktivitelerinin metallerin ayrı ayrı ve biraradaki etkilerine göre çoğunlukla azalma gösterdiğini, Mg-ATPaz aktivitesinde bir değişiklik olmadığını gözlemlemişlerdir.

Baysoy ve ark. 2013 yılında yaptıkları çalışmada *O. niloticus*'u 1, 7 ve 14 gün boyunca 0, 2 ve 8 ppt tuzluluk oranlarında 1 $\mu\text{g/ml}$ Cr ve Pb'a ayrı ayrı ve tuzluluk+metal (2 ve 8 ppt) etkisine maruz bırakmışlardır. Yaptıkları çalışmanın sonucunda solungaç ve bağırsaklarda Na/K-ATPaz ve Mg-ATPaz aktivitelerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre enzim aktivitelerinin tuzluluk, uygulama süresi, doku ve metal çeşidi gibi etkilere bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Tuzluluk etkisi altındaki gruplarda enzim aktivitelerinde bir artış görülmesine rağmen tuzluluk+metal etkisi altındaki gruplarda azalma olduğu belirtilmiştir. Solungaç dokusundaki ATPaz enzimlerinin tüm konsantrasyonlarda bağırsak dokusundakilere oranla daha çok etkilendiği gözlemlenmiştir.

Sağlam ve ark. (2014), *O. niloticus*'un iki farklı sertlikteki suda antioksidan sistemi üzerine 1 mg/l Cd ve Cu etkisini ayrı ayrı araştırmışlardır. Balıkları, 320 mg/l CaCO_3 ve 80 mg/l CaCO_3 içeren suda bir, yedi ve on dört gün boyunca metal etkisine maruz bıraktıktan sonra antioksidan enzimler (SOD, CAT, GPX, GR ve GST) aktiviteleri ile toplam GSH seviyelerini incelemişlerdir.

Yaptıkları bu çalışmada *O. niloticus*'un antioksidan sistemi farklı sertlikteki sulardaki metal etkilerine farklı tepkiler gösterdiği ve yumuşak sudaki metallerin ise antioksidan sistemi üzerine daha fazla etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Doğan ve ark. (2014), *O. niloticus*'u yumuşak (80 mg/l CaCO_3) ve sert sularda (320 mg/l CaCO_3) kırk sekiz ve yüz kırk dört saat süreyle sırasıyla 20 μM ve 10 μM Cu ve Cr etkisine maruz bırakmış ve birtakım antioksidan enzimleri incelemişlerdir. Yumuşak sudaki kontrol grubu balıkların SOD ve CAT aktiviteleri sert sudaki balıklara oranla önemli oranda düşük olduğu fakat diğer antioksidan enzimlerin su sertliklerinden etkilenmedikleri görülmüştür.

Atlı ve ark. (2015), *O. niloticus*'u akut (2 gün) ve kronik (20 gün) sürede kadmiyum ve kurşuna maruz bırakarak serum parametreleri ve endokrin sistem çalıştırıcıları olan kortizol, HPT, LH, FSH ve prolaktin hormonlarını incelemişlerdir. Akut ve kronik sürede Cd^{+} ve Pb^{+} metalleri etkisi altında LH hariç tüm hormon seviyelerinde düşüş olduğunu gözlemlenmişlerdir. Akut sürede Cd^{+2} ve Pb^{+2} , ye maruz kalan balıklarda ALP aktiviteleri, kolestrol ve trigliserit seviyelerinde azalış gözlenirken kronik gruplarında AST, ALT ve LDH seviyelerinde artış olduğunu belirtmişlerdir.

Doğan ve ark. (2015), farklı Ca derişimlerinde akut ve kronik Pb etkisine maruz bıraktıkları tatlı su balığı *O. niloticus*'un dokularındaki ATPaz'ların gösterdiği tepkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda solungaç ve bağırsak dokusundaki Na/K- ATPaz ve Mg-ATPaz ve kas dokusundaki Ca-ATPaz aktiviteleri araştırılmıştır. Akut sürede ATPaz aktivitelerinde Ca ve Pb'nin biraradaki etkisi altındaki düşük Ca derişiminde olan gruplarda kontrole kıyasla artış olduğu bildirilmiştir. Diğer dokulardaki Na/K-ATPaz'larla kıyaslandığında ise solungaç dokusundaki Na/K-ATPaz'ın diğerlerine oranla daha duyarlı olduğunu gözlemlemişlerdir.

Canlı ve Canlı 2015 yılında yaptıkları bir çalışmada *O. niloticus*'u farklı iletkenlikteki (77, 163 ve 330 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sularda akut (3 gün) ve kronik (30 gün) sürede bakıra maruz bırakmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda serum

parametreleri ile su iletkenliği arasında güçlü negatif bir etkileşim olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar deney sonunda düşük iletkenlikteki suda kronik sürede Cu etkisindeki gruplarda serum ALP, ALT ve AST aktivitelerinde, kolesterol, trigliserit, Ca^{+} ve Cl^{-} seviyelerinde azalış olduğunu fakat akut sürede bakıra maruz kalan gruplarda serum glikoz ve K^{+} seviyelerinde ise artış olduğunu belirtmişlerdir.

Canlı ve ark. 2016 yılında yaptıkları bir çalışmada 15, 30 ve 90 mg/l Ca sertliklerindeki sularda sırasıyla akut ve kronik 0.3 ve 0.03 μM Cu etkisine maruz bıraktıkları *O. niloticus* eritrositlerinde ATPaz aktivitelerini incelemişlerdir. Yaptıkları bu çalışmada hem akut hem kronik süreçte 30 mg/l Ca sertliğindeki Cu etkisinde Na/K-ATPaz aktivitesinde kontrole kıyasla bir artış olduğu belirlemişlerdir. Mg-ATPaz aktivitesinin ise akut Cu etkisi altında tüm sertlik değerlerinde anlamlı bir artış olduğunu ama kronik süreçte bu artışın sadece 90 mg/l Ca sertliğinde olduğunu bildirmişlerdir.

3. MATERYAL METOD**3.1. Kullanılan Kimyasal Malzemeler****3.1.1. Metaller**

Çalışmada kullanılan metaller;

Nikel (II) klorür hexahidrat ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Merck)

Potasyum kromat (K_2CrO_4 , Merck)

Cıva (II) klorür (HgCl_2 , Merck)

Çinko klorür (ZnCl_2 , Merck)

3.1.2. Biyokimyasal Analizler için Kullanılan Kimyasal Malzemeler

Biyokimyasal analizlerin birçoğu Olympus AU 400 biyokimyasal analiz cihazı ile yapılmıştır. Analizlerde kullanılan bütün reaktifler Olympus Life and Material Science, Europe (İrland) tarafından hazır kit olarak alınmıştır.

3.1.2.1. ALT Reaktif Bileşimi

Reaktif maddelerin son derişimleri:

Tris tamponu, PH: 7,3 (37 °C)	224 mmol /L
L-Alanin	1120 mmol/L
2-oksoglutarat	94 mmol/L
LDH	$\geq 45 \mu\text{kat/L}$
NADH	$\geq 1,7 \text{ mmol/L}$

3.1.2.2. AST Reaktif Bileşimi

Reaktif Maddelerin Son Derişimleri

LDH	$\geq 48 \mu\text{kat/L}$
MDH	$\geq 24 \mu\text{kat/L}$
NADH	$\geq 1,7 \text{ mmol/L}$
Pridoksal fosfat (P-5-P)	$0,1 \text{ mmol/L}$

3.1.2.3. Glikoz Reaktif Bileşimi

Reaktif Maddelerin Son Derişimi:

PIPES Tampon (pH 7,6)	$24,0 \text{ mmol/L}$
ATP	$\geq 4,5 \text{ mmol/L}$
NAD ⁺	$\geq 7 \text{ mmol/L}$
Mg ⁺²	4 mmol/L
Heksokinaz	$\geq 300 \mu\text{kat/L}$
G6P-DH	$\geq 300 \mu\text{kat/L}$

3.1.2.4. Protein Reaktif Bileşimi

Reaktif Maddelerin Son Derişimi:

NaOH	400 mmol/L
Potasyum sodyum tartarat	89 mmol/L
CuSO ₄	$24,3 \text{ mmol/L}$
Potasyum Iyodur	61 mmol/L

3.1.2.5. Üre Reaktif Bileşimi

Reaktif Maddelerin Son Derişimi

Tris tamponu	220 mmol/L
NADH	2,5 mmol/L
Tetra-sodyum difosfat	10 mmol/L
EDTA	2,65 mmol/L
2-oksoglutarat	73 mmol/L
Üreaz	$\geq 300 \mu\text{kat/L}$
ADP	6,5 mmol/L
GLDH	$\geq 80 \mu\text{kat/L}$

3.1.2.6. Kolesterol Reaktif Bileşimi

Reaktif Maddelerin Son Derişimi:

Fosfat tamponu(pH 6,8)	225 mmol/L
4-Aminoantipirin	0,45 mmol/L
Fenol	12,6 mmol/L
Kolesterol esteraz	$\geq 25 \mu\text{kat/L}$
Kolesterol oksidaz	$\geq 7,5 \mu\text{kat/L}$
Peroksidaz	$\geq 12,5 \mu\text{kat/L}$

3.1.2.7. Trigliserit Reaktif Bileşimi

Reaktif Maddelerin Son Derişimi:

PIPES tamponu (pH 6,8)	50 mmol/L
Mg ⁺²	40 mmol/L
4-Klorofenol	4,7 mmol/L
4-Aminoantipirin	0.13 mmol/L
ATP	1.4 mmol/L

3.1.2.8. Elektrolit (Na^+ , K^+ , Cl^-) İyon Reaktif Bileşimi

İyon analizlerinde ISE (ion selective electrode) yöntemine göre çalışılmış olup, aşağıdaki hazır stoklardan analizlerde kullanılmıştır

Na^+	120 mmol/L
K^+	3 mmol/L
Cl^-	80 mmol/L

3.1.3. Kalsiyum ve Sertlik Tayininde Kullanılan Kimyasallar

EDTA (Ethylenediaminetetraasetik asit disodyum tuzu 2 H_2O , Merck)

Magnezyum klorür ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Merck)

Amonyum klorür (NH_4Cl , Merck)

Kalsiyum karbonat (CaCO_3 , Merck)

Hidroklorik asit (HCl % 37, Merck)

Amonyum hidroksit (NH_4OH , Merck)

Sodyum hidroksit (NaOH , Merck)

Eriochrome Black T İndikatörü (Merck)

Müreksit İndikatörü (Merck)

3.1.4. Kullanılan Aletler

Spektrofotometre: Shimadzu UV-1800

Derin dondurucu (-80°C): Revco Ultima II

Hassas Terazî: Sartorius Analytic ATL-224-I

Santrifüj: Sigma 2-16 K

Homojenizatör: Janke & Kunkel

Ultra Turrax T25

Su Banyosu: Wise Bath WSB-30

Otomatik Büret (0.1 bölmeli)

Erlen Mayer

pH metre: Hana HI 8314 membran pH metre

Manyetik Karıştırıcı: Janke & Kunkel IKAMAG RH

Karıştırıcı: Vortex S0 200

3.2. Kullanılan Balık Materyali

Göl, nehir, atıksu kanalları gibi çok geniş alanda tatlı ve acısu karakterindeki habitatlarda yayılım gösterirler. Ilıman bölge iklim balığıdır ve yılda üç kez üreme yapabilirler. Bentopelajik olup fitoplankton, zooplankton, bentik alg ve omurgasızlar ile beslenir. Diğer Tilapya türlerinden kuyruğundaki belirgin vertikal bantlar ile ayırt edilebilir (Dikel, 2009; Fishbase, 2018).

Classis: Actinopterygii

Ordo: Perciformes

Familya: Cichlidae (Cichlids)

Genus: *Oreochromis*

Species: *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)



Şekil.3.1. *Oreochromis niloticus* (Dikel, 2009)

3.3. Metod

Çalışmada tropikal tatlı su balığı olan *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) kullanılmış olup balıklar Ç.Ü. Su Ürünleri Fakültesi tatlı su işletmesinden temin edilmiştir. Balıklar 40x40x100 cm boyutlarındaki, 100 L Nestle Pure Life marka doğal kaynak suyu içeren akvaryumlarda, $21.7 \pm 0.2^\circ\text{C}$ sıcaklığında ve 12 saat aydınlanma periyodu uygulanan laboratuvar koşullarında 1 ay kadar süreyle yeni şartlara adaptasyonları sağlanmıştır. Adaptasyon süresince ve deney aşamasında akvaryum sularında sıcaklık, pH, oksijen ($\text{mg O}_2/\text{L}$), total sertlik ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$) ve alkalinite değerleri ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$) düzenli olarak ölçülmüştür. Deney sırasında kullanılan akvaryum sularının fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Deney Akvaryumlarındaki suyun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (Ort±Standart hata)

	Ca₃₀	Ca₆₀	Ca₁₂₀
Ca Sertliği (mg/l Ca)	29.85±0.37	60.13±0.40	117.20±0.95
Toplam Sertlik (mg/l CaCO ₃)	93.87±7.68	185.50±6.63	364.75±10.40
Alkalinite (mg/l CaCO ₃)	102.37±3.34	101.11±3.27	102.50±3.31
İletkenlik (μS/cm)	165.44±7.98	328.45±2.84	670.55±4.63
Oksijen (mg/l)	5.30±0.14	5.27±0.15	5.30±0.17
Sıcaklık (°C)	21.68±0.19	21.67±0.19	21.64±0.18
pH	7.12±0.05	7.00±0.05	6.91±0.05

Adaptasyon ve deney süresi sırasında balıklara günde bir defa olmak üzere, su değişiminden 1 saat önce ağırlıklarının % 2-3’ü kadar hazır balık yemi (Pınar Sazan Yavru Yemi) verilmiştir. Kullanılan balık yemindeki mikro elementlerin miktarları sırasıyla 70 mg/kg çinko, 25 mg/kg manganez, 25 mg/kg magnezyum, 2

mg/kg demir, 0.7 mg/kg iyot, 1 mg/kg bakır, 0.2 mg/kg kobalt, 0.03 mg/kg selenyum; makro elementlerin miktarları ise en az % 2-en çok % 2.5 kalsiyum, en az % 0.2 en çok % 1 sodyum, en az % 1 fosfor ve yem içeriğindeki ham protein ise en az % 40'dır.

Akvaryum suları iki günde bir olmak üzere Nestle Pure Life marka doğal kaynak suyu (Al 4 µg/l, amonyum <0.02 mg/l, Cl 1.2 mg/l, Fe <1 µg/l, Mn <1 µg/l, SO₄ 7 mg/l, Na 1.265 mg/l) ile değiştirilmiştir (19L damacana). Deney başlangıcında ve değişim sularında sertlik Calgon titrasyon yöntemine göre 30 mg/l Ca olarak ölçülerek Ca sertlikleri CaCl₂x2H₂O (Merck) kullanılarak sırasıyla Ca₃₀ (30 mg/l Ca), Ca₆₀ (60 mg/l Ca), ve Ca₁₂₀ (120 mg/l Ca) olacak şekilde üç farklı kalsiyum değerine göre hazırlanmıştır.

Deneyler metallerin farklı kalsiyum değerlerindeki sularda akut ve kronik etkilerini belirlemek için iki seri olarak ve her seride 30, 60 ve 120 mg/l Ca olarak üç ayrı kalsiyum sertliğinde planlanmıştır. Yetmiş iki saat süren (3 gün) akut etki denemelerinde her Ca sertliği için kullanılan beş akvaryumun ilk üçüne 100'er litre 30 µM Cr, Ni, Zn dördüncü akvaryuma 0.3 µM Hg, beşinci akvaryuma ise metal içermeyen kaynak suyu eklenerek bu akvaryum kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Otuz gün sürdürülen kronik etki denemelerinde ise her Ca sertliği için yine beş akvaryum kullanılmış olup bunlardan ilk üçüne 10 µM Cr, Ni, Zn, dördüncü akvaryuma ise 0.03 µM Hg eklenmiş ve beşinci akvaryum kontrol olarak kullanılmıştır. Deneylerde her iki serisi için hazırlanan otuz akvaryumun her birinde altı balık olmak üzere toplamda yüz seksen adet balık kullanılmıştır. *O. niloticus* ile daha önce laboratuvarımızda yapılan bir çalışmada balık büyüklüğünün metal toksisitesinde önemi bir rol oynadığı gösterilmiştir (Kanak ve ark., 2014). Bu nedenle yaptığımız bu çalışmada yakın büyüklüklerde (P>0,05) balıklar kullanılmıştır. Çalışmamızda kullanılan balıkların ortalama boy ve ağırlıkları 15.56±0.13 cm ve 60.26±1.14 gr (Ort±SH) olarak ölçülmüştür.

Deney süreleri sonunda balıklar akut ve kronik sürelerde teker teker akvaryumlardan alındıktan sonra spinal yapılarak öldürülmüştür. Her bir balığın

kas, solungaç ve bağırsak dokuları ile balıkların kuyruk bölgesinin (kaudal pedünkül) kesilmesi ile kanları alınmıştır. Congleton (2001) balıklarda en uygun kan alma yerinin kaudal pedünkül olduğunu belirtmiştir. Alınan kanlar 3000 rpm’de 5 dk süreyle santrifüj edildikten sonra serum kısımları eppendorf tüplerine aktararak kas doku besin kalitesini belirlemede kullanılacak şekilde ayrılarak analiz edilinceye kadar -80 °C’de saklanmıştır.

Serumda glikoz, kolesterol, trigliserid, üre, total protein, Na^+ , Ca^{+2} , K^+ , Cl^- iyonları ile Aspartat aminotransferaz (AST) ve Alanin aminotransferaz (ALT) düzeyleri Olympus AU 400 cihazı ile belirlenmiştir.

3.3.1 ALT Analiz Prensibi

ALT analiz prensibinde, ‘uluslar arası klinik kimya derneği’ nin (IFCC) tavsiyeleri esas alınmıştır. ALT; alanindeki amino grubunu piruvat ve glutamat oluşturacak şekilde 2-oksoglutarata aktarır. Reaksiyon karışımına piridoksal fosfat eklenmesi ALT nin maksimum katalitik etkisini garanti eder. Piruvat, NADH ile laktat dehidrojenazla (LDH) ile katalize edilen bir reaksiyona girer ve laktat ile NAD^+ açığa çıkar. NADH tüketimi nedeniyle absorbanstaki düşüş 340 nm de ölçülür ve numunedeki aletin aktivitesi ile orantılıdır. Endojen ise piruvat inkübasyon dönemi sırasında temizlenmektedir (Bergmeyer ve ark., 1985).

3.3.2 AST Analiz Prensibi

Bu yöntemde, AST, aspartat ve 2-oksoglutaratın transaminasyonunu katalize eder ve L-glutamat ve oksalasetat meydana gelir. Reaksiyon karışımına piridoksal fosfat eklenmesi AST nin maksimum düzeyde katalitik etkisini sağlar. Oksalasetat, malat dehidrojenaz (MDH) tarafından L-malata indirgenirken aynı zamanda NADH ‘de NAD^+ ya dönüştürülür. NADH tüketiminden dolayı absorbanstaki azalış 340nm de ölçülür ve bu durum AST aktivitesi ile orantılıdır (Bergmeyer ve ark., 1985).

3.3.3 Glikoz Analiz Prensibi

Glikoz, ATP ve magnezyum iyonlarının varlığında heksokinaz (HK) tarafından glikoz-6-fosfat ve adenosin difosfat (ADP) açığa çıkaracak şekilde fosforilatlaştırılır. Glikoz-6-fosfat dehidrojenaz (G6P-DH), glikoz-6-fosfatı spesifik olarak glikonat-6-fosfata oksidize eder ve NAD^+ eş zamanlı olarak NADH ’ ye indirgenir. Absorbansta 340nm deki artış numunedeki glikoz konsatrasyonu ile orantılıdır (Czok ve Barthelmai, 1962).

3.3.4. Protein Analiz Prensibi

Alkalin çözeltideki küprik iyonlar en az iki protein ve polypeptidlerle reaksiyona girerek mor renkli bir kompleks ortaya çıkarırlar. Açığa çıkan bu kompleksin 540/660 nm deki absorpsansı, numunedeki protein konsatrasyonu ile doğru orantılıdır (Weichselbaum, 1946).

3.3.5. Triglicerit Analiz Prensibi

Bu Olympus Triglyceride posedürü bir dizi birbirine bağlı enzimatik reaksiyonu esas almaktadır. Numunedeki trigliseritler, gliserol ve yağ asitleri açığa çıkararak mikrobiyal lipazlar kombinasyonu tarafından hidrolize edilir. Gliserol, gliserol kinaz (GK) varlığında adenosin trifosfat (ATP) tarafından fosforilatlaştırılır ve gliserol-3-fosfat açığa çıkar. Gliserol-3-fosfat, GPO (gliserol fosfat oksidaz) varlığında moleküler oksijen tarafından oksidize edilir ve ardından hidrojen peroksit (H_2O_2) ile dihidroksiaseton fosfat açığa çıkar. H_2O_2 , peroksidaz (POD) tarafından katalize edilen p-klorofenol ve 4-aminoantipiridini (4-AAP) oksidatif olarak bağlamak için kullanılır ve ardından maksimum 500 nm absorbansa sahip kırmızı bir boya açığa çıkar. Absorbanta 520/600 nm’deki artış numunenin trigliserid içeriği ile orantılıdır (Jacobs ve Van Denmark, 1960).

3.3.6. Üre Analiz Prensibi

Üre, su ve üreaz varlığında hidrolize olur ve amonyak ile karbondioksit açığa çıkarır. İlk reaksiyonda açığa çıkan amonyak glutamat–dehidrojenaz (GLDH) varlığında 2-okzoglutarat ve NADH ile birleşerek glutamat ile NAD^+ oluşur. Birim zaman başına NADH absorbanstaki düşüş üre konsantrasyonu ile orantılıdır (Talke ve Schubert, 1965).

3.3.7. Kolesterol Analiz Prensibi

Bu prensip, canlı serumu ve plazmasındaki kolesterolü ölçmek için enzimatik bir yöntemden faydalanır. Bu yöntemde bir numunedeki kolesterol esterleri kolesterol esteraz (CHE) tarafından hidrolize uğratılır, açığa çıkan serbest kolesterol, kolesterol oksidaz (CHO) tarafından kolestan-3-one'a oksidize edilir ve eş zamanlı olarak, peroksidaz (POD) varlığında kromofor üretecek şekilde 4-aminoantiprin ve fenol ile oksidatif olarak bağlanan hidrojen peroksit (H_2O_2) açığa çıkar. Ortaya çıkan kırmızı kinonimin boyası, absorbanstaki bir artışla birlikte 540/600 nm'de spektrofotometrik olarak ölçülür. (Allain ve ark. 1974).

3.3.8. Kalsiyum Analiz Prensibi

Kalsiyum prosedürü arsenazo III ile yoğun bir mor renkli kompleks oluşturacak şekilde reaksiyona giren kalsiyum iyonlarını (Ca^{+2}) esas alır. Bu yöntemde, kalsiyum-arsenazo III kompleksinin absorbanası 660/700 nm de bikromatik olarak ölçülmektedir. Reaksiyon karışımının absorbanasında ortaya çıkan artış numunedeki kalsiyum konsantrasyonu ile doğru orantılıdır (Bauer, 1981).

3.3.9. Sodyum-Potasyum-Klor Analiz Prensibi

Na^+ , K^+ ve Cl^- için Olympus ISE modülünde Na^+ ve K^+ için krom eter zarlı elektrotlar, Cl^- için ise molekül yönelimli bir PVC zar kullanılmaktadır ve bu zarlar numunedeki ilgilenilen her iyonla özeldir. Her bir iyon için Nemst denklemine göre bir elektrik potansiyeli geliştirilir. Dahili bir referans ile kıyaslandığında bu elektrik

potansiyeli bir voltaja ve ardından da numunenin iyon derişimine çevrilir (Tietz ve Logan, 1987).

3.3.10. Besin Değerleri Analizi

3.3.10.1. Toplam Ham Protein Analizi

Toplam ham protein Kjeldahl metoduna (AOAC, 1998) göre yapılmıştır. Kjeldahl tüpleri içerisindeki 1 g homojenize edilmiş örnek üzerine, 2 adet kjeldahl tablet (Merck, TP826558) ve 25 ml H₂SO₄ eklenerek yakma ünitesinde örnekler 2-3 saat yakılmıştır. Oda sıcaklığına geldikten sonra örneğin bulunduğu tüp içerisine 75 ml saf su eklenmiştir. 25 ml %40 'lık borik asit (H₃BO₃) solüsyonu eklenen erlen ile, kjeldahl tüpleri kjeldahl cihazına yerleştirilerek %40'lık NaOH ile 7 dakika distilasyon işlemi yapılmıştır. Kjeldahl cihazından alınan erlen içerisindeki solüsyon 0.1 M HCl ile rengi pembe mor olana kadar titre edilmiştir. Sarf edilen HCl miktarı kaydedilerek, aşağıdaki formül yardımıyla protein miktarları hesaplanmıştır.

$$\%N = \frac{14.01 \times (A-B) \times M \times 100}{g \times 10}$$

$$\% \text{ Protein} = \% N \times 6.25$$

A: Örnek için sarf edilen HCl miktarı (ml)

B: Kör için sarf edilen HCl miktarı (ml)

M: Asit molaritesi (M)

g: Örnek miktarı (gram)

3.3.10.2. Lipit Analizi

Bligh ve Dyer (1959)'in uyguladıkları yönteme göre lipit analizi yapılmıştır. 5 g homojenize edilmiş örnek, üzerine 120 ml metanol/kloroform (1/2)

eklendikten sonra Warring blender ile karıştırılmıştır. Daha sonra bu örnekler üzerine 20 ml %0.4' lük CaCl_2 solüsyonundan eklenerek süzme kağıdından (Scleicher&Schuell, 5951/2 185 (mm) süzülen örnekler, 105 °C'de 2 saat etüvde bekletilip darası alınmış olan balon jojelere süzdürülmüştür. Bu balonlar ağzları hava almayacak şekilde parafin ile kapatılıp 1 gece karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Ertesi gün metanol-sudan oluşan üst tabaka bir ayırma hunisi yardımıyla ayrıştırılmıştır. Balonların içinde kalan kloroform-lipit kısmından kloroform 60 °C'de su banyosunda rotary evaporatör kullanılarak uçurulmuştur. Daha sonra balonlar etüvde 1 saat süreyle 65 °C'de bekletilerek içerisindeki kloroformun tamamının uçması sağlanmış ve bir desikatör içerisinde oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra 0.1 mg duyarlı hassas terazide tartılmıştır. Lipit oranının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\text{Lipit miktarı (\%)} = \frac{[\text{Balon Darası (g)} + \text{Lipit (g)}] - [\text{Balon Darası (g)}] \times 100}{\text{Örnek Miktarı (g)}}$$

3.3.10.3. Ham Kül Analizi

Ham kül analizinde kullanılan porselen krezeler ilk önce 103 °C'de 2 saat süreyle etüvde kurutulup daha sonra desikatörde soğutulduktan sonra 0.1 mg duyarlı hassas terazide daraları alınmıştır. Krezeler içerisine homojenize edilmiş örnekten 3-3.5 g tartılıp bu örneklerle 4 saat +550 °C'de rengi açık gri oluncaya kadar yakma işlemi uygulanmıştır. Daha sonra desikatör içinde oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra, hassas terazide tartılmıştır (Mattissek ve ark., 1989). Örneğe ait % ham kül sonuçları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Ham kül (\%)} = \frac{[\text{Dara (g)} + \text{Ham Kül (g)}] - [\text{Dara (g)}] \times 100}{\text{Örnek miktarı (g)}}$$

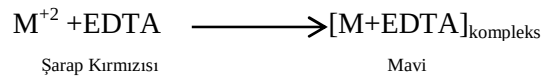
3.3.10.4. Nem Analizi

Nem analizi Ludorf ve Meyer (1973)'in uyguladıkları yönteme göre yapılmıştır. Krozeler etüvde 105°C'de 1 saat süreyle kurtulmuş ve desikatörde 30 dakika süreyle soğutulduktan sonra 0.1mg duyarlı hassas terazide darası alınmıştır. Daha sonra homojenize edilmiş örnekten darası alınan krozelere yaklaşık 3-3.5 g koyularak sabit bir ağırlığa ulaşana kadar (yaklaşık 8 saat) kurutulmuştur. Bu işlemin ardından oda sıcaklığına kadar soğumaları için desikatöre yerleştirilmiş ve 0.1mg duyarlı hassas terazide tartılarak sonuçlar kaydedilmiştir. Analiz sonucunda örneğe ait nem miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\text{Nem miktarı (\%)} = \frac{(\text{İlk Tartım} - \text{Son Tartım}) \times 100}{\text{Örnek miktarı (g)}}$$

3.3.11. Kalsiyum ve Sertlik Tayini**3.3.11.1. EDTA Metoduyla Su Sertliğinin Belirlenmesi**

APHA, AWWA, WEF (1999)'a göre yapılan suda sertlik analizi, etilen-diamin tetraasetik asit ve sodyum tuzları (EDTA)'nın suda belirli metal katyonları ile kompleks oluşturması prensibine dayanır. Eriochrome Black T veya Müreksit gibi indikatörler, tampon çözelti ile pH'sı 10.0 ± 0.1 getirilen kalsiyum ve magnezyum iyonları içeren su örneğine ilave edildiği zaman renk şarap kırmızısına dönüşür. EDTA titrant olarak eklendiğinde kalsiyum ve magnezyum iyonları (M⁺²) EDTA ile kompleks oluşturur. Magnezyum ve kalsiyumun tamamı kompleks hale getirildiğinde örnek şarap kırmızısından maviye döner ve titrasyon sona erdirilir.

**Kullanılan Çözeltiler**

- a) 0,01M EDTA çözeltisi: 3,723 gr EDTA (ethylenediaminetetraasetik asit disodyum tuzu 2 H₂O) saf suda çözülür ve 1000ml'ye tamamlanır.

- b) Tampon Çözeltisi: 1,179 gr EDTA disodyum tuzu ve 0,78 gr magnezyum sülfat ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) [veya 0,644 gr magnezyum klorür ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)] 50 ml saf suda çözülüp 16,9 gr NH_4Cl ve 143 ml konsantre NH_4OH ilave edilir. saf su ile 250 ml'ye tamamlanır.
- c) Standart Kalsiyum Çözeltisi: 1gr susuz CaCO_3 500 ml'lik erlene konur ve CaCO_3 çözünene kadar 1+1 HCl ilave edilir. 200 ml distile su eklenerek karbondioksitin buharlaşması için birkaç dakika kaynatılır. Soğutulur ve birkaç damla metil kırmızısı indikatörü eklenir ve 3N NH_4OH veya 1+1 HCl eklenerek turuncu renk alması sağlanır. Balon jojeye aktarılarak 1 L'ye saf su ile tamamlanır. Hazırlanan bu standart çözeltinin 1ml'si 1mg CaCO_3 'a eşdeğerdir.
- d) Sodyum Hidroksit Çözeltisi (1N)
- e) Eriochrome Black T İndikatörü (Toplam sertlik için)
- f) Müreksit İndikatörü (Kalsiyum sertliği için)

Deneyin Yapılışı:

Toplam Sertlik: 100 mL su numunesi alınmış ve pH'ı 10'da tutmak için gerekli 1 – 2 mL kadar tampon çözeltisi eklenmiştir. 0,1 g kadar Eriochrome Black T indikatörü ilavesinden sonra, su örneği rengi şarap kırmızısından, mavi renge dönene kadar 0,01 M EDTA ile titrasyon yapılmış ve harcanan EDTA miktarı not edilmiştir.

Kalsiyum Sertliği: 100 mL su numunesi alınmış ve pH'ı 10'da tutmak için gerekli 1 – 2 mL kadar tampon çözeltisi eklenmiştir. 0,1 g kadar müreksit indikatörü ilavesinden sonra, su örneği rengi şarap kırmızısından, mavi renge dönene kadar 0,01 M EDTA ile titrasyon yapılmış ve harcanan EDTA miktarı not edilmiştir.

3.3.11.2. Kalsiyum Sertliği ve Toplam Sertliğin Hesaplanması

$$\text{Toplam Sertlik (EDTA) mgCaCO}_3/\text{L} = \frac{A \times B \times 1000}{\text{ml Örnek}}$$

$$\text{Kalsiyum Sertliği (EDTA) mgCaCO}_3/\text{L} = \frac{A \times B \times 1000}{\text{ml Örnek}}$$

A = Örnek için harcanan EDTA sarfiyatı,

B = 1 ml EDTA'ya eşdeğer Kalsiyum Karbonatın mg cinsinden değeri

3.3.11.3. Kullanılan Metallerin Derişimlerinin Hesaplanması

Akut 30 µM Cr için;

$$M = m/M \times V \Rightarrow 0.0000003 = m/51.996 \times 1 \Rightarrow m = 0.00155988 \text{ g}$$

$$\text{ppm (Milyonda Bir Parça)} = \frac{\text{Çözünen (g)}}{\text{Çözelti (ml)}} \times 10^6$$

$$\text{ppm} = \frac{0.00155988 \text{ g}}{1000 \text{ ml}} \times 10^6$$

$$\delta \text{ ppm} = 1.55988$$

3.2.12. İstatistik

Bu çalışmada gruplar arasındaki farkın önemli olup olmadığını belirlemek için (P<0,05) tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) yapılmış, farkın önemli olduğu durumlarda hangi grubun ya da grupların farklı olduklarını belirlemek amacıyla post-hoc testlerinden Duncan Çoklu Aralık Testi (Duncan

Multiple Range Test) uygulanmıştır. Bu analizler için SPSS 17 paket programı, grafik çizimleri ise Microsoft Excel programı kullanılmıştır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bulgular

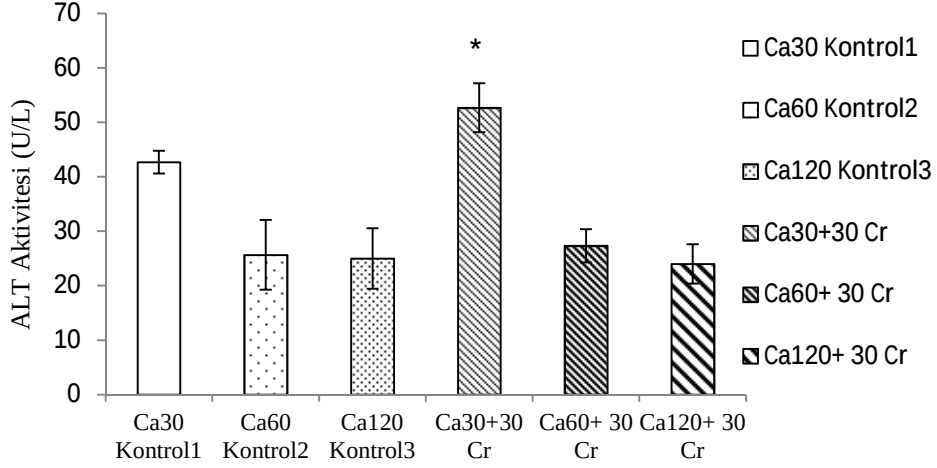
Bu çalışmada *O. niloticus* farklı derişimlerde kalsiyum (Ca^{+2}) içeren sularda sırasıyla 30 μM ve 10 μM derişimlerdeki krom (K_2CrO_4), nikel (NiCl_2), çinko (ZnCl_2) ve 0.3 μM ve 0.03 μM derişimlerdeki cıva (HgCl_2) etkisine akut (3 gün) ve kronik (30 gün) olarak maruz bırakıldı. *O. niloticus*'un kas dokularında besin kalite değerleri (toplam protein, lipit, ham kül ve nem) ve serumunda bazı biyokimyasal parametreler (glikoz, kolesterol, trigliserit, üre, total protein, ALT, AST, ALP, Na^+ , K^+ , Ca^{++} ve Cl^-) incelenmiştir.

Otuz günlük deney süresinin sonunda balıklarda metal ve kalsiyum stresine bağlı olarak bir ölüm gözlenmemiştir.

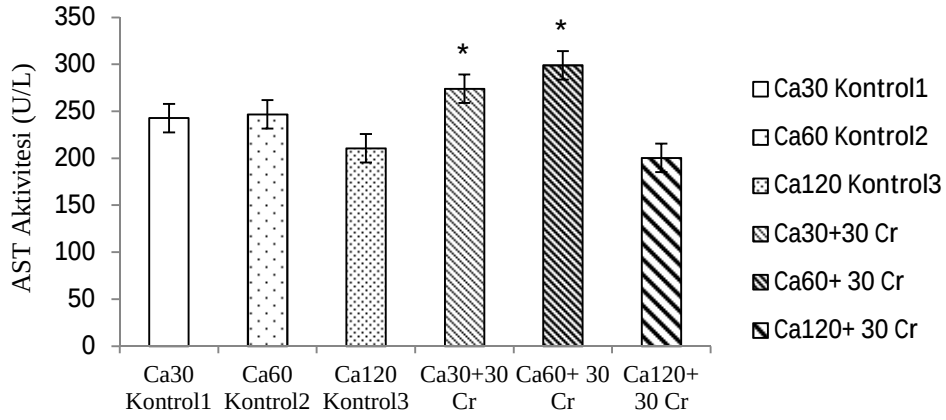
4.1.1. Serum Biyokimyasal Değerleri ve Besin Kalitesi Parametreleri

4.1.1.1. Akut Krom Etkisi

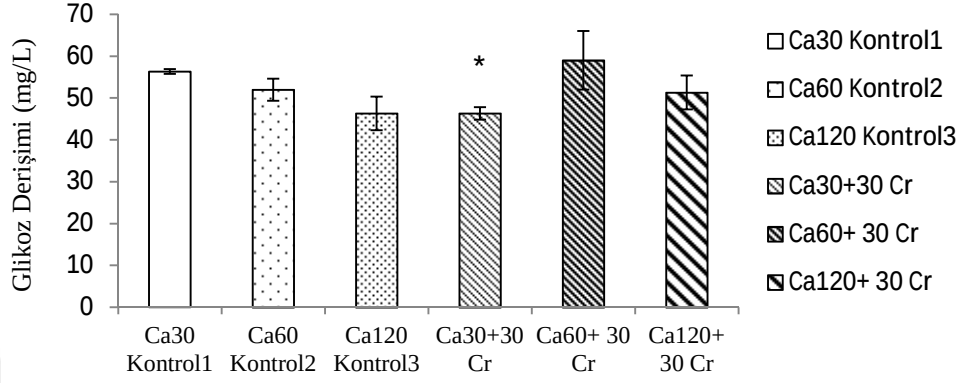
Ca_{30} , Ca_{60} , Ca_{120} sertliklerindeki sularda akut olarak Cr^{+6} etkisinde ALT, AST, Na, kolestrol, trigliserid ve glikoz dışında diğer serum parametrelerinde anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir ($P>0,05$). Ca_{30} sertliğindeki suda 30 μM Cr^{+6} etkisinde serum glikoz değerleri % 17.75 oranında bir azalış göstermiştir (Şekil 4.3, $P<0,05$). Ca_{30} sertliğindeki suda 30 μM Cr^{+6} etkisinde serum ALT değeri kontrole oranla % 23 oranında artış göstermiştir. Ca_{30} ve Ca_{60} sertliklerindeki sularda 30 μM Cr^{+6} etkisinde sırasıyla serum AST değerleri % 12.92 ve % 21.22 oranında artış göstermiştir. Serum kolestrol değeri Ca_{60} sertliğinde 30 μM Cr^{+6} etkisinde kontrole oranla % 13.89 oranında artmıştır. Ca_{120} sertliğinde 30 μM Cr^{+6} etkisi altında serum trigliserid düzeyi ise % 34.34 oranında artış göstermiştir.



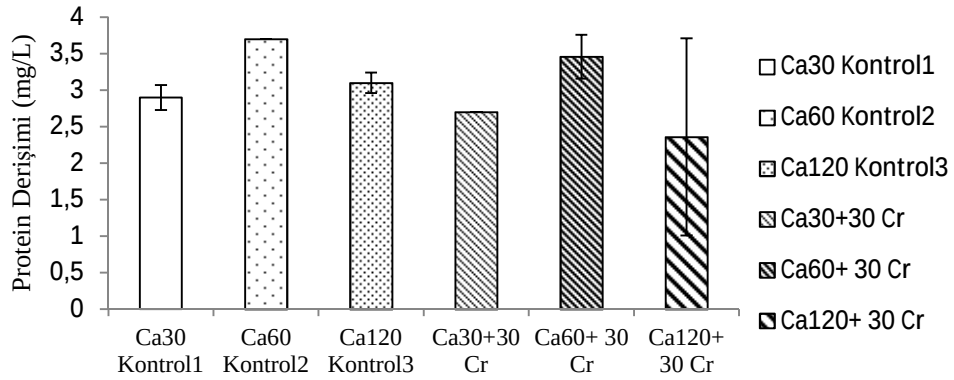
Şekil 4.1. 30, 60, 120 mg Ca^{+2} /L değerlerindeki sularda akut sürede (3 gün) Cr^{+6} (30 μM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum ALT değerleri ($P < 0.05$). (Veriler ortalama $\pm$ standart hatayı göstermektedir. * anlamlı değişim olan grubu ifade etmektedir.)



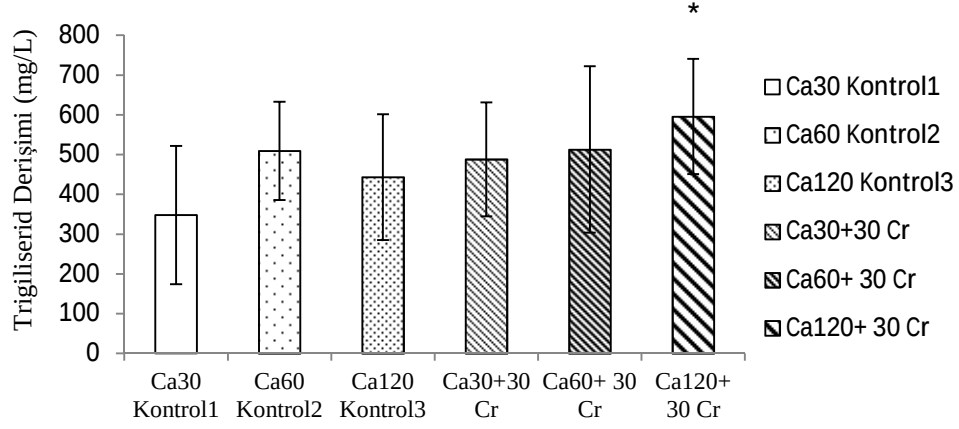
Şekil 4.2. 30, 60, 120 mg Ca^{+2} /L değerlerindeki sularda akut sürede (3 gün) Cr^{+6} (30 μM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum AST değerleri ($P < 0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



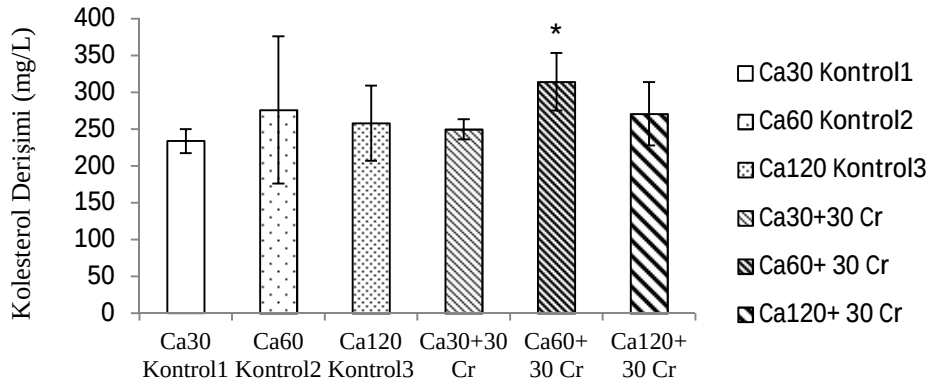
Şekil 4.3. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede (3 gün) Cr⁺⁶ (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum glukoz değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



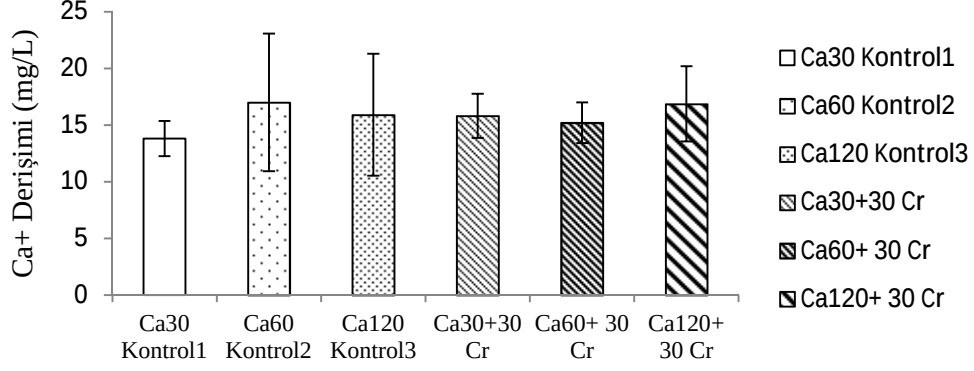
Şekil 4.4. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede (3 gün) Cr⁺⁶ (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum toplam protein değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



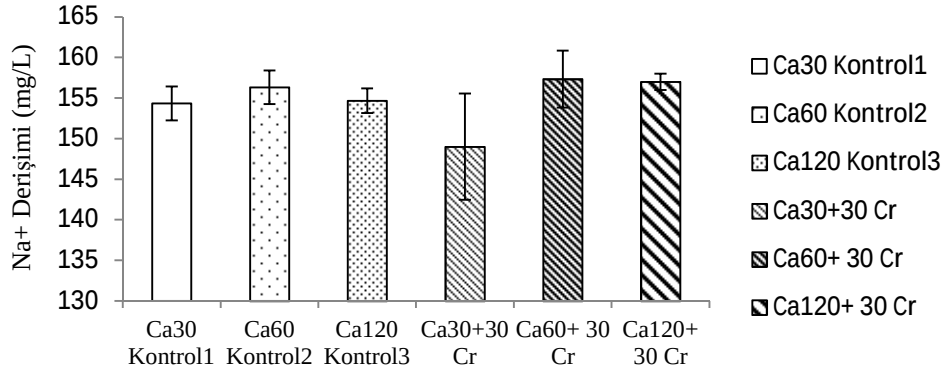
Şekil 4.5. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede (3 gün) Cr⁺⁶ (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum trigiliserid değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



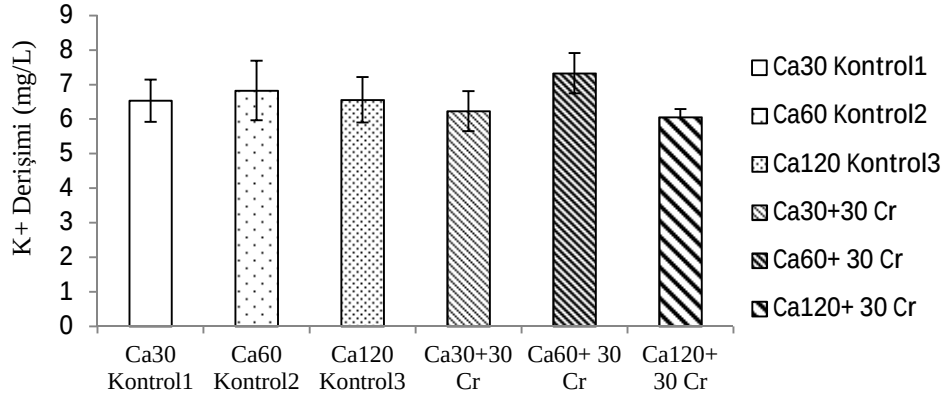
Şekil 4.6. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede (3 gün) Cr⁺⁶ (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum kolesterol değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.7. 30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda akut sürede (3 gün) Cr^{+6} (30 μM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum Ca^{+} değerleri ($P>0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.8. 30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda akut sürede (3 gün) Cr^{+6} (30 μM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum Na^{+} değerleri ($P>0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.9. 30, 60, 120 mg Ca²⁺/L değerlerindeki sularda akut sürede (3 gün) Cr⁺⁶ (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum K⁺ değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).

Oreochromis niloticus' un kontrol Ca₃₀, Ca₆₀ ve Ca₁₂₀ sertliğindeki sularda besin değerleri Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. 30, 60, 120 mg Ca²⁺/L değerlerindeki sularda akut kontrol grubundaki *O. niloticus*' un besin değerleri (%)

Akut Kontrol	30 mg Ca ²⁺ /L	60 mg Ca ²⁺ /L	120 mg Ca ²⁺ /L
Protein	15.01±0.39 ^a	15.12±0.37 ^a	15.29±0.47 ^a
Lipit	0.52±0.18 ^a	0.57±0.14 ^a	0.77±0.08 ^a
Nem	79.17±0.13 ^b	79.31±0.20 ^{ab}	79.60±0.27 ^a
Kül	0.29±0.16 ^b	0.66±0.16 ^a	0.58±0.27 ^{ab}

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistiksel fark vardır. X ± SX : Aritmetik ortalama ± Standart sapma

Akut sürede Ca₃₀ sertliğindeki suda kontrol grubunda 30 mg Ca²⁺/L etkisinde *O. niloticus*' un besin değerleri ham protein % 15.01, lipit % 0.52, nem % 79.17 ve ham kül % 0.29 olarak hesaplanırken 30 µM Cr⁺⁶ etkisinde *O. niloticus*' un besin değerleri ham protein % 15.47, lipit % 0.78, nem % 77.97 ve

ham kül % 0.74 olarak hesaplanmıştır. Suyun sertliği ve metal düzeyi arttıkça ham kül hariç diğer besin değerlerinde artış gözlenmiştir (Çizelge 4.2).

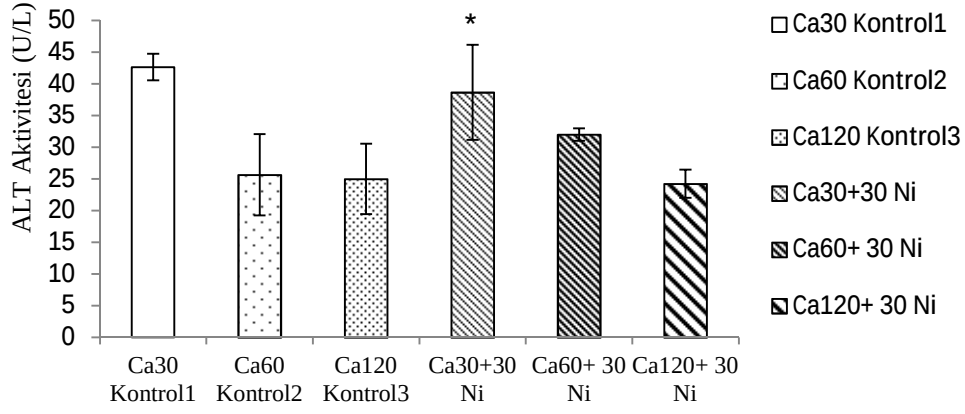
Çizelge 4.2. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede (3 gün) Cr⁺⁶ (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un besin değerleri (%)

Akut KROM	30 mg Ca ⁺² /L+ 30µM Cr ⁺⁶	60 mg Ca ⁺² /L+ 30µM Cr ⁺⁶	120 mg Ca ⁺² /L+ 30µM Cr ⁺⁶
Protein	15.47±0.14 ^a	15.55±0.74 ^a	16.12±0.89 ^a
Lipit	0.78±0.24 ^a	0.38±0.03 ^a	0.48±0.34 ^a
Nem	77.97±0.65 ^a	77.65±0.75 ^a	78.58±0.52 ^a
Kül	0.74±0.20 ^a	0.46±0.05 ^b	0.60±0.18 ^{ab}

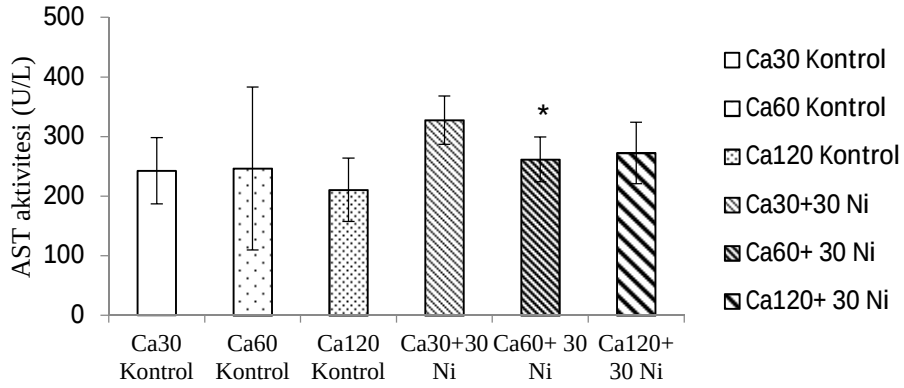
Aynı satırda farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistiksel fark vardır. X ± SX : Aritmetik ortalama ± Standart sapma

4.1.1.2. Akut Nikel Etkisi

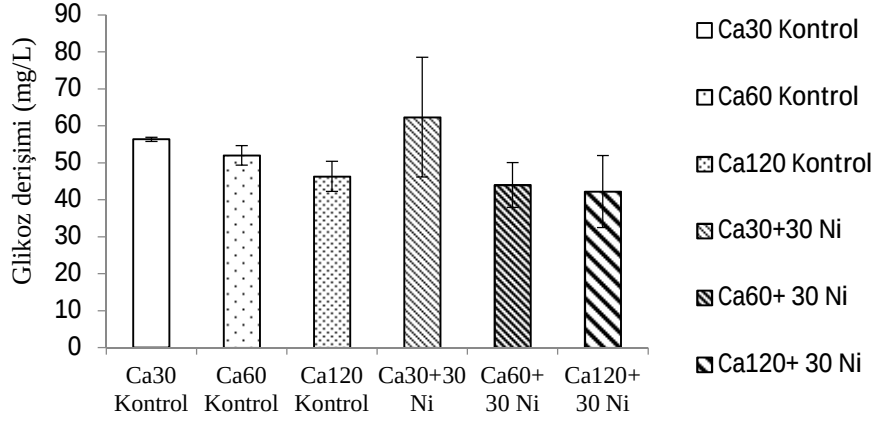
Akut Ni⁺² etkisinde serum ALT ve AST dışında diğer serum parametrelerinde anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir. 30 µM Ni⁺² etkisinde serum ALT kontrole oranla % 11 oranında bir azalış göstermiştir (P<0,05, Şekil 4.10). Bu azalış sertliğin artmasıyla istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (P>0,05).



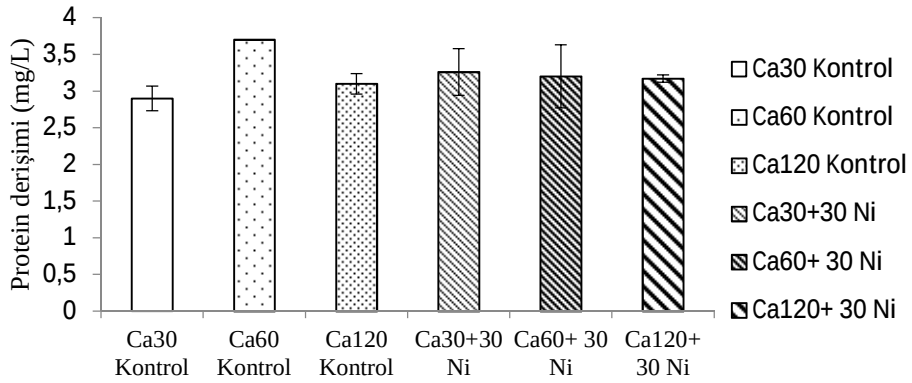
Şekil 4.10. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede Ni⁺² (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum ALT değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



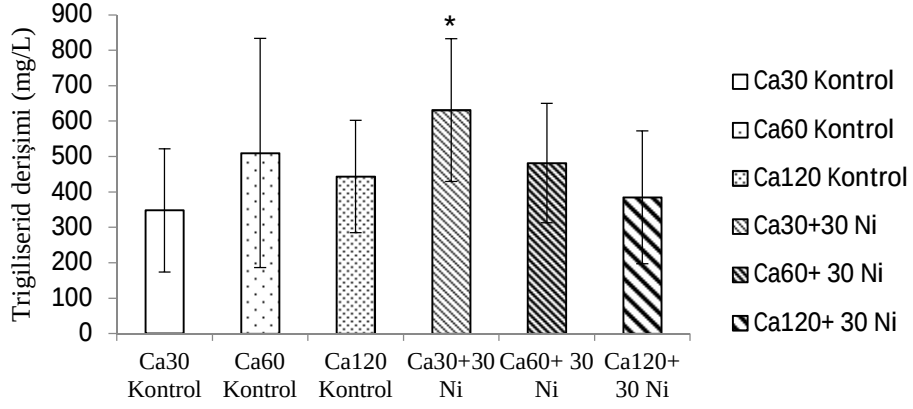
Şekil 4.11. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede Ni⁺² (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum AST değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



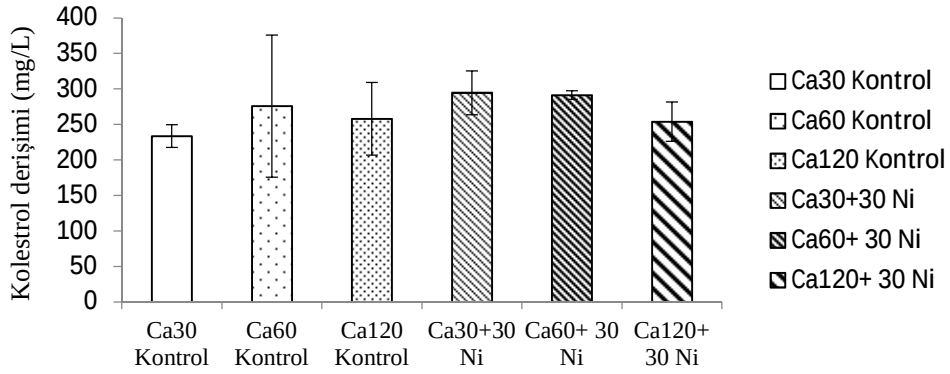
Şekil 4.12. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede Ni⁺² (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum glikoz değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



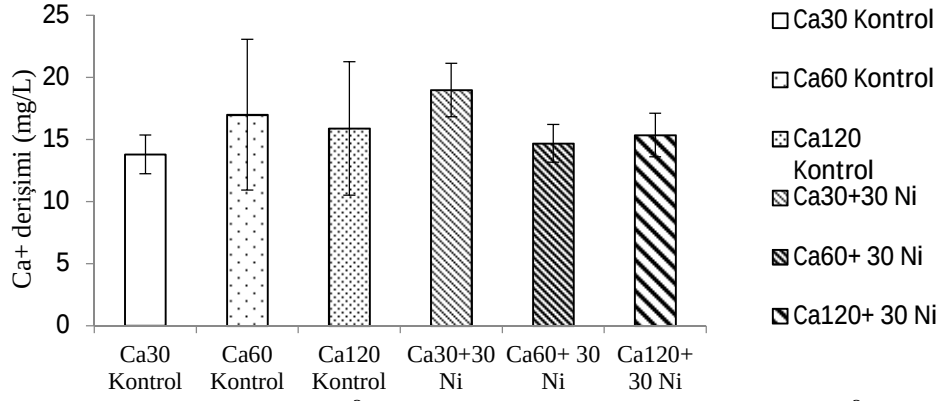
Şekil 4.13. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede Ni⁺² (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum toplam protein değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



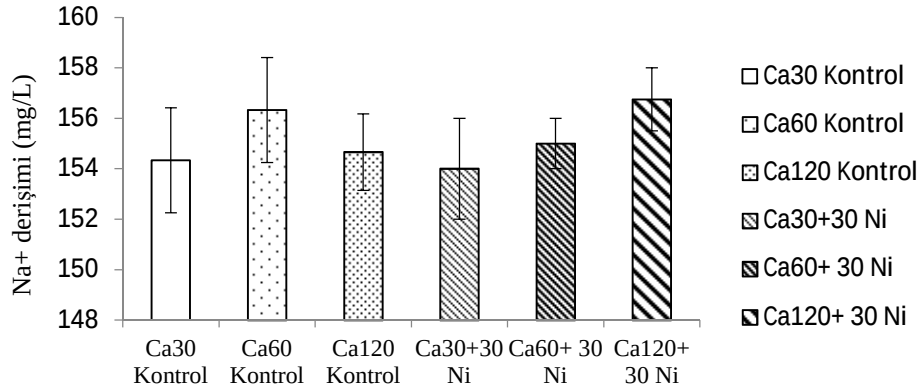
Şekil 4.14. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede Ni⁺² (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum trigiliserid değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



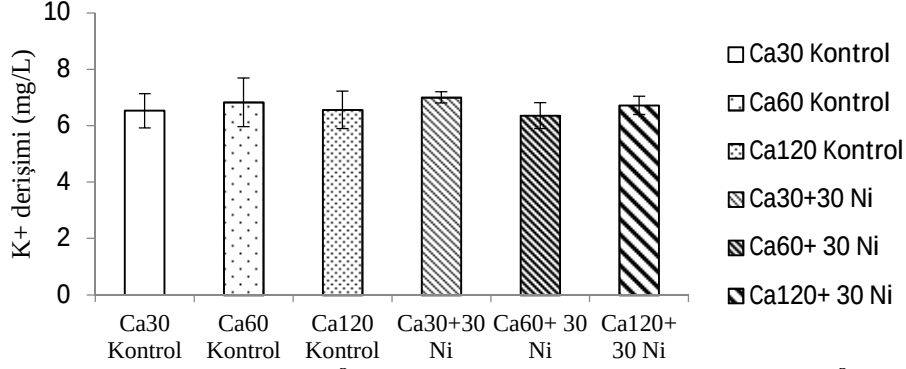
Şekil 4.15. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede Ni⁺² (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum kolestrol değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.16. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede Ni⁺² (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum Ca⁺ değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.17. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede Ni⁺² (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum Na⁺ değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.18. 30, 60, 120 mg Ca²⁺/L değerlerindeki sularda akut sürede Ni²⁺ (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum K⁺ değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).

Akut Ni²⁺ etkisinde *O. niloticus*' un kontrol grubuna göre en yüksek ham protein değeri Ca₆₀ sertliğindeki suda 30 µM Ni²⁺ etkisinde olduğu gözlenmiştir. Ham protein % 21.3, lipit % 0.24, nem % 76.42 ve ham kül % 0.21 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. 30, 60, 120 mg Ca²⁺/L değerlerindeki sularda akut sürede Ni²⁺ (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un besin değerleri (%)

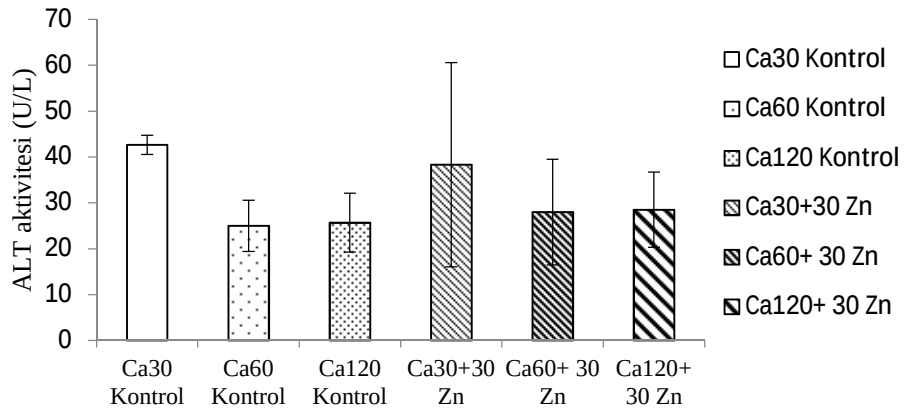
Akut NİKEL	30 mg Ca ²⁺ /L+ 30µM Ni ²⁺	60 mg Ca ²⁺ /L+ 30µM Ni ²⁺	120 mg Ca ²⁺ /L+ 30µM Ni ²⁺
Protein	19.17±0.31 ^b	21.3±0.28 ^a	20.61±0.63 ^a
Lipit	0.53±0.20 ^a	0.24±0.07 ^a	0.24±0.20 ^a
Nem	75.87±0.77 ^b	76.42±2.35 ^{ab}	78.48±0.79 ^a
Kül	0.21±0.23 ^a	0.21±0.40 ^a	0.36±0.29 ^a

*Aynı satırda farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistiksel fark vardır. X ± SX : Aritmetik ortalama ± Standart sapma

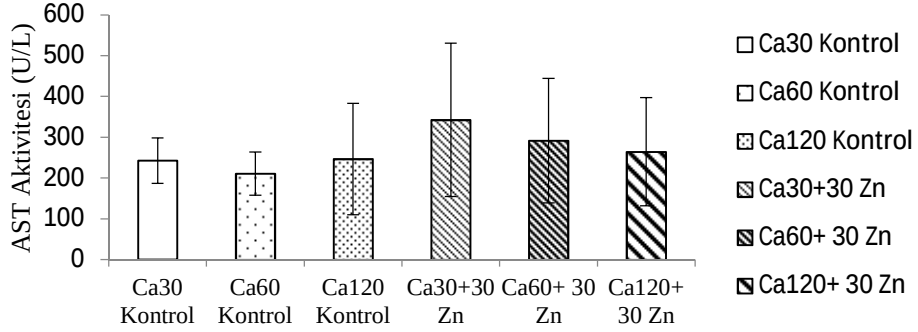
4.1.1.3. Akut Çinko Etkisi

Akut süreçte en az etki gösteren metal Zn^{+2} olmuştur. Serum parametrelerinde kontrole oranla Ca_{30} , Ca_{60} , Ca_{120} sertliklerindeki sularda Zn^{+2} etkisinde anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir ($P>0,05$).

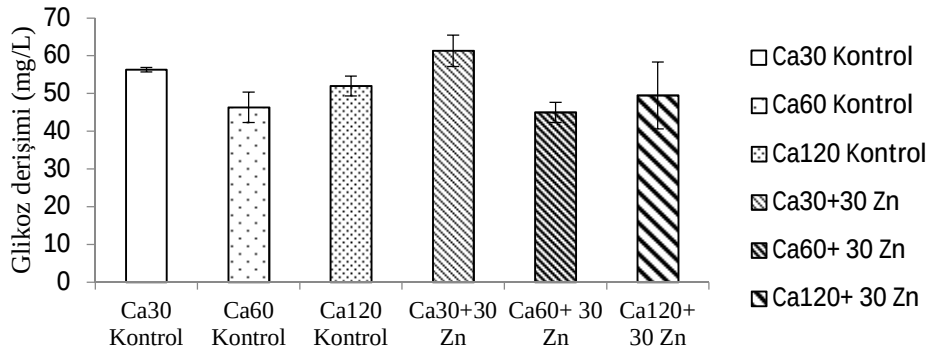
Ca_{30} sertliğinde $30 \mu M Zn^{+2}$ etkisindeki suda *O. niloticus*'un besin değerleri ham protein % 21.27, lipit % 0.43, nem % 78.60 ve ham kül % 0.41 oranında bulunmuştur. Ca_{60} sertliğindeki $30 \mu M Zn^{+2}$ etkisindeki örneklerin besin değerleri ham protein, lipit, nem ve ham kül oranları sırasıyla % 19.13, % 0.29, % 77.57 ve % 0.54 oranlarında gözlenirken Ca_{120} sertliğinde $30 \mu M Zn^{+2}$ etkisinde besin değerleri sırasıyla % 18.64, % 0.55, % 77.62 ve % 0.60 oranlarında gözlemlenmiştir (Çizelge 4.4).



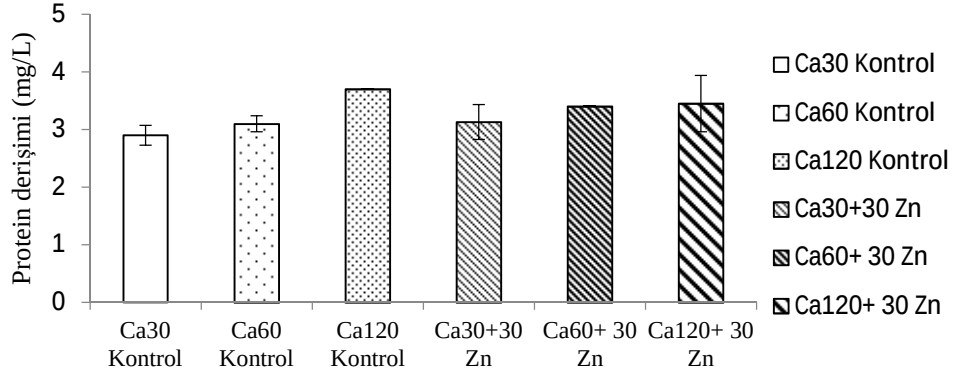
Şekil 4.19. 30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda akut sürede Zn^{+2} ($30 \mu M$) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum ALT değerleri ($P>0,05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



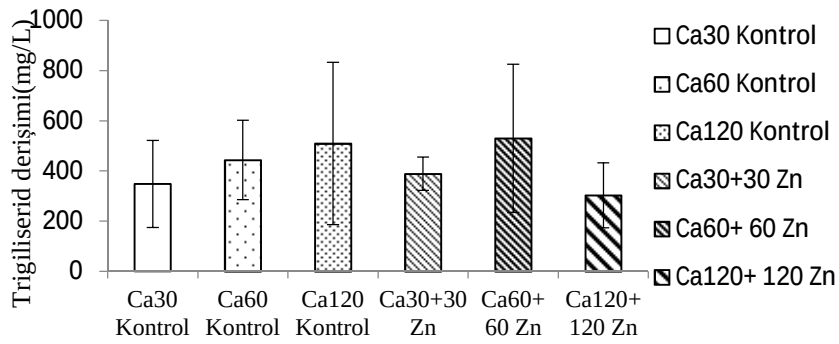
Şekil 4.20. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede Zn⁺² (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum AST değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



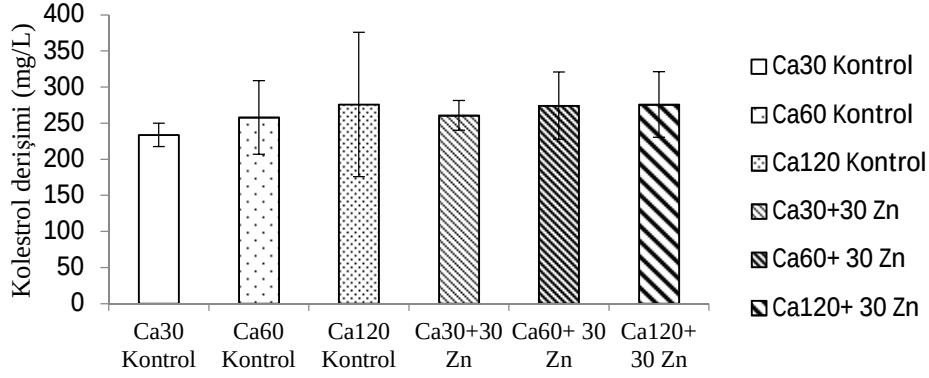
Şekil 4.21. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede Zn⁺² (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum glukoz değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



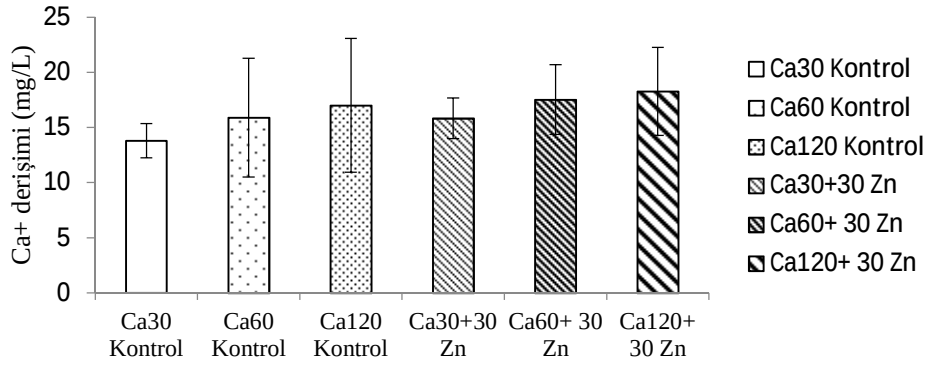
Şekil 4.22. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede Zn⁺² (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum toplam protein değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



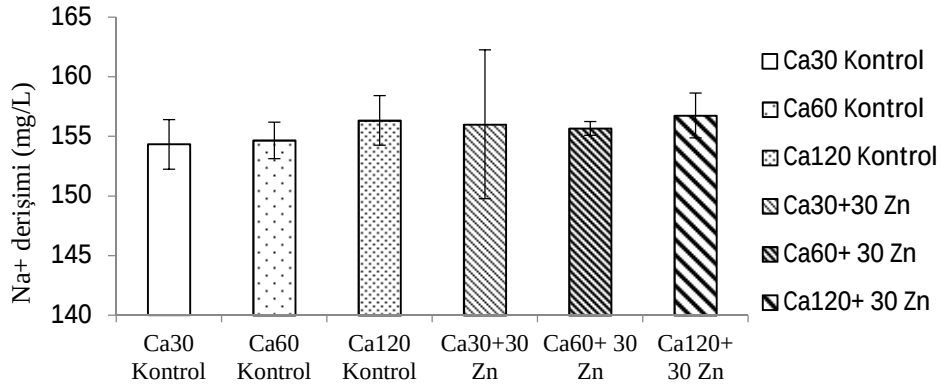
Şekil 4.23. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede Zn⁺² (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum trigiliserid değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



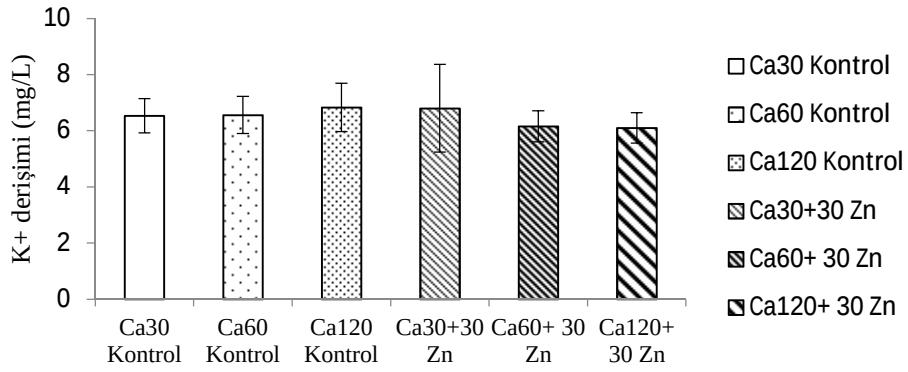
Şekil 4.24. 30, 60, 120 mg Ca^{+2} /L değerlerindeki sularda akut sürede Zn^{+2} (30 μM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum kolesterol değerleri ($P>0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.25. 30, 60, 120 mg Ca^{+2} /L değerlerindeki sularda akut sürede Zn^{+2} (30 μM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum Ca^{+} değerleri ($P>0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.26. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede Zn⁺² (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum Na⁺ değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.27. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede Zn⁺² (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum K⁺ değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).

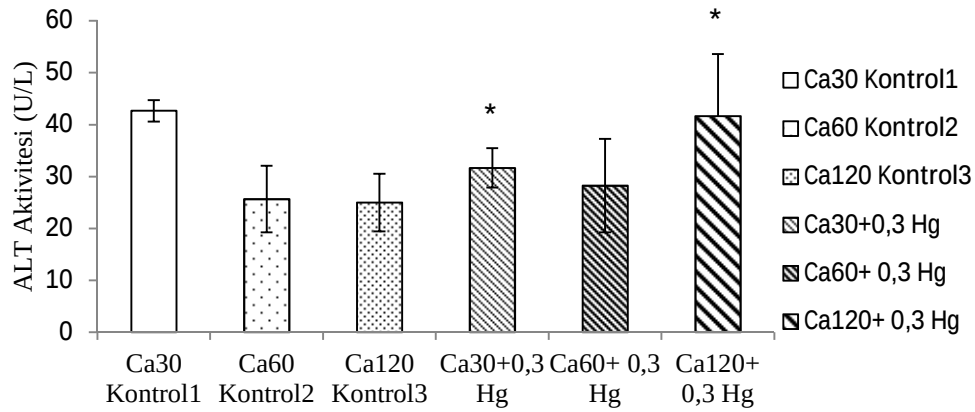
Çizelge 4.4. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede Zn⁺² (30 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un besin değerleri (%)

Akut ÇİNKO	30 mg Ca ⁺² /L+ 30µM Zn ⁺²	60 mg Ca ⁺² /L+ 30µM Zn ⁺²	120 mg Ca ⁺² /L+ 30µM Zn ⁺²
Protein	21.27±0.93 ^a	19.13 ±2.01 ^a	18.64±1.77 ^a
Lipit	0.43±0.26 ^a	0.29±0.28 ^a	0.55±0.23 ^a
Nem	78.60±0.32 ^a	77.57±0.25 ^b	77.62±0.40 ^b
Kül	0.41±0.16 ^a	0.54±0.11 ^a	0.60±0.25 ^a

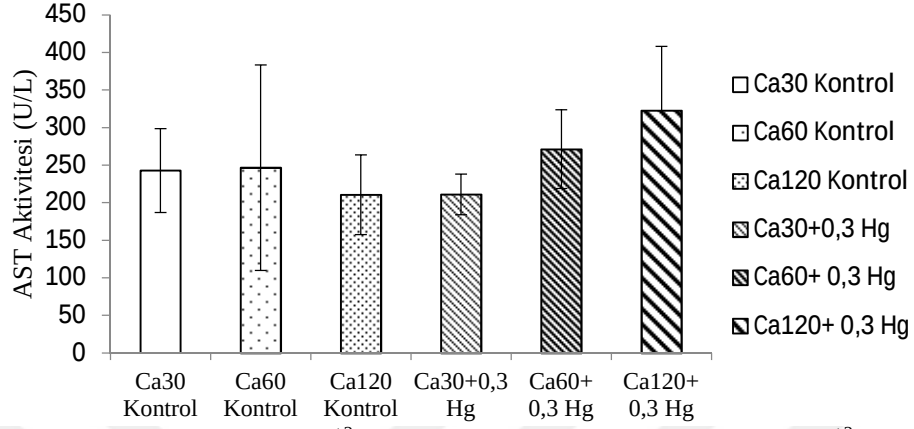
Aynı satırda farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistiksel fark vardır. X ± SX : Aritmetik ortalama ± Standart sapma

4.1.1.4. Akut Cıva Etkisi

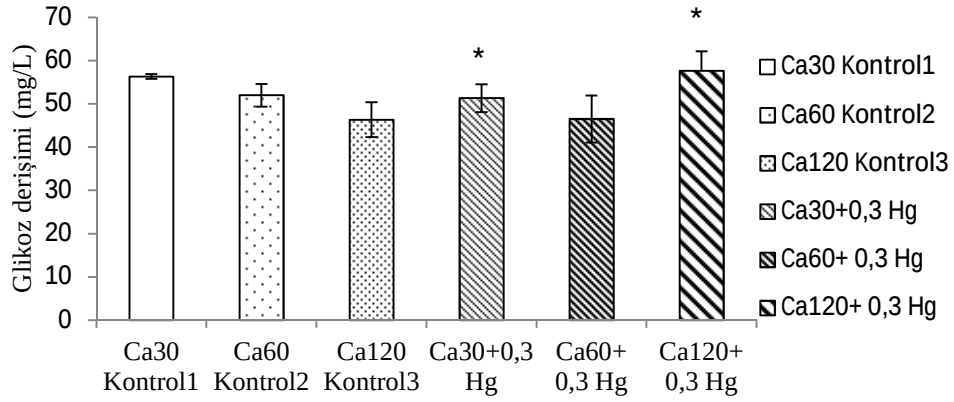
Akut cıva etkisinde serum ALT ve glikoz değerlerinde anlamlı bir değişiklik gözlenirken diğer parametrelerde anlamlı bir değişiklik söz konusu olmamıştır (P>0,05). Ca₃₀ sertliğinde 0,3 µM Hg⁺² etkisinde serum ALT oranı kontrol gruplarına göre % 25 oranında bir azalış göstermiştir (Şekil 4.28). Bu durum diğer metallerin akut etkileri içinde en yüksek değişim olmuştur. Ca₁₂₀ sertliğinde 0,3 µM Hg⁺² etkisinde serum glikoz değeri kontrole göre % 24 oranında artış göstermiştir (Şekil 4.30).



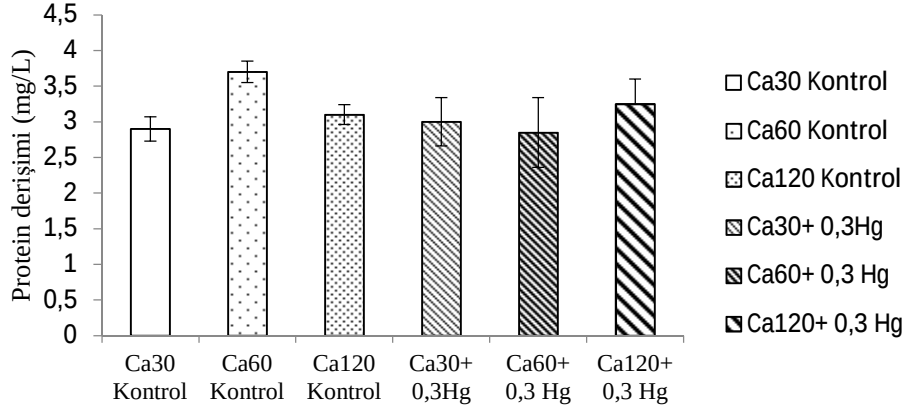
Şekil 4.28. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede Hg⁺² (0,3 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum ALT değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



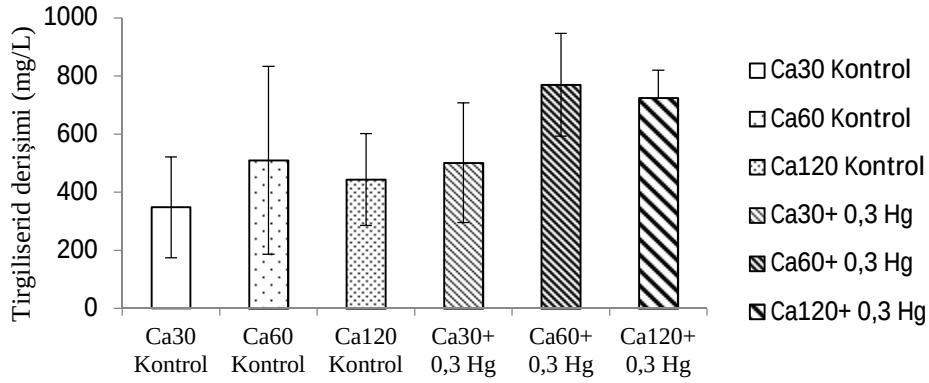
Şekil 4.29. 30, 60, 120 mg Ca^{+2} /L değerlerindeki sularda akut sürede Hg^{+2} (0,3 μM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum AST değerleri ($P>0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



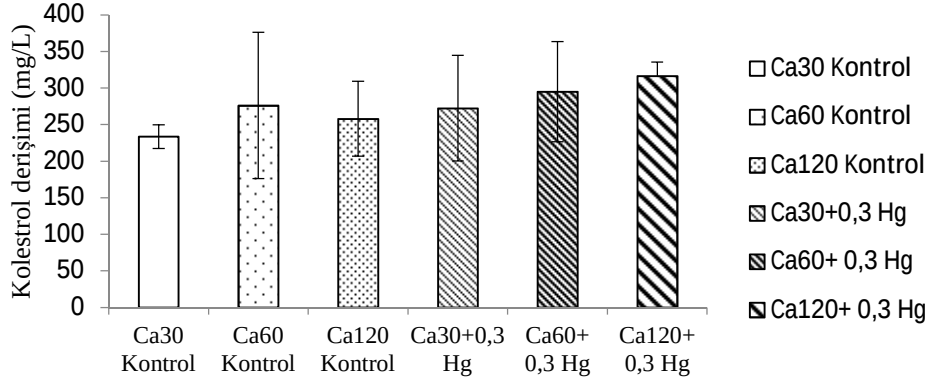
Şekil 4.30. 30, 60, 120 mg Ca^{+2} /L değerlerindeki sularda akut sürede Hg^{+2} (0,3 μM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum glukoz değerleri ($P<0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



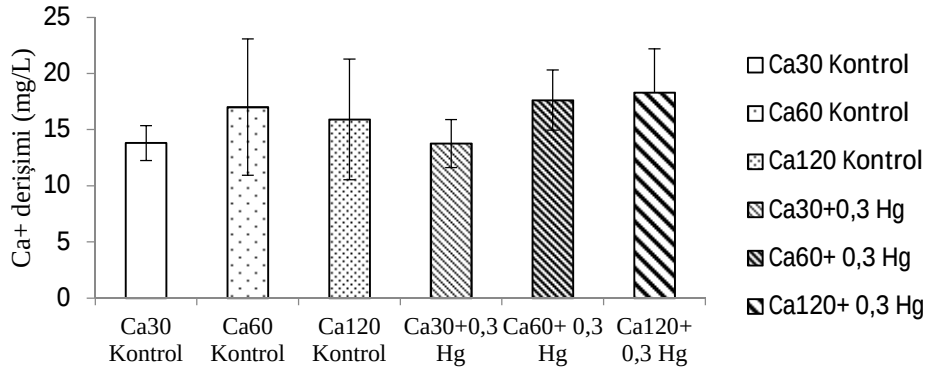
Şekil 4.31. 30, 60, 120 mg Ca^{+2} /L değerlerindeki sularda akut sürede Hg^{+2} (0,3 μM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum toplam protein değerleri ($P>0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



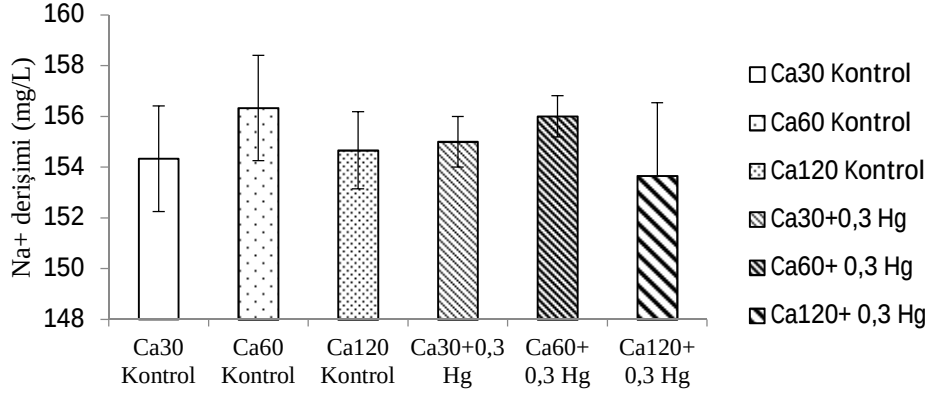
Şekil 4.32. 30, 60, 120 mg Ca^{+2} /L değerlerindeki sularda akut sürede Hg^{+2} (0,3 μM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum trigiliserid değerleri ($P>0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



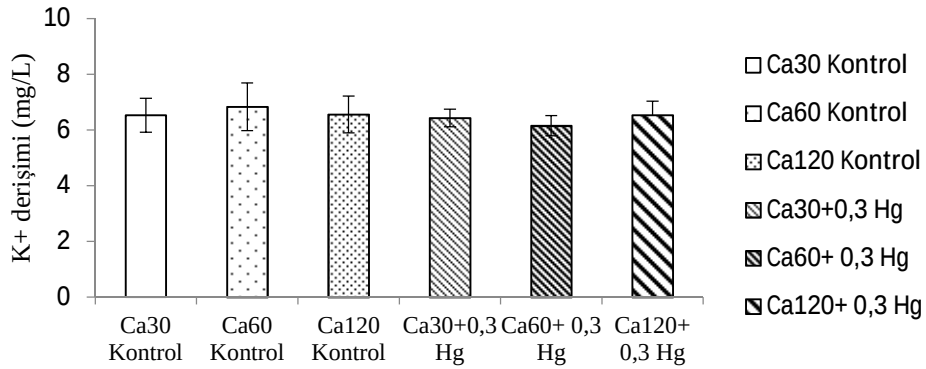
Şekil 4.33. 30, 60, 120 mg Ca^{+2} /L değerlerindeki sularda akut sürede Hg^{+2} (0,3 μM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum kolesterol değerleri ($P>0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.34. 30, 60, 120 mg Ca^{+2} /L değerlerindeki sularda akut sürede Hg^{+2} (0,3 μM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum Ca^{+} değerleri ($P>0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.35. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede Hg⁺² (0,3 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum Na⁺ değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.36. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda akut sürede Hg⁺² (0,3 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum K⁺ değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).

Akut sürede Hg⁺² etkisinde Ca₃₀ sertliğinde 0,3 µM Hg⁺² etkisindeki suda *O. niloticus*' un besin değerlerinden ham protein oranı kontrole göre artış göstermiştir. Ham protein, lipit, nem ve ham kül oranları sırasıyla % 20.91, % 0.84, % 77.97 ve % 0.40 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.5).

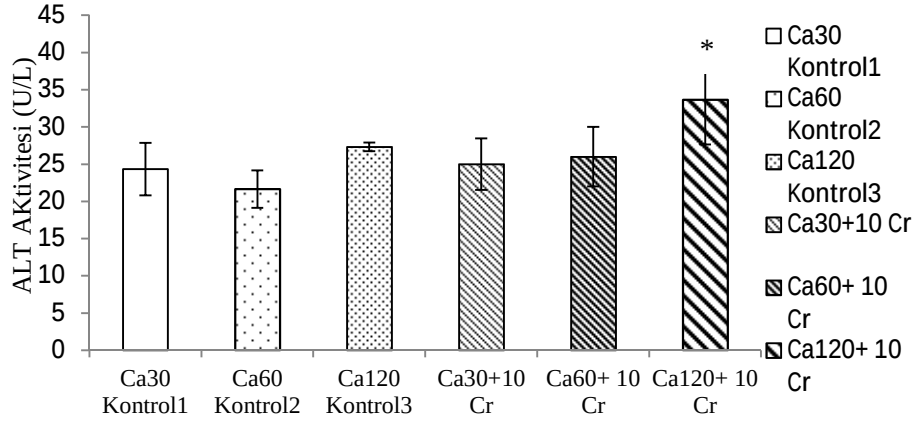
Çizelge 4.5. 30, 60, 120 mg Ca/L değerlerindeki sularda akut sürede Hg^{+2} (0,3 μM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un besin değerleri (%)

Akut CIVA	30 mg $Ca^{+2}/L + 0,3\mu M Hg^{+2}$	60 mg $Ca^{+2}/L + 0,3\mu M Hg^{+2}$	120 mg $Ca^{+2}/L + 0,3\mu M Hg^{+2}$
Protein	20.91 $\pm$ 0.80 ^a	17.60 $\pm$ 1.19 ^b	19.14 $\pm$ 2.26 ^{ab}
Lipit	0.84 $\pm$ 0.22 ^a	0.25 $\pm$ 0.13 ^b	0.44 $\pm$ 0.08 ^b
Nem	77.97 $\pm$ 0.90 ^a	77.25 $\pm$ 0.56 ^a	76.29 $\pm$ 1.76 ^a
Kül	0.40 $\pm$ 0.25 ^b	0.51 $\pm$ 0,25 ^{ab}	0.79 $\pm$ 0.12 ^a

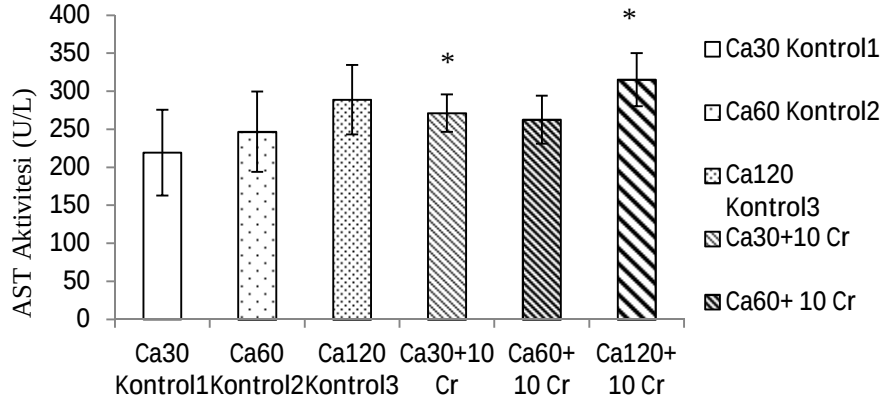
*Aynı satırda farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistiksel fark vardır. $X \pm SX$: Aritmetik ortalama $\pm$ Standart sapma

4.1.1.5. Kronik Krom Etkisi

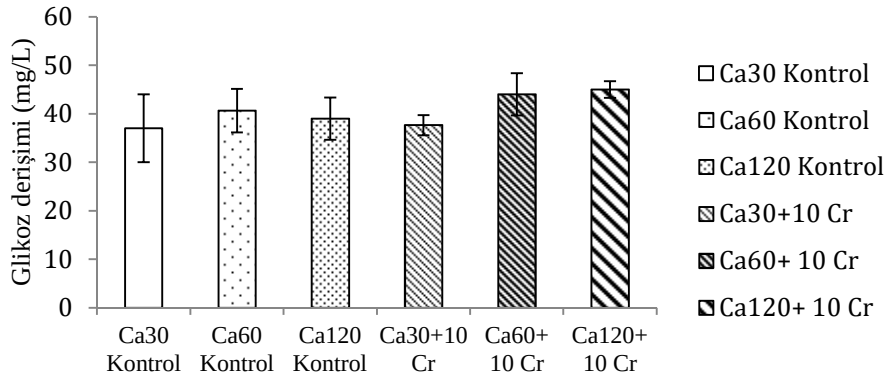
Kronik sürede Ca_{120} sertliğinde 10 μM Cr^{+6} etkisinde serum ALT değeri kontrole göre % 23 oranında bir artış (Şekil 4.37) ve Ca_{30} sertlik etkisinde serum AST değeri kontrole göre % 23.71 oranında bir artış göstermektedir (Şekil 4.38).



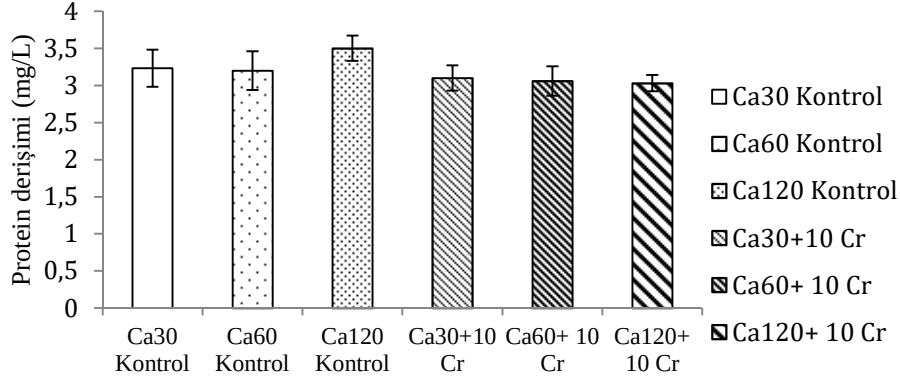
Şekil 4.37. 30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr^{+6} (10 μM) kronik Cr^{+6} etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum ALT değerleri ($P < 0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



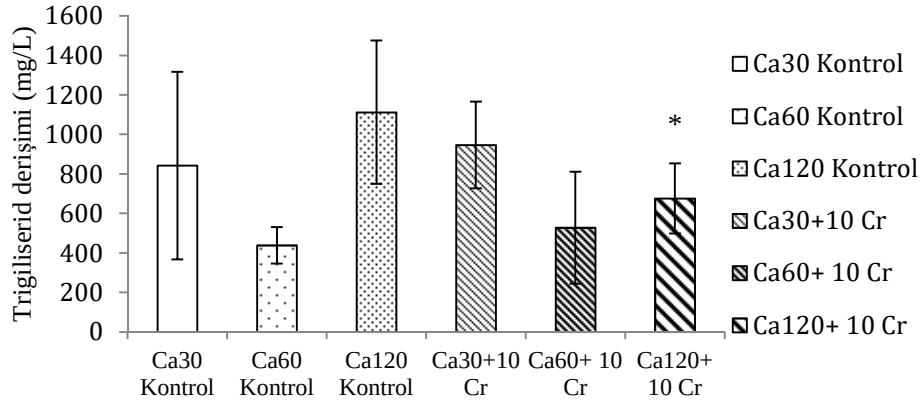
Şekil 4.38. 30, 60, 120 mg Ca^{+2} /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr^{+6} (10 μM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum AST değerleri ($P < 0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



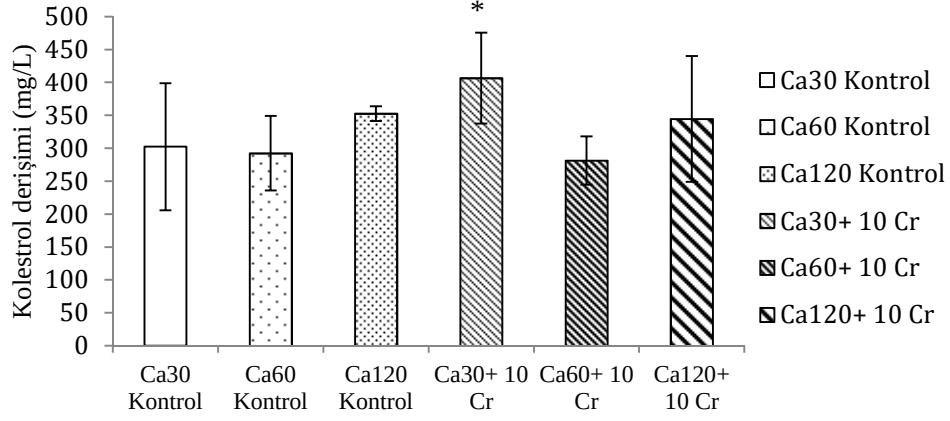
Şekil 4.39. 30, 60, 120 mg Ca^{+2} /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr^{+6} (10 μM) kronik Cr^{+6} etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum glukoz değerleri ($P > 0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



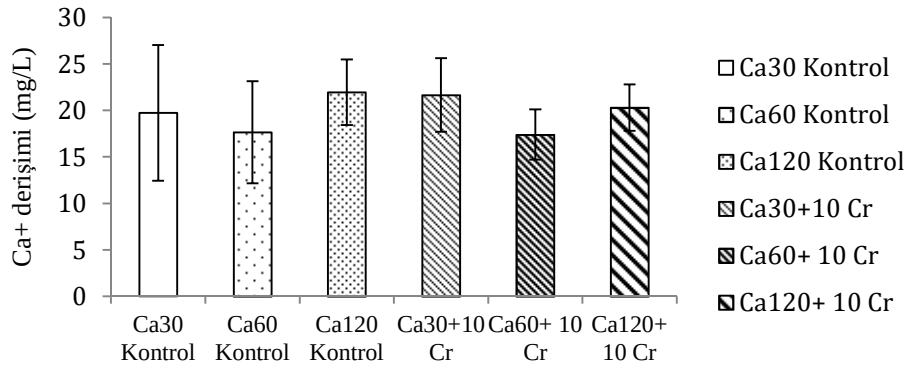
Şekil 4.40. 30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr^{+6} (10 μM) kronik Cr^{+6} etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum total protein değerleri ($P>0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



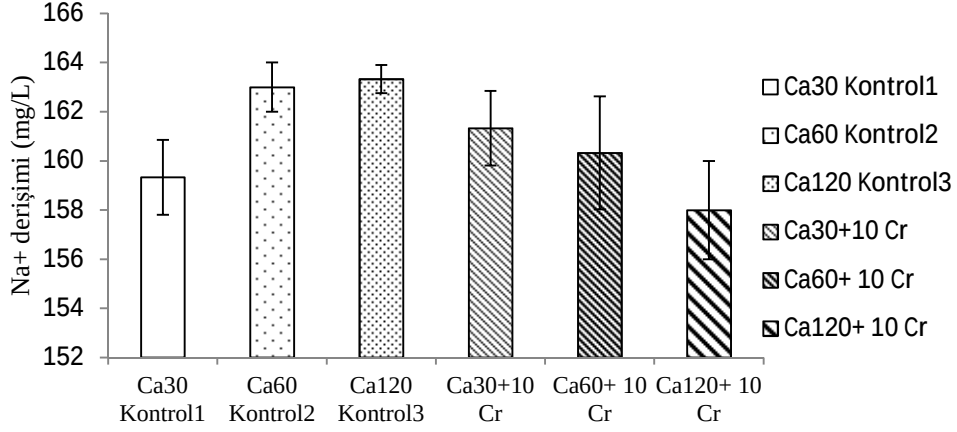
Şekil 4.41. 30, 60, 120 mg Ca^{+2}/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr^{+6} (10 μM) kronik Cr^{+6} etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum trigiliserid değerleri ($P<0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.42. 30, 60, 120 mg Ca^{+2} /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr^{+6} (10 μM) kronik Cr^{+6} etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum kolesterol değerleri ($P < 0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).

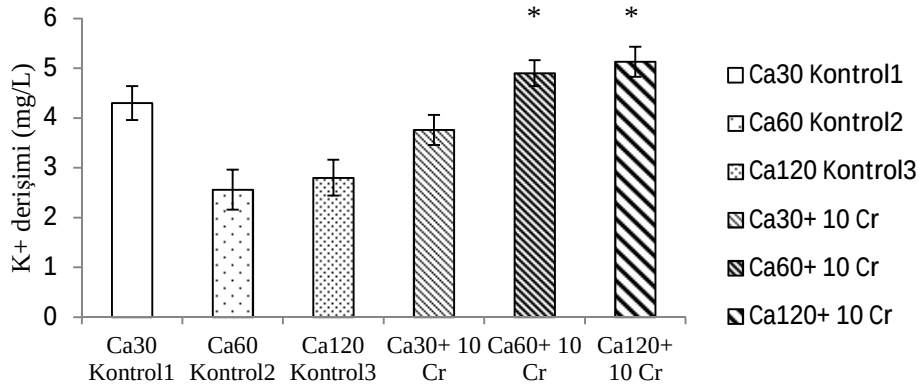


Şekil 4.43. 30, 60, 120 mg Ca^{+2} /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr^{+6} (10 μM) kronik Cr^{+6} etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum Ca^{+2} değerleri ($P > 0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).

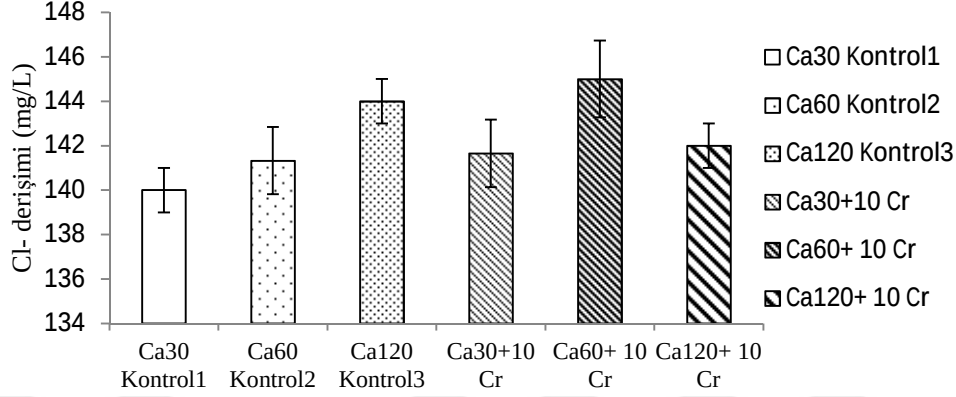


Şekil 4.44. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr⁺⁶ (10 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum Na⁺ değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).

Kronik sürede Ca₆₀ sertliğinde 10 µM Cr⁺⁶ etkisinde potasyum değeri kontrole oranla % 91 artış göstermekle beraber Ca₁₂₀ sertliğinde 10 µM Cr⁺⁶ etkisinde de % 83 oranında bir artış gözlenmektedir (P<0,05, Şekil 4.45).



Şekil 4. 45. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr⁺⁶ (10 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum K⁺ değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.46. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr⁺⁶ (10 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum Cl⁻ değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).

Ca₃₀, Ca₆₀, Ca₁₂₀ sertliklerindeki sularda kontrol grubu *O. niloticus*' un besin değerleri Çizelge 4.6' da verilmiştir.

Çizelge 4.6. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede kontrol grubu *O. niloticus*' un besin değerleri (%)

Kronik Kontrol	30 mg Ca ⁺² /L	60 mg Ca ⁺² /L	120 mg Ca ⁺² /L
Protein	20.09±0.06 ^a	21.23±0.92 ^a	21.54±0.30 ^a
Lipit	0.17±0.09 ^c	0.75±0.03 ^a	0.39±0.16 ^b
Nem	78.89±0.07 ^a	78.95±0.15 ^a	78.95±0.05 ^a
Kül	0.49±0.9 ^a	0.55±0.14 ^a	0.35±0.26 ^a

Kronik sürede Cr⁺⁶ etkisinde kontrole göre besin değerlerinde önemli bir artış gözlenmemiştir. Ca₆₀ sertliğindeki 10 µM Cr⁺⁶ etkisindeki suda *O. niloticus*' un besin değerleri ham protein % 20.33, lipit % 0.51, nem % 78.12 ve ham kül % 0.37 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Cr⁺⁶ (10 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un besin değerleri (%)

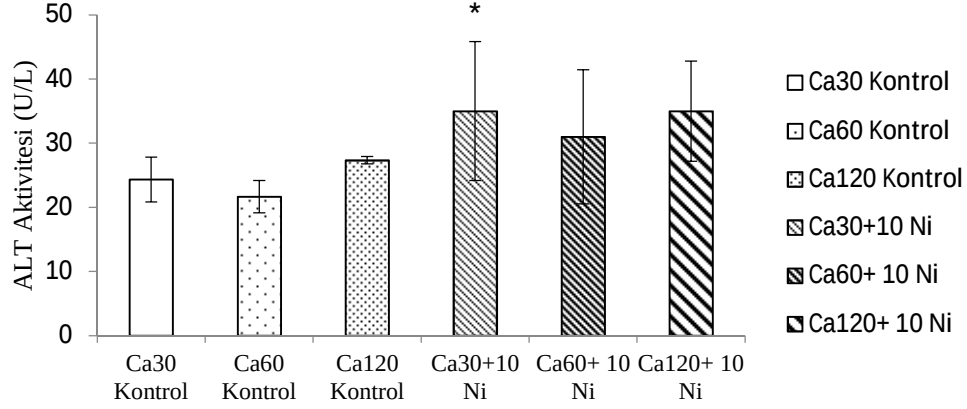
Kronik KROM	30 mg Ca ⁺² /L+ 10µM Cr ⁺⁶	60 mg Ca ⁺² /L+ 10µM Cr ⁺⁶	120 mg Ca ⁺² /L+ 10µM Cr ⁺⁶
Protein	20.3±0.05 ^a	20.33±0.38 ^a	20.32±0.17 ^a
Lipit	0.25±0.29 ^a	0.51±0.43 ^a	0.69±0.25 ^a
Nem	78.93±0.39 ^a	78.12±1.46 ^a	77.85±0.08 ^a
Kül	0.50±0.33 ^a	0.37±0.14 ^a	0.62±0.12 ^a

*Aynı satırda farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistiksel fark vardır. X ± SX : Aritmetik ortalama ± Standart sapma

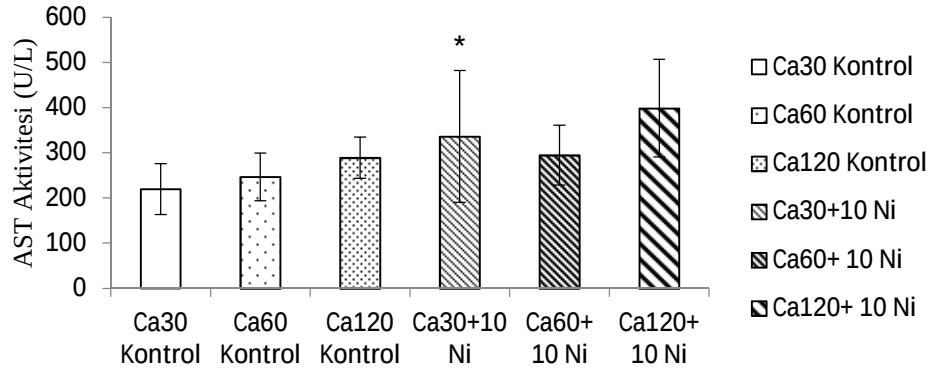
4.1.1.6. Kronik Nikel Etkisi

Ca₃₀, Ca₆₀, Ca₁₂₀ sertliklerinde kronik sürede Ni⁺² (10 µM) etkisinde serum ALT, AST, potasyum ve trigliserid parametrelerinin dışında diğer serum parametrelerinde anlamlı bir değişiklik söz konusu olmamıştır (P>0,05).

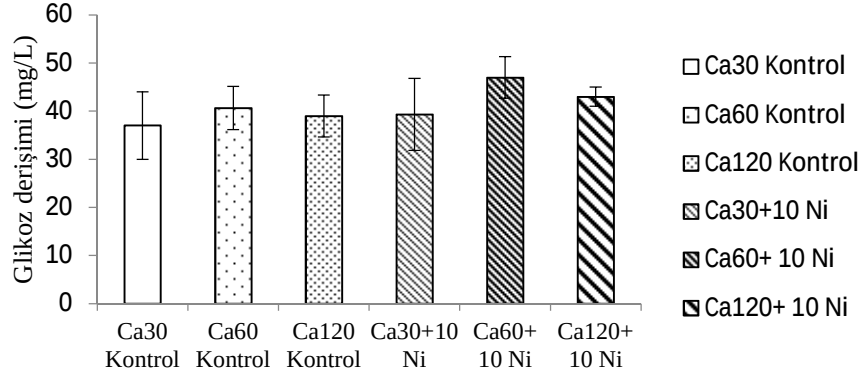
Ca₃₀, Ca₆₀, Ca₁₂₀ sertliklerinde kronik sürede Ni⁺² (10 µM) etkisinde serum potasyum değeri kontrole göre sırasıyla % 26, % 104, % 105 oranlarında bir artış göstermiştir (P<0,05, Şekil 4.55) . Ca₃₀ sertliğinde 10 µM Ni⁺² etkisi altındaki grupta serum ALT değeri % 43 oranında artış gösterirken (P<0,05, Şekil 4.47) serum AST değeri ise % 53 oranında artış göstermiştir (P<0,05, Şekil 4.48). Ca₆₀ 10 µM Ni⁺² etkisinde serum trigliserid düzeyi ise % 145 oranında artmıştır (P<0,05, Şekil 4.51).



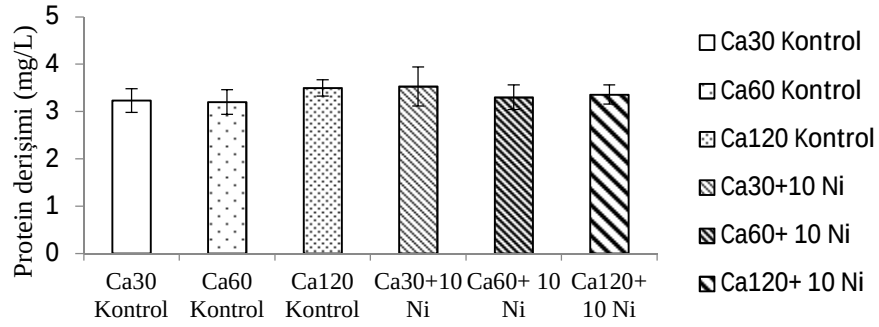
Şekil 4.47. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni⁺² (10 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum ALT değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



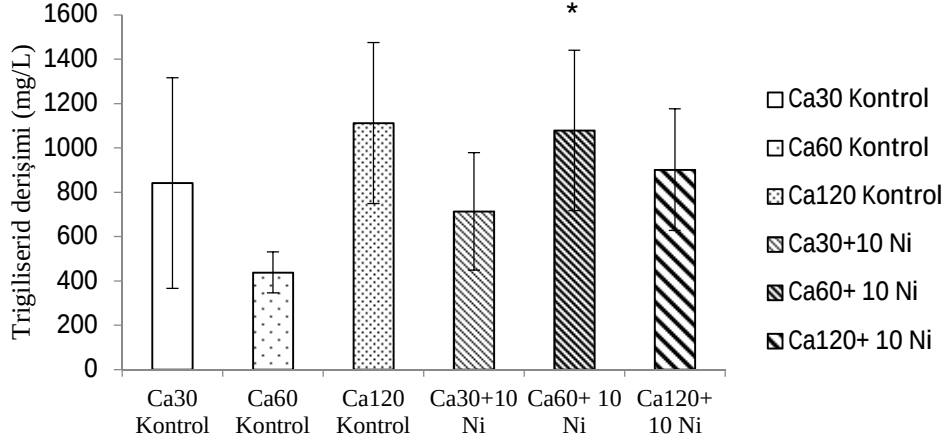
Şekil 4.48. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni⁺² (10 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum AST değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



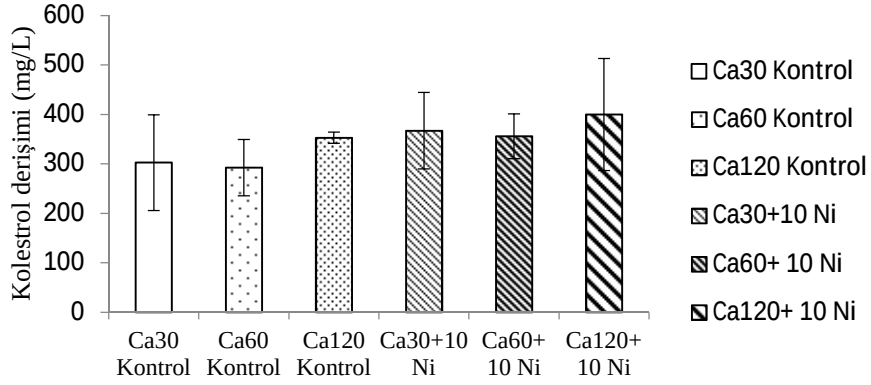
Şekil 4.49. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni⁺² (10 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum glikoz değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



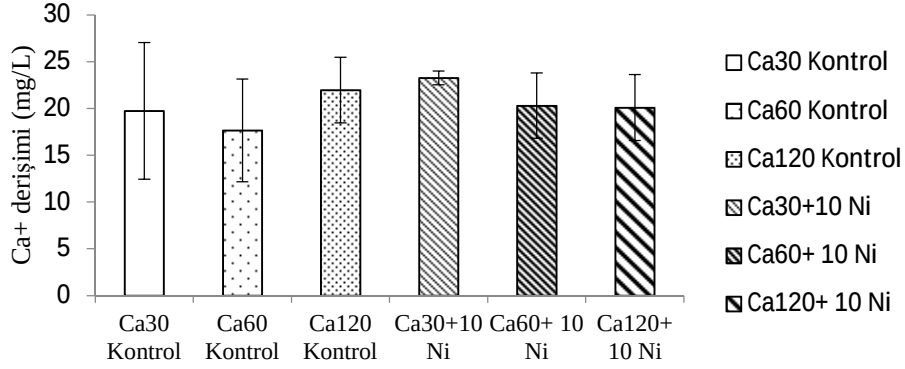
Şekil 4.50. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni⁺² (10 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum toplam protein değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



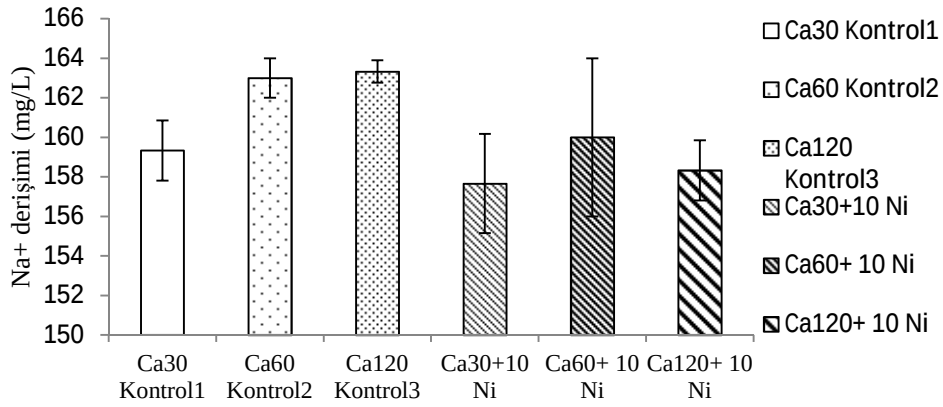
Şekil 4.51. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni⁺² (10 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum trigliserid değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



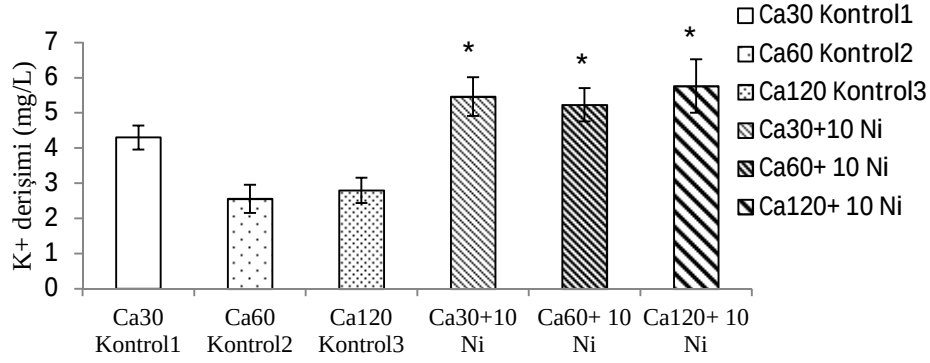
Şekil 4.52. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni⁺² (10 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum kolestrol değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



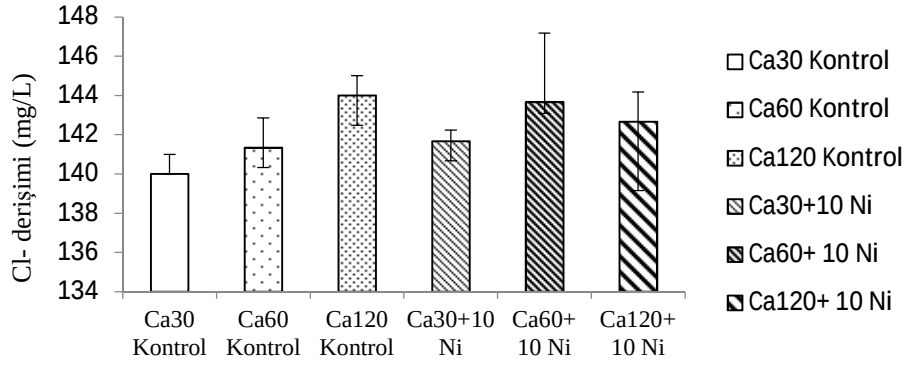
Şekil 4.53. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni⁺² (10 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum Ca⁺ değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.54. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni⁺² (10 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum Na⁺ değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.55. 30, 60, 120 mg Ca²⁺/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni²⁺ (10 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum K⁺ değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.56. 30, 60, 120 mg Ca²⁺/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni²⁺ (10 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un serum Cl⁻ değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).

Ca₃₀, Ca₆₀, Ca₁₂₀ sertliklerindeki sularda örneklerin kontrol grubuna göre ham protein ve lipit oranlarında artış olduğu gözlenmiştir. Ca₃₀, Ca₆₀, Ca₁₂₀ sertliklerinde kronik sürede Ni²⁺ (10 µM) etkisindeki örneklerin ham protein ve oranları sırasıyla % 21.28, % 21.07 ve % 21.55 olarak hesaplanırken lipit değerleri % 0.5, % 0.42 ve % 0.62 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.8).

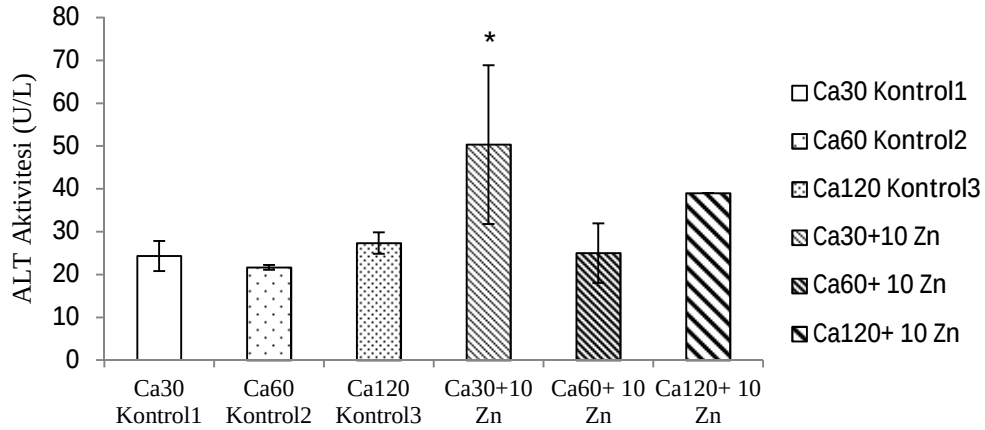
Çizelge 4.8. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Ni⁺² (10 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un besin değerleri (%)

Kronik NİKEL	30 mg Ca ⁺² /L+ 10µM Ni ⁺²	60 mg Ca ⁺² /L+ 10µM Ni ⁺²	120 mg Ca ⁺² /L+ 10µM Ni ⁺²
Protein	21.28±0.25 ^a	21.07±0.24 ^a	21.15±0.30 ^a
Lipit	0.5±0.3 ^a	0.42±0.36 ^a	0.62±0.25 ^a
Nem	77.04±1.83 ^a	78.71±0.94 ^a	79.04±0.69 ^a
Kül	0.46±0.10 ^a	0.34±0.14 ^a	0.28±0.23 ^a

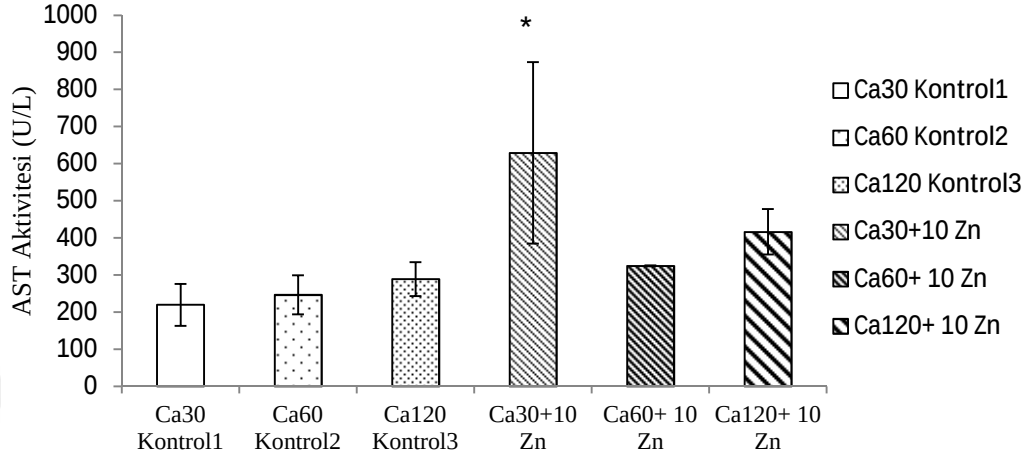
Aynı satırda farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistiksel fark vardır. X ± SX : Aritmetik ortalama ± Standart sapma

4.1.1.7. Kronik Çinko Etkisi

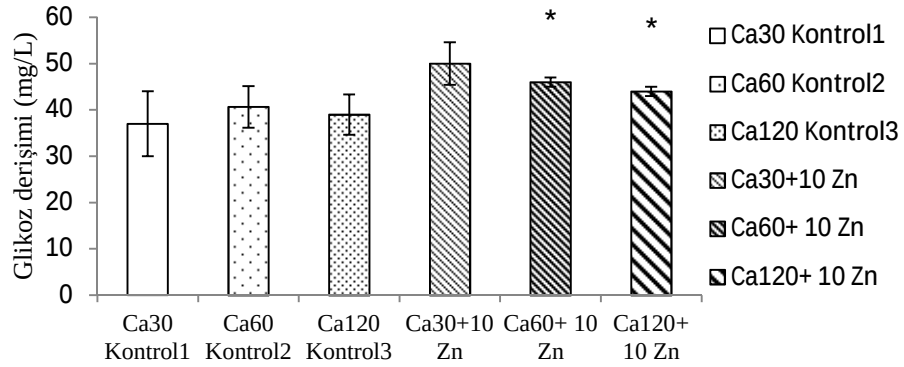
Ca₃₀, Ca₆₀, Ca₁₂₀ sertliklerinde kronik sürede Zn⁺² (10µM) etkisinde serum ALT değeri kontrole göre % 106 oranında bir artış göstermiştir (50,33 ± 18,5 mg/dL, P<0,05, Şekil 4.57). Ca₃₀ sertliğinde Zn⁺² (10µM) etkisinde serum AST değerinde ise kontrole göre % 186 oranında bir artış gözlenmiştir (P<0,05, Şekil 4.58). AST' nin bu artış oranı kronik grupların içinde cıvadan sonraki en yüksek artış olarak ölçülmüştür.



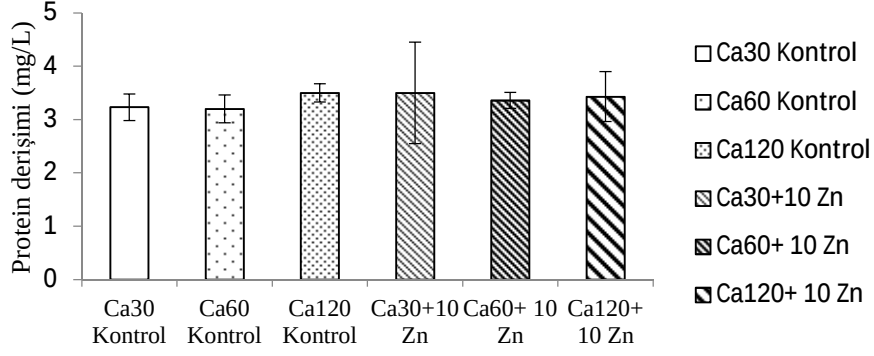
Şekil 4.57. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn⁺² (10 µM) etkisinde *O. niloticus*' un serum ALT değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



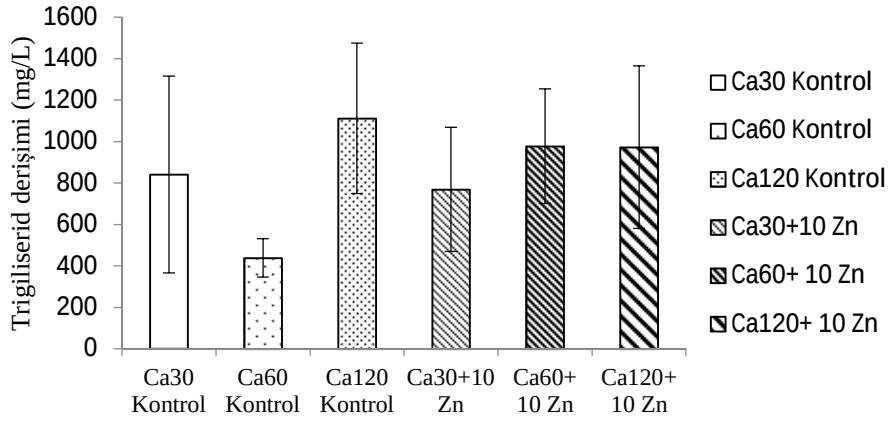
Şekil 4.58. 30, 60, 120 mg Ca²⁺/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn²⁺ (10 µM) etkisinde *O. niloticus*' un serum AST değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



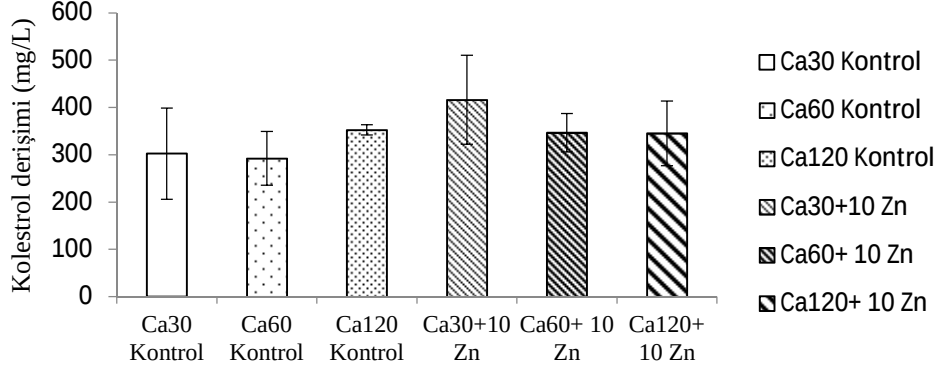
Şekil 4.59. 30, 60, 120 mg Ca²⁺/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn²⁺ (10 µM) etkisinde *O. niloticus*' un serum glukoz değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



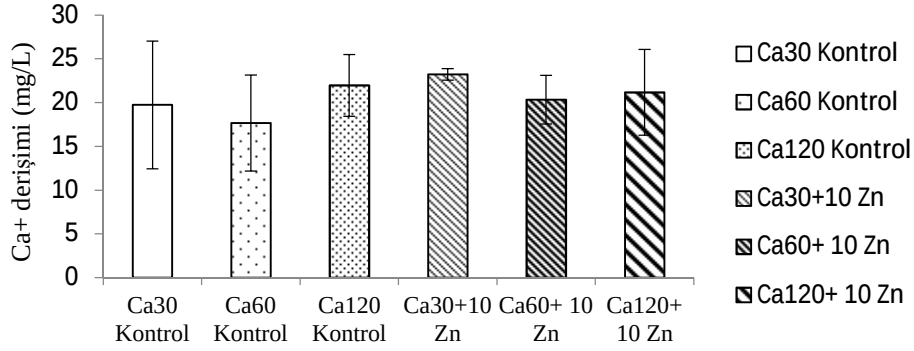
Şekil 4.60. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn⁺² (10 µM) etkisinde *O. niloticus*' un serum total protein değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



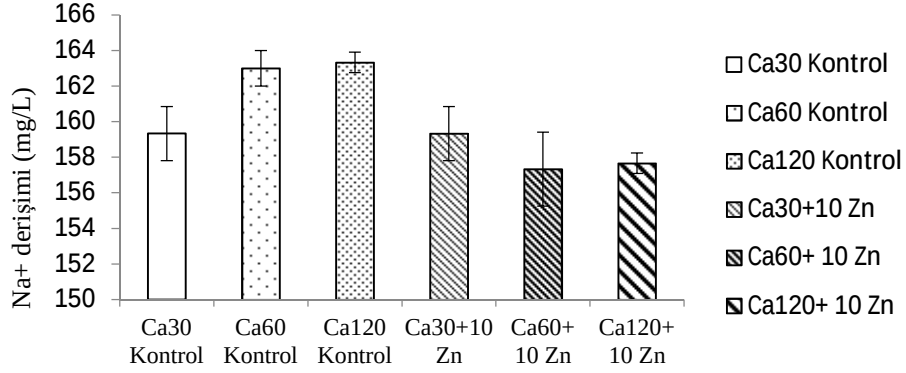
Şekil 4.61. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn⁺² (10 µM) etkisinde *O. niloticus*' un serum trigliserid değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



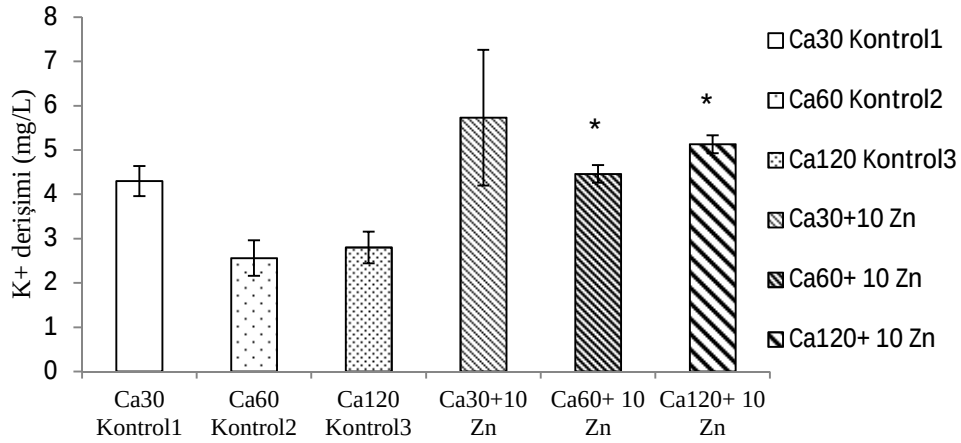
Şekil 4.62. 30, 60, 120 mg Ca^{+2} /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn^{+2} (10 μM) etkisinde *O. niloticus*' un serum kolesterol değerleri ($P>0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.63. 30, 60, 120 mg Ca^{+2} /L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn^{+2} (10 μM) etkisinde *O. niloticus*' un serum Ca^{+} değerleri ($P>0.05$). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).

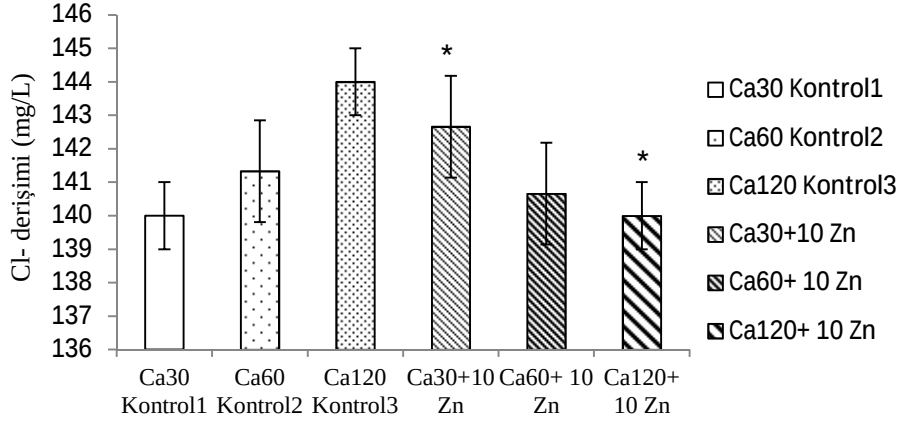


Şekil 4.64. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn⁺² (10 µM) etkisinde *O. niloticus*' un serum Na⁺ değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.65. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn⁺² (10 µM) etkisinde *O. niloticus*' un serum K⁺ değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).

Serum klorür değeri Ca₃₀ sertliğinde Zn⁺² (10µM) etkisinde kontrole göre % 2 oranında artış gösterirken sertliğin artmasıyla beraber Ca₁₂₀ sertliğinde Zn⁺² (10µM) etkisinde % 2,3 oranında bir düşüş göstermiştir (P<0,05, Şekil 4.66).



Şekil 4.66. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn⁺² (10 µM) etkisinde *O. niloticus*' un serum Cl⁻ değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).

Ca₃₀, Ca₆₀, Ca₁₂₀ sertliklerinde kronik sürede Zn⁺² (10µM) etkisinde serum glikoz değerleri kontrole oranla sırasıyla % 35, % 13 ve % 12 oranlarında bir artış olduğu ölçülmüştür (P<0,05, Şekil 4.59). Serum potasyum Ca₆₀ sertliğinde Zn⁺² (10µM) etkisinde % 74 artış gösterirken Ca₁₂₀ sertliğinde Zn⁺² (10µM) etkisinde ise % 83 oranında bir artış göstermiştir (P<0,05, Şekil 4.65).

Ca₃₀ sertliğinde Zn⁺² (10µM) etkisindeki suda besin değerleri ham protein % 20.96, lipit % 0.58, nem % 76.12 ve ham kül % 0.60 oranlarında bulunmuştur. Ca₆₀ sertliğinde Zn⁺² (10µM) etkisindeki suda *O. niloticus*' un besin değerleri ham protein, lipit, nem ve ham kül oranları sırasıyla % 20.64, % 0.28, % 78.78 ve % 0.42 olarak hesaplanırken Ca₁₂₀ Zn⁺² (10µM) etkisindeki suda besin değerleri sırasıyla % 20.05, % 0.23, % 79.62 ve % 0.58 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Zn⁺² (10 µM) etkisinde kalan *O. niloticus*' un besin değerleri (%)

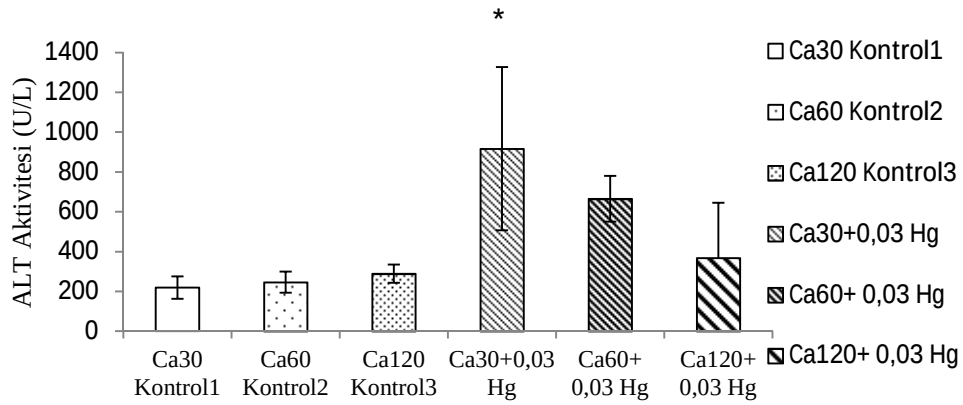
Kronik ÇİNKO	30 mg Ca ⁺² /L+ 10µM Zn ⁺²	60 mg Ca ⁺² /L+ 10µM Zn ⁺²	120 mg Ca ⁺² /L+ 10µM Zn ⁺²
Protein	20.96±0.28 ^a	20.64±0.56 ^a	20.05±0.47 ^a
Lipit	0.58±0.29 ^a	0.28±0.06 ^a	0.23±0.17 ^a
Nem	76.12±0.45 ^c	78.78±0.07 ^b	79.62±0.21 ^a
Kül	0.60±0.13 ^a	0.42±0.10 ^a	0.58±0.06 ^a

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistiksel fark vardır.

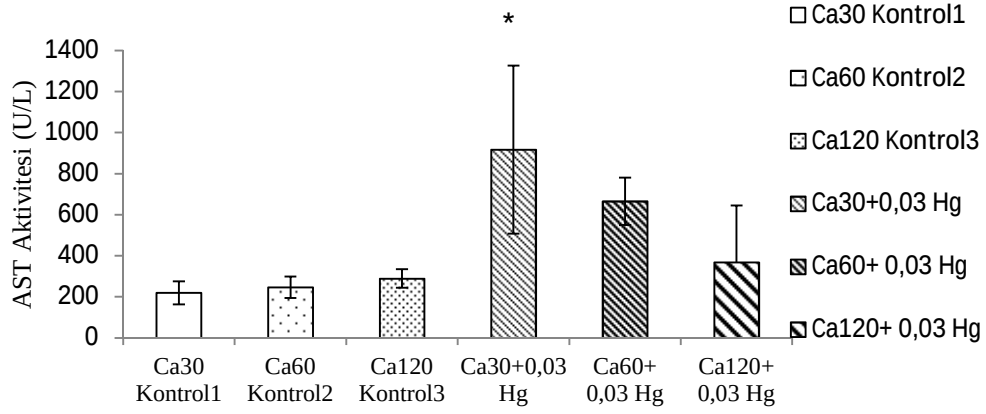
X ± SX : Aritmetik ortalama ± Standart sapma

4.1.1.8. Kronik Cıva Etkisi

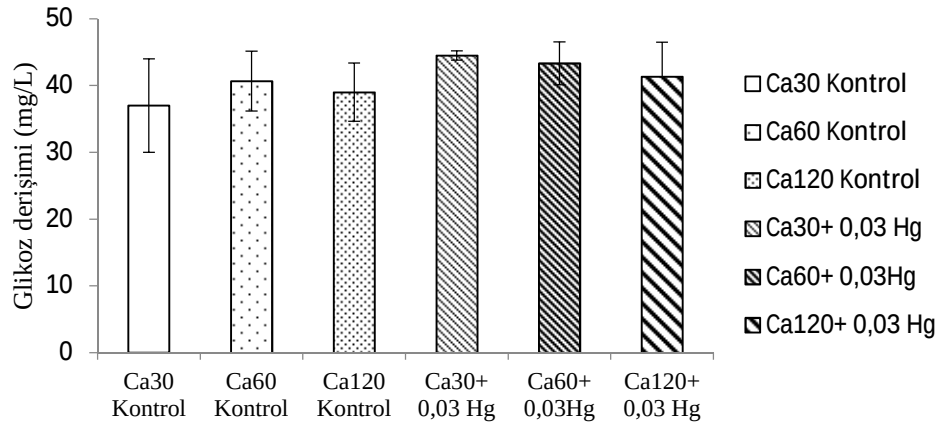
Kronik süreçte serum ALT, AST ve potasyum düzeylerinin en fazla artış gösterdiği metal Hg⁺² olmuştur. Serum ALT düzeyi Ca₃₀ sertliğinde Hg⁺² (0,03 µM) etkisinde kontrole oranla % 212 düzeyinde bir artış göstermiştir (P<0,05, Şekil 4.67). Ca₃₀ sertliğinde Hg⁺² (0,03 µM) etkisinde serum AST düzeyi kontrol grubuna göre yaklaşık 3 katı (% 318) kadar bir artış göstererek kronik grupları içinde en yüksek AST değeri olarak ölçülmüştür (P<0,05, Şekil 4.68).



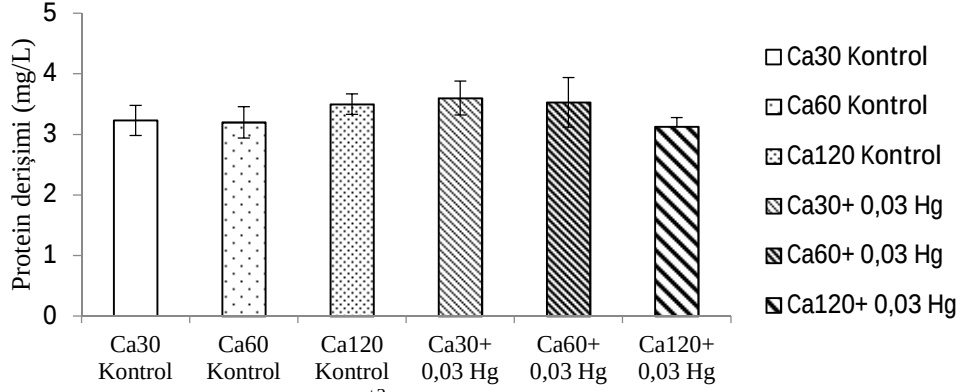
Şekil 4.67. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg⁺² (0,03 µM) etkisinde *O. niloticus*' un serum ALT değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



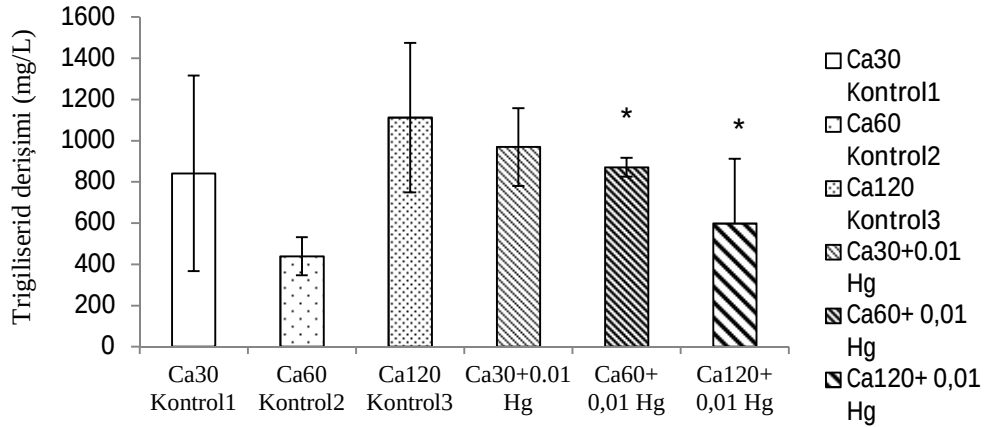
Şekil 4.68. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg⁺² (0,03 µM) etkisinde *O. niloticus*' un serum AST değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



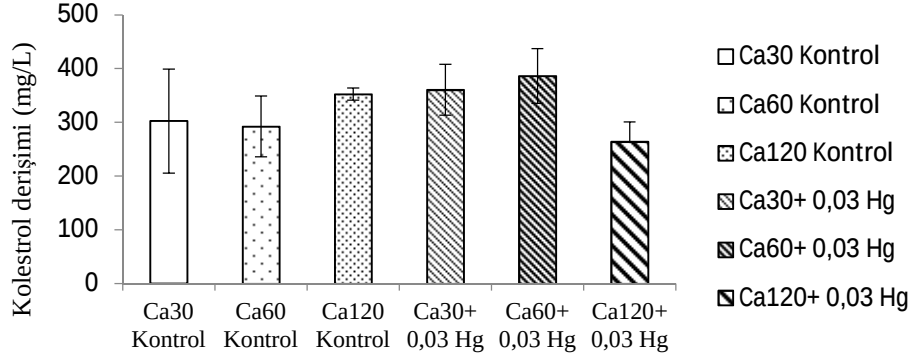
Şekil 4.69. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg⁺² (0,03 µM) etkisinde *O. niloticus*' un serum glukoz değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



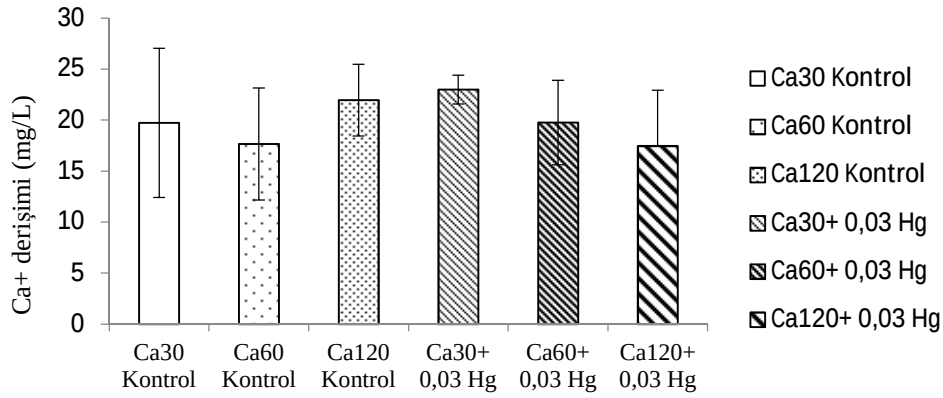
Şekil 4.70. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg⁺² (0,03 µM) etkisinde *O. niloticus*' un serum toplam protein değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.71. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg⁺² (0,03 µM) etkisinde *O. niloticus*' un serum trigliserid değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).

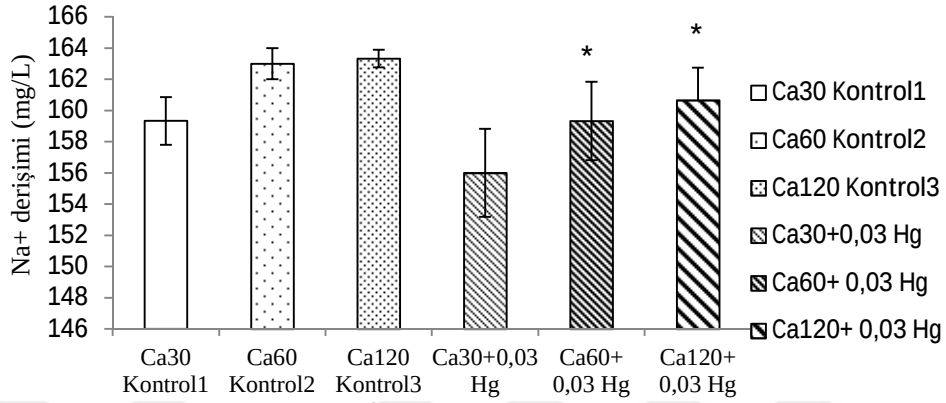


Şekil 4.72. 30, 60, 120 mg Ca²⁺/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg²⁺ (0,03 µM) etkisinde *O. niloticus*' un serum kolesterol değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



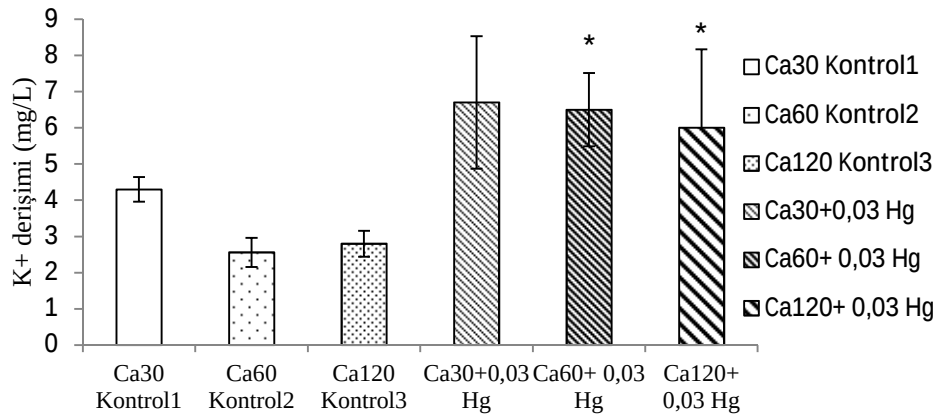
Şekil 4.73. 30, 60, 120 mg Ca²⁺/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg²⁺ (0,03 µM) etkisinde *O. niloticus*' un serum Ca²⁺ değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).

Serum sodyum miktarı Ca₆₀ Hg²⁺ (0,03 µM) etkisinde kontrol grubuna göre % 2,25 oranında bir azalış gösterirken Ca₁₂₀ Hg²⁺ (0,03 µM) etkisinde ise % 1,63 oranında bir değişiklik göstermiştir (P<0,05, Şekil 4.74). Ca₁₂₀ Hg²⁺ (0,03 µM) etkisinde serum trigliserit düzeyinde kontrole göre % 21 düzeyinde bir azalış gözlemlenmiştir (598 ± 314,56 mg/dL, P<0,05, Şekil 4.71).

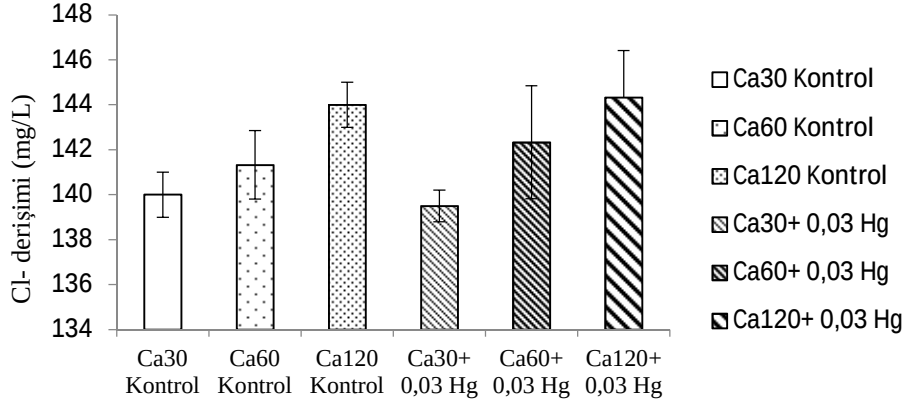


Şekil 4.74. 30, 60, 120 mg Ca²⁺/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg²⁺ (0,03 µM) etkisinde *O. niloticus*' un serum Na⁺ değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).

Ca₃₀, Ca₆₀, Ca₁₂₀ sertliklerinde kronik sürede Hg²⁺ (0,03 µM) etkisinde serum potasyum düzeyleri kontrol gruplarına oranla sırasıyla % 55, % 153 ve % 114 oranında bir yükseliş göstermiştir. Serum potasyum miktarı kronik gruplar içinde en yüksek düzeyde Ca₆₀ ve Ca₁₂₀ Hg²⁺ (0,03 µM) etkisinde ölçülmüştür (P<0,05, Şekil 4.75).



Şekil 4.75. 30, 60, 120 mg Ca²⁺/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg²⁺ (0,03 µM) etkisinde *O. niloticus*' un serum K⁺ değerleri (P<0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).



Şekil 4.76. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg⁺² (0,03 µM) etkisinde *O. niloticus*' un serum Cl⁻ değerleri (P>0.05). (Detaylar Şekil 4.1'de verilmiştir).

Kronik sürede Hg⁺² (0,03 µM) etkisinde *O. niloticus*' un besin değerlerinden lipit kontrole göre artış gösterirken ham kül oranlarında düşüş gözlenmiştir. Ca₃₀, Ca₆₀ ve Ca₁₂₀ Hg⁺² (0,03 µM) etkisindeki sularda lipit miktarları sırasıyla % 0.55, % 0.64 ve % 0.55 oranlarında gözlemlenirken ham kül miktarları sırasıyla % 0.60, % 0.62 ve % 0.68 oranlarında gözlemlenmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. 30, 60, 120 mg Ca⁺²/L değerlerindeki sularda kronik sürede (30 gün) Hg⁺² (0,03 µM) etkisinde *O. niloticus*' un besin değerleri (%)

Kronik	30 mg Ca ⁺² /L+	60 mg Ca ⁺² /L+	120 mg Ca ⁺² /L+
CİVA	0,03µM Hg ⁺²	0,03µM Hg ⁺²	0,03µM Hg ⁺²
Protein	19.47±0.18 ^a	20.22±0.69 ^a	19.82±0.53 ^a
Lipit	0.55±0.41 ^a	0.64±0.26 ^a	0.55±0.22 ^a
Nem	78.05±0.73 ^a	77.88±0.11 ^a	78.3±0.74 ^a
Kül	0.60±0.24 ^a	0.62±0.13 ^a	0.68±0.09 ^a

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistiksel fark vardır. X ± SX : Aritmetik ortalama ± Standart sapma

Çizelge 4.11. 30, 60, 120 mg Ca/L değerlerindeki sularda akut (3 gün) sürede metal etkisinde kalan *O. niloticus*' un enzim ve serum parametrelerindeki % değişimleri

	Ca30+ 30Cr	Ca60+ 30Cr	Ca120+ 30Cr	Ca30+ 30Zn	Ca60+ 30Zn	Ca120+ 30Zn	Ca30+ 0.3Hg	Ca60+ 0.3Hg	Ca120+ 0.3Hg
AKUT									
ALT	↑23.44						↓25		↑66
AST	↑12.92	↑21.22							
Ca ⁺⁺									
Cl ⁻									
Kolesterol		↑13.89							
Glikoz	↓17.75								↑24
K ⁺									
Na ⁺									
Trigliserid			↑34.34						
Total Protein									

Çizelge 4.12. 30, 60, 120 mg Ca/L değerlerindeki sularda akut (3 gün) sürede metal etkisinde kalan *O. niloticus*' un enzim ve serum parametrelerindeki % değişimleri

KRONİK	Ca30+ 10Cr	Ca60+ 10Cr	Ca120+ 10Cr	Ca30+ 10Ml	Ca60+ 10Ml	Ca120+ 10Ml	Ca30+ 10Zn	Ca60+ 10Zn	Ca120+ 10Zn	Ca30+ 0,03Mlg	Ca60+ 0,03Mlg	Ca120+ 0,03Mlg
ALT	↑23	↑43	↑23	↑43	↑43	↑23	↑106	↑186	↑12	↑2.2	↑153	↑114
AST	~23.71	~51	~51	~51	~51	~51	~186	~186	~12	~3.8	~153	~114
Ca+												
Cl-												
Kolesterol	~34.5											
Glikoz												
K+		↑91	↑83	↑26	↑104	↑105		↑35	↑13	↑55	↑153	↑114
Na+												
Trigliserid			↓39		↑145							↓21
Total Protein												

Çizelge 4.13. 30, 60, 120 mg Ca/L değerlerindeki sularda akut sürede (30 gün) metal etkisinde *O. niloticus*' un besin değerleri (%)

AKUT	KROM			NİKEL			ÇİNKO			CIVA		
	Ca ₃₀	Ca ₆₀	Ca ₁₂₀	Ca ₃₀	Ca ₆₀	Ca ₁₂₀	Ca ₃₀	Ca ₆₀	Ca ₁₂₀	Ca ₃₀	Ca ₆₀	Ca ₁₂₀
Protein												
Lipit	↑ 50	↓ 33	↓ 37	↑ 27	↑ 40	↑ 34	↑ 41	↑ 26	↑ 21	↑ 39	↑ 16	↑ 25
Nem					↓ 57	↓ 68	↓ 17	↓ 49	↓ 28	↑ 61	↑ 61	↓ 42
Ham	↑	↓ 30			↓ 68	↓ 37	↑ 41	↓ 18		↑ 37	↑ 22	↑ 36
Kül	155											

Çizelge 4.14. 30, 60, 120 mg Ca/L değerlerindeki sularda akut sürede (30 gün) metal etkisinde *O. niloticus*' un besin değerleri (%)

KRONİK	KROM			NİKEL			ÇİNKO			CİVA		
	Ca ₃₀	Ca ₆₀	Ca ₁₂₀	Ca ₃₀	Ca ₆₀	Ca ₁₂₀	Ca ₃₀	Ca ₆₀	Ca ₁₂₀	Ca ₃₀	Ca ₆₀	Ca ₁₂₀
Protein												
Lipit	↑ 47	↓ 32	↑ 76	↑ 194	↓ 44	↑ 58	↑ 241	↓ 62	↓ 41	↑ 241	↓ 14	↑ 41
Nem												
Ham Kül		↓ 32	↑ 77		↓ 38	↓ 20	↑ 22	↓ 23	↑ 65	↑ 22	↑ 12	↑ 94

4.2. Tartışma

4.2.1 Serum biyokimyasal parametreleri

Tatlı su balığı *O. niloticus* farklı sertlik değerlerindeki sularda krom, nikel, çinko ve civa etkisine akut ve kronik olarak maruz bırakılmıştır. Her iki deneme (3 gün akut ve 30 gün kronik) süresi sonunda balıklarda metal ve farklı kalsiyum derişimlerine bağılı olarak balık ölümleri gözlenmemiştir.

Protein ve aminoasit metabolizmasında görev alan ALT ve AST değerleri *O. niloticus*' un serumunda metallerin çoğunluğu tarafından anlamlı bir değışiklik göstermişlerdir. Transaminaz aktivitelerinin balıkta çeşitli toksik ajanların etkisi altında önemli düzeyde değışikliğe uğradığı çinko ve civa gibi metallerin bazı tatlı su balıklarında serum transaminaz aktivitelerini önemli ölçüde arttırdığı bulunmuştur (Levesque ve ark.,2002). Benzer etkiler bu çalışmada da gözlenmiştir. ALT ve AST düzeyleri özellikle kronik krom, çinko ve civa metalleri tarafından önemli oranda arttırılmıştır.

Atlı ve ark. (2015) *O. niloticus*'u akut (2 gün) ve kronik (20 gün) sürede kadmiyum ve kurşuna maruz bırakarak yaptıkları çalışmada da serum ALT ve AST düzeylerinde bu çalışmaya benzer şekilde metale maruz kalan gruplarında artışa neden olduğunu belirlemişlerdir.

Oluah (1999)'un *Clarias albopunctatus* ile yaptığı bir çalışmada da serum AST aktivitesinin artan çinko ve civa derişimiyle yükseldiğı ve bu artmanın metal etkisi sonrasında ortaya çıkan organ hasarından meydana gelebileceğı ya da adaptasyon süreciyle ilgili olabileceğini belirtmiştir. ALT ve AST aktiviteleri bu ve yapılan birçok çalışmalarda da olduğu gibi artış göstermesi, bulunduğu dokudaki hasarı ve canlının yaşadığı ortamdaki kirliliğı gösterdiğinden ekolojik olarak önemli bir belirteçtir.

Fakat Canlı ve Canlı (2015), *O. niloticus*'u akut (3 gün) ve kronik (30 gün) sürede çeşitli iletkenlikteki sularda bakıra maruz bıraktıkları çalışmada düşük iletkenlikteki suda kronik sürede bakıra maruz kalan balıklarda serum ALT ve AST

aktiviteleri önemli oranda azalış gösterirken akut gruplarında anlamlı bir değişiklik gözlemediklerini belirtmişlerdir.

Çalışmada akut sürede serum iyon düzeylerinde anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir. Kronik sürede krom ve çinko etkisinde kalan balıklarda ise Ca_{30} sertliğinde serum Cl^- düzeyinde artış gözlenirken, kalsiyum derişimi arttırıldığında azalma gözlenmiştir. Bunların aksine kronik sürede krom, nikel, çinko ve civa etkisi altında kalan balıklarda serum K^+ değerinde artış görülmüştür. Ca_{30} sertliğinde Cr^{+6} (30 μM) etkisi altında kalan balıklarda serum Na^+ değeri artarken Ca_{60} ve Ca_{120} sertliklerinde Cr^{+6} (30 μM) etkisi altında kalan balıklarda azalış gözlenmiştir. Aynı zamanda kronik sürede nikel ve civa etkisi altında kalan balıklarda ise serum Na^+ düzeylerinde azalış gözlenmiştir.

Atlı ve Canlı (2010), tatlı su balığı *O. niloticus*' u Cu^{+2} , Cd^{+2} , Cr^{+6} , Ag^+ ve Zn^{+2} ağır metallere akut ve kronik sürede maruz bırakarak iyon düzeylerinde Na^+ ve K^+ düzeylerinde azalış, Mg^{+2} ve Ca^{+2} düzeylerinde ise artış olduğunu belirtmişlerdir. Morgan ve ark. (1997) yaptıkları çalışmada gümüşün iyon dengesi üzerine yaptığı etkiyi belirtmişlerdir. *Oncorhynchus mykiss* ile yaptıkları bu çalışmada gümüşün 10 mg/L düzeyindeki miktarının Na^+ ve K^+ aktivitesinde %100' lük bir inhibasyona sebep olduğu ve bu durumda Na^+ iyon dengesinin bozulduğunu ortaya koymuşlardır. *Oncorhynchus mykiss* ile yapılan başka bir çalışmada ise diyet yoluyla gümüş etkisinde bırakılan balıkların serum Na^+ düzeyinin değişiklik göstermediğini ve metal toksisitesinde Ca^{+} ve Na^+ gibi iyonların koruyucu etkileri olduğu bildirilmiştir (Galvez ve ark.,2001).

Bu çalışma ve örnek verilen çalışmalarda da olduğu gibi metal etkisinde kalan sucul canlıların iyon dengeleri bozulabilir. İyon dengesinin bozulmasına neden olan başka bir etken ise hücre zarlarının morfolojik yapılarının bozulması olarak da gösterilmektedir. İyon dengesi canlı organizmalar için hayatta kalmanın vazgeçilmez unsuru olmasından dolayı, iyon dengesinin de metal etkisine karşı hassasiyet göstermesi ve bu durumların balık sağlığı ve ekolojik dengenin kontrolü açısından önemli bir belirteç olarak kullanılabilmesini sağlar.

Akut krom ve civa etkisinde glikoz değerleri azalış gösterirken kronik çinko etkisinde artış göstermiştir. Glikoz seviyelerindeki değişimler çoğunlukla böbrek hasarı ile ilişkili olduğu ve çevresel stresin serum düzeyinde artışa neden olabileceği bilinen bir durumdur. Canlı (1995), *Cyprinus carpio* ile yaptığı çalışmada krom ve nikelin plazma glikoz miktarını arttırdığı ve aksine civanın ise hiçbir etki yapmadığını bildirmiştir. Araştırmacı yaptığı bir başka çalışmada ise kas doku ve karaciğerde glikojen seviyesinin civa etkisinde kalan *C. carpio*'da hemen hemen bittiğini ve bundan dolayı da glikoz miktarının artmadığını belirtmiştir. Canlı ve Canlı (2015) yaptıkları çalışmada düşük iletkenlikteki suda akut sürede bakıra maruz bıraktıkları *O. niloticus*'un serum glikoz seviyelerinde ciddi oranda artış gözlemlemişlerdir.

Plazma protein düzeyleri ile ilgili olarak; Canlı (1995) sazanlarda civa, krom ve nikel etkisinin, Almeida ve ark. (2002) *O. niloticus*'larda kadmiyumun uzun süreli etkisinin, Dethloff ve ark., 1999, *O. mykiss*'lerde çinkonun, Galvez ve ark., (2001) *O. mykiss*'lerin besin yoluyla gümüşün etkisinin incelendiği bu çalışmalarda plazma protein düzeylerinin değişmediğini gözlemlemişlerdir. Plazma total protein düzeyleri yapılan birçok çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da kullanılan metallerin etkisinde anlamlı bir değişim göstermemiştir. Total protein düzeyleri metallerin düşük derişimlerinde ya da kısa süreli etki altında kalmalarda çok fazla değişim göstermemektedirler.

Serum trigliserit düzeyleri çalışmamızda sadece kronik civa etkisi altında azalış göstermiştir. Diğer metallerin etkisinde anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Trigliseritlerin görevi depolama ve hücrel enerjiyi sağlamaktır ve plazma proteini ve kolesterol seviyeleri gibi beslenme durumunu belirtmesinden dolayı önemli bir belirteçtir. Yang ve Chen (2003) lipit metabolizmasının belirlenmesinde kullanılan trigliseritin yüksek orandaki miktarlarının glikoz depolanmasındaki hasardan meydana geldiğini vurgulamışlardır. Levrek *Perca flavescens*' in doğal olarak metal etkisinde kaldıkları durumlarda trigliserit düzeyleri araştırılmış ve yapılan

çalışmaya göre trigliserit düzeyleri hem mevsimsel hem de metal etkisinde kalmaya göre değişim göstermiştir (Levesque ve ark., 2002).

Çalışmamızda serum kolesterol değerleri literatür ile benzerlik göstermektedir. Plazma proteinlerinin dış yüzeyinin bir bileşeni olan kolesterol hücre membranları aynı zamanda steroid hormonlarının da öncüsüdür. Canlı (1995), sazanlar ile yaptığı çalışmada serum kolesterol düzeyinin arttığını bildirmiştir. Yang ve Chen (2003) yaptıkları bir çalışmada yüksek kolesterol düzeylerinin nefritik sendrom ya da glikojen depolanmasında problem olduğunda ortaya çıktığı için önemli bir belirteç olarak kullanılabileceğini vurgulamışlardır. Balıklarda çevresel stresin plazma kolesterol değerinin artış göstermesine sebep olunacağı bildirilmiştir.

Serum üre düzeyleri çalışmamızda hiçbir metal etkisi altında anlamlı bir değişim göstermemiştir. Protein metabolizması sonucu ortaya çıkan ürenin hemen vücuttan uzaklaştırılması gerekir. Toksisitesi en minimum olan nitrojenli atık olan üre önemli bir osmolittir ve ayrıca asit dengesinde görev almak gibi önemli fonksiyonlara sahiptir. De Boeck ve ark. (2007) yaptıkları bir çalışmada *Squalus acanthius*'u farklı derişimlerdeki gümüş metali etkisine maruz bırakıp serum parametrelerini ölçmüşlerdir. Balıklarda 0,68 mg Ag/L' de 1 gün (24 saat) içerisinde mortalite gözlenmiş ve mortalitenin sebebi solunum ve osmoregülasyondaki bozukluklar olduğu belirtilmiştir. Yaptığımız bu çalışmada mortalite gözlenmemiş ve genel olarak metal etkisinde kalan *O. niloticus*' un plazmasında üre seviyesinde bir değişiklik tespit edilmemiş olması daha düşük derişimlerde metal kullanımından ileri geldiği düşünülmektedir.

4.2.2 Besinsel kompozisyon parametreleri

Ekonomik açıdan önemli olan denizel ve tatlı su ortamındaki bazı türlerin yetiştiriciliği yapılmakta ve bu türlerin besinsel içeriklerinin belirlenmesi amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Yaptığımız bu çalışmada yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan, ekonomik ve tüketilebilirlik açısından önemli bir tür olan *O.*

niloticus' un besinsel içerikleride belirlenmiştir. Tilapiaları akut ve kronik olarak ağır metale maruz bıraktıktan sonra kas dokuları alınıp protein, lipit, ham kül ve nem içerikleri incelenmiştir. Ağır metale maruz kalan tilapialar ile ilgili literatürde pek fazla çalışma bulunmamakta fakat farklı besleme durumlarına göre çalışmalar bulunmaktadır.

Gökçe ve ark. 2003 yılında yaptıkları bir çalışmada Seyhan Baraj gölünde kafes koşullarında yetiştirilen üç tilapia türünün besinsel içeriklerini saptamışlar, *Tilapia rendalli* türünün ham protein, lipit, ham kül ve kuru madde miktarlarını sırasıyla % 20,523, % 3,523, % 1,236 ve % 26,056; *Tilapia zilli* % 19,759, % 3,339, % 1,214 ve % 26,032, *Oreochromis aurea*' nın ise sırasıyla % 20,202, % 3,007, % 1,221 ve % 24,498 olarak belirlemişlerdir.

Dikel ve Çelik (1998), Aşağı Seyhan havzasında topladıkları *Tilapia spp.* ile yaptıkları çalışmada kuru madde % 21,8, lipit % 2,65, ham protein % 18,02 ve ham kül % 1,13 olarak belirlemişlerdir.

Kiriş (2006), yaptığı çalışmada *O. niloticus*'a oral yolla farklı dozlarda L-arjinin vererek besinsel kompozisyonlarını incelemiş ve çalışma sonunda 20 g/kg L-arjinin kullandığı grupta ham protein, lipit, nem ve ham kül oranları artarak sırasıyla % 17,14, % 4,17, % 25,93 ve % 3,97 olduğunu belirlemiştir.

Boonountanasam ve ark. 2018 yılında yaptıkları çalışmada karbohidratsız (CHO-F), orta düzeyde karbohidrat (CHO-M) ve yüksek düzeyde karbohidrat (CHO-H) uyguladıkları diet programında *O. niloticus*' un başlangıç, 45 gün ve 90 günlük periyodlar sonucunda besinsel içeriklerini belirlemişlerdir. Kas dokuda başlangıç nem, ham protein, ham lipit ve ham kül oranları sırasıyla CHO-F' de 79.2, % 12.3, % 2.3 ve % 1.6, CHO-M' de % 79.9, % 12.8, % 2.3 ve % 1.5 ve CHO-H' de % 78.5, % 12.6, % 2.1 ve % 1.5 olarak saptamışlardır. 90 günlük deney sonucunda ise nem, ham protein, ham yağ ve ham kül miktarları sırasıyla CHO-F' de % 77.2, % 15.9, % 3.6 ve % 1.4, CHO-M' de % 78.9, % 16.6, % 3.4 ve % 1.4 ve CHO-H' de % 77.6, % 15.7, % 3.9 ve % 1.5 olarak tespit etmişlerdir.

Azim ve Little (2008), yaptıkları bir çalışmada biofloc teknoloji yöntemine göre tanklarda yetiştiriciliği yapılan Nil Tilapia'sının besinsel içerikleri belirlemişlerdir. BFT' ye göre yüksek proteinli (%35) beslemede ham protein, ham lipit ve kül oranları sırasıyla % 37.93, % 3.6 ve % 13.38 olarak bulunurken düşük proteinli (%24) beslemede sırasıyla % 38.41, % 3.23 ve % 11.83 olarak bildirmişlerdir.

Farklı kalsiyum derişimlerinde metal etkisine bırakılan *O. niloticus*'larda besin kaliteleri her bir metal etkisi altında kronik sürede genel olarak anlamlı bir değişim göstermez iken akut sürede civada protein, kül ve lipit; çinkoda nem; nikelde protein ve nem; kromda ise külde istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

1. Tropikal tatlı su balığı olan *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae), 20 °C±1 sıcaklığında ve 12 saat aydınlanma periyodu uygulanan laboratuvar koşullarında 1 ay kadar süreyle yeni şartlara adaptasyonları sağlanmıştır. Adaptasyon sürecinin sonunda balıklar, farklı sertlik değerlerindeki sularda sırasıyla 30 µM ve 10 µM derişimlerdeki krom (K₂CrO₄), nikel (NiCl₂), çinko (ZnCl₂) ve 0.3 µM ve 0.03 µM derişimlerdeki cıva (HgCl₂) etkisine akut (3 gün) ve kronik (30 gün) olarak maruz bırakılmıştır.
2. Deney süresince metal ve kalsiyum stresine bağlı olarak *O. niloticus*' larda mortalite gözlenmemiştir.
3. Akut sürede Ca₃₀ sertliğindeki suda 30 µM Cr⁺⁶ etkisinde serum glikoz değerleri oranında anlamlı bir azalış gözlenmiştir.
4. Akut süreçte en az etki gösteren metal Zn⁺² olmuştur. Serum parametrelerinde kontrole oranla Ca₃₀, Ca₆₀, Ca₁₂₀ sertliklerinde Zn⁺² (30 µM) etkisi altında çalışılan parametrelerde anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir.
5. Akut sürede Ca₃₀ sertliğindeki suda Cr⁺⁶ (30 µM) etkisi altında *O. niloticus*' un besin değerlerinden ham kül oranında değişiklik gözlenmemiştir.
6. Akut cıva etkisi altında serum ALT ve glikoz değerlerinde anlamlı bir değişiklik gözlenirken diğer parametrelerde anlamlı bir değişiklik söz konusu olmamıştır.
7. Akut sürede Ca₃₀ sertliğinde Hg⁺² (0,3 µM) etkisi altında *O. niloticus*' un besin değerlerinden ham protein oranı kontrole göre artış göstermiştir.
8. Kronik süreçte serum ALT, AST ve potasyum düzeylerinin en fazla artış gösterdiği metal Hg⁺² olmuştur.

9. Kronik Hg^{+2} etkisi altında *O. niloticus*' un besin değerlerinden lipid kontrole göre artış gösterirken ham kül oranlarında düşüş gözlenmiştir.
10. Toplam protein düzeylerinde ise genel olarak herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir.

5.2. Öneriler

1. Balıklar üzerine yapılmış toksisite çalışmalarında, farklı çevresel faktörlerin etkisi de araştırılabilir. Örneğin, metal etkisinde kalan sucul canlıların suyun diğer fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişiklik yapılarak farklı ortamlarda oluşan tepkileri araştırılabilir.
2. Benzer deneyler, aynı ortamdaki başka türler üzerinde de yapılabilir. Örneğin metal toksitesine hassas olduğu bilinen tür ile daha dirençli türlerin aynı koşullarda gösterdikleri tepkiler araştırılabilir ve türlerin direnç kazanmadaki önemi saptanabilir. Ayrıca çevre kirliliğinin belirlenmesi amacıyla indikatör organizmalar kullanılabilir ve çevre kirliliği belirlenebilir.
3. Besin zinciri metal transferinde önemli bir rol oynamaktadır. Bundan dolayı besinler ile alınan metallerin etkilerinin belirlenebilmesi için uygun bir deney düzeneği hazırlanıp, su ile alınan metallerin etkisi ile karşılaştırma yapılabilir.
4. Metal toksitesi çalışılırken, metallerin belirteci metallothioneinler hesaplanıp, kirliliğin biyolojik düzeyi hakkında da bilgiler belirlenebilir.

KAYNAKLAR

- Ağacasulu, Ö., 2007. Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda Yaşayan *Capoeta tinca* (Heckel, 1843)' nın Dokularında Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 43.
- Akahori, A., Gabryelak, T., Jowiak, Z., and Gondko, R., 1999. Zinc-Induced Damage to Carp (*Cyprinus carpio* L.) Erythrocytes *in vitro*. Biochem. Mol. Biol. Int., 47 (1): 89-98.
- Al-Attar, A.M., 2007. The Influences of Nickel Exposure on Selected Physiological Parameters and Gill Structure in the Teleost Fish, *Oreochromis niloticus*. J. Bio. Sci., 7(1): 77-85.
- Allain CC, Poon LS, Chan CSG, Richmond W, Fu PC: 1974. Enzymatic determination of total serum cholesterol. Clin Chem 20: 470–475.
- Almeida, J.A., Diniz, Y.S., Marques, S.F.G., Faine, L.A., Ribas, B.O., Burneiko, R.C., and Novelli, E.L.B., 2002. The Use of The Oxidative Stres Responses as Biomarkers in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Exposed to *In Vivo* Cadmium Contamination. Environment International, 27: 673-679.
- Anonymous, 2016. https://en.wikipedia.org/wiki/Hard_water#cite_note-5 (Erişim tarihi: 26 Ekim 2016)
- AOAC, 1998. Official Method 955.04, Nitrogen (Total) in Seafood. Chapter 35, p. 6, Hungerford JM, chapter editor. In: Cunniff, editor. Fish and Other Marine Products. Official Methods of Analysis of AOAC International, USA
- APHA, AWWA, WEF. 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition, Edited by L. S. Clesceri, A. E. Greenberg, A. D. Eaton, Copyright by American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.

- Arioshi, T., Shiiba, S., Hasegawa, H., And Arizono, K., 1990. Profile of Metal-binding Proteins and Heme Oxygenase in Red Carp Treated with Heavy Metals, Pesticides and Surfactants. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 44: 643-649.
- Atlı, G., Alptekin, Ö., Tükel, S., And Canlı, M., 2006. Response of Catalase Activity to Ag^+ , Cd^{+2} , Cu^{+2} , and Zn^{+2} in Five Tissues of Freshwater Fish *Oreochromis niloticus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 143: 218-224
- Atlı, G., and Canlı, M., 2007. Enzymatic Responses to Metal Exposures in a Freshwater Fish *Oreochromis niloticus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 145: 282-287.
- Atlı, G., and Canlı, M., 2008. Characterization of Branchial Na,K-ATPase from Three Freshwater Fish Species (*Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio*, and *Oncorhynchus mykiss*). *Turkish Journal of Zoology*, 32: 299-304.
- Atlı, G., and Canlı, M., 2010. Alterations in ion levels of freshwater fish *Oreochromis niloticus* following acute and chronic exposures to five heavy metals. *Tübitak*, 35(5) 725-736
- Atlı, G., and Canlı, M., 2011. Essential metal (Cu, Zn) exposures alter the activity of ATPases in gill, kidney and muscle of tilapia *Oreochromis niloticus*. *Ecotoxicology*, 20: 1861–1869.
- Atlı, G., Ariyurek, Y.S., Kanak, G.E., Canlı, M., 2015. Alterations in the serum biomarkers belonging to different metabolic system of fish (*Oreochromis niloticus*) after Cd and Pb exposures. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 40:508-515.
- Azim, M.E. , Little, D.C. ; 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. Volume 283, Issues 1–4, Pages 29-35

- Basha, P.S., and Rani, A.U., 2003. Cadmium-induced Antioxidant Defense Mechanism in Freshwater Teleost *Oreochromis mossambicus* (Tilapia). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56: 218–221.
- Bauer PJ: 1981. Affinity and stoichiometry of calcium binding by arsenazo III. *Anal Biochem* 110: 61–72.
- Baykan, U., Atlı, G., and Canlı, M., 2007. The Effects of Temperature and Metal Exposures on the Profiles of Metallothionein-like in *Oreochromis niloticus*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 23: 33-38.
- Baysoy, E., Atlı, G., and Canlı, M., 2013. The Effects of Salinity and Salinity+ Metal (Chromium and Lead) Exposure on ATPase Activity in the Gill and Intestine of Tilapia *Oreochromis niloticus*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 64(2): 291-300.
- Bergmeyer HU, Horder M, Rej R (1985) International Federation Of Clinical Chemistry (IFCC) Scientific Committee. *J Clin Chem Clin Biochem* 24:481–495
- Bligh, E. G., Dyer, W. J., 1959. A Rapid Method of Total Lipit Extraction and Purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37,911-917.
- Boonountanasam, S; Kumkhong, S.; Yoohat, K.; Plagnes-Juan, E.; Burel, C.; Marandel, L.; Panserat, S., 2018. Molecular responses of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to different levels of dietary carbohydrates. *Aquaculture*, Volume 482, 117-123
- Canlı, E.G., Atlı, G., and Canlı, M., 2016. Responses of the Antioxidant and Osmoregulation Systems of Fish Erythrocyte Following Copper Exposures in Differing Calcium Levels. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 97(5): 601-608.
- Canlı, E.G., ve Canlı, M., 2015. Low water conductivity increases the effects of copper on the serum parameters in fish (*Oreochromis niloticus*). *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 39: 606-613.

- Canlı, M., 1995. Effects of Mercury, Chromium and Nickel on Some Blood Parameters in the Carp *Cyprinus carpio*. Turkish Journal of Zoology, 19: 305-311.
- Canlı, M., ve Atlı, G., 2003. The Relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe,Pb, Zn) Levels and the Size of Six Mediterranean Fish Species. Environmental Pollution, 121: 129-136.
- Canlı, M., ve Erdem, C., 1994. Mercury Toxicity and Effects of Exposure Concentration and Period on Mercury Accumulation in Tissues of a Tropical Fish *Tilapia nilotica*. Turkish Journal of Zoology, 18: 233- 239.
- Canpolat, O. and Calta, M., 2003. Heavy metals in some tissues and organs of *Capoeta capoeta umbla* (Heckel,1843) fish species in relation to body size,age,sex and seasons. Fresenius Environmental Bulletin,12(9):961-966
- Carvalho, C. S. and Fernandes, M. N., 2006. Effect of temperature on copper toxicity and haematological responses in the neotropical fish *Prochilodus scrofa* at low and high Ph. Aquaculture 251: 109-117.
- Cerqueira C., Fernandes M. N., 2002. Gill Tissue Recovery After Copper Exposure And Blood Parameters Responses İn The Tropical Fish *Prochilodus scrofa*. Ecotoxicology Environment. 52: 83–91.
- Cihangir, N. ve Sağlam, N. 1997 “*Phanerochaete chrysosporium* ME-446 ile Ağır Metallerin Biyosorbsiyonu Üzerine Çalışmalar” DOĞA Tr. Journal Of Biology (21) 267 -272p.
- Congleton JI., La Voie WJ., 2001. Comparison of blood chemistry values of samples collected from juvenile chinook salmon by three methods. J Aquat Health 13:168–172.
- Cousins, R.J., 1985. Absorption, Transport, and Hepatic Metabolism of Copper and Zinc: Special Reference to Metallothionein and Ceruloplasmin. Physiological Review, 65: 238-309.
- Czok R, Barthelmai W: 1962. Enzymatische Bestimmungen Der Glucose İn Blut, Liquor Und Ham. Klin Wochenschr 40: 585–589.

- De Boeck, G., Hattink, J., Franklin, N.M., Bucking, C.P., Wood, S., Walsh, P.J., and Wood, C.M., 2007. Copper Toxicity in the Spiny Dogfish (*Squalus acanthias*) Urea Loss Contributes to the Osmoregulatory Disturbance. *Aquatic Toxicology*, 84: 133-141.
- De La Torre F. R., Salibian A., Ferrari, L., 2000. Biomarkers Assessment İn Juvenile *Cyprinus carpio* Exposed To Waterborne Cadmium. *Environ. Pollut* 109: 277–282.
- De La Torre, F.R., Salibian, A., and Ferrari, L., 2007. Assessment of the Pollution Impact on Biomarkers of Effect of a Freshwater Fish. *Chemosphere*, 68: 1582-1590.
- Dethloff, G. M., Schlenk, D., Khan, S., Bailey, H.C., 1999. The Effects Of Copper On Blood And Biochemical Parameters Of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Arch Environ Contam Toxicol* 36: 415–423.
- Dikel, S., 2009. "Tilapia Yetiştiriciliği", TC.Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, ANKARA.
- Dikel, S., Çelik, M. 1998. Aşağı Seyhan Havzası'nda yakalanan talı su çipurasının (*Tilapia spp.*) yenilebilir ve yenilemez bölümlerinin ağırlık oranları ile bazı besin öğelerinin belirlenmesi. 22: 517-520.
- Doğan, Z., Atlı, G., and Canlı, M., 2015. Effects of Lead on ATPases in Tissues ff Freshwater Fish (*Oreochromis niloticus*) in Differing Calcium Levels. *Tr. J. Fish. Aq. Sci.*, 15(2): 223-233.
- Doğan, Z., Eroğlu, A., Kanak, E.G., Atlı, G., and Canlı, M., 2014. Response of Antioxidant System of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Following Exposure to Chromium and Copper in Differing Hardness. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 92(6), 680-686.
- Dorea, J. G., 2006. Fish meal in animal feed and human exposure to persistent bioaccumulative and toxic substances. *Journal of Food Protection*, 69 (11): 2777– 2785.

- Doudoroff, P., and Katz, M., 1953. Critical Review of Literature on the Toxicity of Industrial Wastes and Their Components to Fish: II The Metals, as Salts. *Sewage Ind. Wastes* 25: 802–839.
- Ebrahimpour, M., Alipour, H., And Rakhshah, S., 2010. Influence Of Water Hardness On Acute Toxicity Of Copper And Zinc On Fish. *Toxicology And Industrial Health*, 6: 631-665
- Erdem, C., 1990. Cadmium Accumulation in Liver, Spleen, Gill and Muscle Tissues of *Tilapia nilotica* (L.). *Biyokimya Dergisi*, Cilt XV, 3: 13-22.
- Eroğlu, A., and Canlı, M., 2013. Effects of Cd, Zn and Cd+Zn Combination on ATPase Activity in the Gill and Muscle of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 91(4): 420-425.
- Eroğlu, K., Atlı, G., And Canlı, M., 2005. Effects of Metal (Cd, Cu, Zn) Interactions on the Profiles of Metallothionein-like Proteins in the Nile Fish *Oreochromis niloticus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 75: 390-399.
- Ezemonye, L., Ogeleka, D.F., and Okieimen, F.E., 2008. Lethal toxicity of industrial chemicals to early life stages of *Tilapia guineensis*. *Journal of Hazardous Materials* 157: 64-68.
- F. Habashi, 1996. *Handbook Of Extractive Metallurgy*, “Trace Elements In Human Nutrition And Health”, World Health Organization, Geneva.
- Fishbase., 2018. <http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.php?ID=2&AT=tilapia>
- Folmar LC: 1993. Effects Of Chemical Contaminants On Blood Chemistry Of Teleost Fish: A Bibliography And Synopsis Of Selected Effects. *Environ Toxicol Chem* 12: 337–375.
- Galvez, F., Hogstrand, C., McGeer, J.C., Wood, C.M., 2001. The Physiological Effects Of A Biologically Incorporated Silver Diet On Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquat Toxicol* 55: 95–112.

- Gökçe, M. A.; Dikel S.; Çelik M.; Taşbozan, O., 2003. Seyhan Baraj Gölü'nde Kafes Koşullarında Yetiştirilen Üç Tilapia [*Tilapia rendalli* (Boulenger, 1896), *Tilapia zilli* (Gervais, 1848), *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864)] Türünün Besinsel Kompozisyonlarının Belirlenmesi. Ege University Press ISSN 1300 - 1590
- Gökoğlu, N., · Yerlikaya, P., 2004. Use of Eye Fluid Refractive Index in Sardine (*Sardina pilchardus*) as a Freshness Indicator. European Food Research Technology, 218,295–297.
- Grosell, M., McDonald, M.D., Wood, C.M., Walsh, P.J., 2004. Effects Of Prolonged Copper Exposure In The Marine Gulf Toadfish (*Opsanus beta*) I: Hydromineral Balance And Plasma Nitrogenous Waste Products. Aquat Toxicol 68: 249–262.
- Heath, A.G., 1987. Water Pollution and Fish Physiology. CRC press, Florida, USA, 245s.
- Hogstrand, C., Ferguson, E.A., Galvez, F., Shaw, R., Webb, N.A., And Wood, C.M., 1999. Physiology of Acute Silver Toxicity in the Starry Flounder (*Platichthys Stellatus*) in Seawater. Journal of Comparative Physiology B, 169: 461-473.
- Jacobs, N.J., Van Denmark, P.J., 1960. The Purification And Properties Of The Alpha-Glycerophosphate–Oxidizing Enzyme Of *Streptococcus faecalis*. Arch Biochem Biophys 88: 250–255.
- Javid, A., Javed, M., and Abdullah S., 2007. Nickel Bio-Accumulation In the Bodies of *Catla catla*, *Labeo rohita* and *Cirrhina mrigala* During 96-Hr LC₅₀ Exposures. Int. J. Agricul. Biol., 9: 139-142.
- Kalay, M., 1999. Kadmiyumun *Tilapia nilotica* (L.)'da Kas, Beyin ve Kemik (Omurga Kemiği) Dokularındaki Birikimi. Tr. J. Of Zoology, 23 (3): 985-991.

- Kanak, E. G., Doğan, Z., Eroğlu, A., Atlı, G., Canlı, M., 2014. Effects of fish size on the response of antioxidant systems of *Oreochromis niloticus* following metal exposures. *Fish Physiology Biochemical* 40:1083–1091.
- Kim A.D., Gu M.B., Allen H.E., and Cha D., 2001. Physiochemical factors affecting the sensitivity of *Ceriodaphnia bulba* to copper. *Environmental Monitoring and Assessment*, 70:105-106.
- Kiriş, G.A., 2006. L-arjinin ve Nöropeptid Y'nin *Oreochromis niloticus*'da Yem Alımı, Büyüme Performansı, Besin Madde Bileşenleri ve Kan Glikoz Düzeyi Üzerine Etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Levesque, H.M., Moon, T.W., Campbell, P.G.C., Hontela, A., 2002. Seasonal Variation In Carbohydrate And Lipid Metabolism Of Yellow Perch (*Perca Flavescens*) Chronically Exposed To Metals In The Field. *Aquat Toxicol* 60:257–267.
- Li, J., Quabius, E.S., Wenselaar Bonga, S.E., Flık, G., And Lock, R.A.C., 1998. Effects Of Water-Borne Copper On Branchial Chloride Cells And Na⁺-K⁺-Atpase Activities In Mozambique Tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Aquatic Toxicology*, 43: 1–11.
- Li, Z.H., Li, P., and Randak, T., 2011. Evaluating The Toxicity Of Environmental Concentrations Of Waterborne Chromium (VI) To A Model Teleost, *Oncorhynchus mykiss*: A Comparative Study Of *In Vivo* And *In Vitro*. *Comp. Biochem. Physiol. Part C*, 153(4): 402-407.
- Ludorff, W., Meyer, V., 1973. *Fishe und Fisherzeuge*. 2.Auflage. Verlag Paul Parey In Berlin und Hamburg, 209-210.
- Macdonald, A., Silk, L., Schwartz, M., Playle, R.C., 2002. A Lead-Gill Binding Model To Predict Acute Lead Toxicity To Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 13: 227-242.

- Magyarosy, A., Laidlaw, R., Kilaas, R., Echer, C., Clark, D., and Keasling, J. 2002. Nickel Accumulation And Nickel Oxalate Precipitation By *Aspergillus Niger*. *App. Microbiol. Biotechnol.*, 59(2), 382-388.
- Mansouri, B. and Baramaki, R., 2011. Influence Of Water Hardness And Ph On Acute Toxicity Of Hg On Freshwater Fish *Capoeta fusca* *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 3 (2): 132-136.
- Mathan, R., Kurunthachalam, S. K., and Priya, M., 2010. Alterations In Plasma Electrolyte Levels Of A Freshwater Fish *Cyprinus carpio* Exposed to Acidic pH. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 92(1): 149-157.
- Matissek, R., Schnepel, F.M., Steiner, G., 1989. Steiner, *Lebensmittel-Analytic*, Berlin, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, p. 440.
- Mcgeer, J.C., Szebedinszky, C., Mcdonald, D.G., And Wood, C.M., 2000. Effects of Chronic Sublethal Exposure to Waterborne Cu, Cd or Zn in Rainbow Trout. 1: Iono-regulatory Disturbance and Metabolic Costs. *Aquatic Toxicology*, 50: 231–243.
- Morgan, I.J., Henry, R.P., And Wood, C. M., 1997. The Mechanism of Acute Silver, Nitrate Toxicite in Freshwater Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) is Inhibition of Gill Na⁺ and Cl⁻ Transport. *Aquatic Toxicology*, 38: 145-163.
- O’neill, M.D., Wesp, H.M., Mensinger, A.F., Hanlon, R.T. 1998. Initial Baseline Blood Chemistry Of The Oyster Toadfish, *Opsanus tau*. *Biol Bull* 195:228–229.
- Ohnesorge, F.K., and Wilhelm, M., 1991. Zinc (E. MERIAN editör). *Metals And Their Compounds In The Environment*, New York, S.1309-1342.
- Olsson P.E, Zafarullah M, Gedamu L:1989. A Role Of Metallothionein In Zinc Regulation After Oestradiol Induction Of Vitellogenin Synthesis In Rainbow Trout, *Salmo gairdneri*. *Biochemical Journal* 257(2)555-559

- Olsvik, P.A., Gundersen, P., Andersen, R.A., And Zachariassen, K.E. 2001. Metal Accumulation and Metallothionein in Two Populations of Brown Trout, *Salmo trutta*, Exposed to Different Natural Water Environments during a Run-off Episode. *Comparative Biochemistry and Physiology, Toxicology and Pharmacology*, 128: 189-201.
- Oluah, N.S., 1999. Plasma Aspartate Aminotransferase Activity In The Catfish *Clarias albopuntatus* Exposed To Sublethal Zinc And Mercury. *Bull Environ Contam Toxicol* 63: 343–349.
- Öner, M., Atlı, G., and Canlı, M., 2008. Changes in Serum Biochemical Parameters of Freshwater Fish *Oreochromis niloticus* Following Prolonged Metal (Ag, Cd, Cr, Cu, Zn) Exposures. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27: 360–366.
- Özmen, M., Güngördü, A., Küçükbay, Z. F., Güler, E. R., 2006. Monitoring the Effects of Water Pollution on *Cyprinus carpio* in Karakaya Dam Lake, Turkey. *Ecotoxicology*, 15: 157–169
- Parlak, H., Katalay, S., and Büyükkışık, B., 1999. Accumulation and Loss of Chromium by Mussels (*M. galloprovincialis*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 62: 286–292.
- Pelgrom, S.M.G.J., Lock, R.A.C., Balm, P.H.M., And Wendelaar Bonga, S.E., 1995. Effects of Combined Waterborne Cd and Cu Exposures on Ionic Compositions and Plasma Cortisol in Tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 2: 227-235.
- PenttiNen, S., Kostamo, A., And Kukkonen, Jvk., 1998. Combined Effects Of Dissolved Organic Material And Water Hardness On Toxicity Of Cadmium To *Daphnia magna*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 17: 2498-2503.
- Pyle, G.G., Swanson, S. M., and Lehmkuhl, D.M., 2002. The Influence of Water Hardness, pH, and Suspended Solids on Nickel Toxicity to Larval Fathead Minnows (*Pimephales promelas*). *Wat. Air Soil Pollut.*, 133: 215–226.

- Rathor, R.S., Khangarot, B.S., 2003. Effects Of Water Hardness And Metal Concentration On A Fresh Water Tubifex *Tubifex muller*. Water Air and Soil Pollution, 142:341-356.
- Sağlam, D., Atlı, G., Doğan, Z., Baysoy, E., Gürler, C., Eroğlu, A., and Canlı, M., 2014. Response of The Antioxidant System of Freshwater Fish (*Oreochromis niloticus*) Exposed to Metals (Cd, Cu) in Differing Hardness. Tr. J. Fish. Aq. Sci., 14(1): 43-52.
- Sağlam, D., Atlı, G., ve Canlı, M., 2013. Investigations On The Osmoregulation Of Fresh Water Fish (*Oreochromis niloticus*) Following Exposures To Metals (Cd, Cu) İn Differing Hardness. Ecotoxicology And Environmental Safety, 92:79-86
- Saito, M., Saito, K., Kunisaki N., Kimura, S., 2002. Green Tea Polyphenols İnhibit Metalloproteinase Activies İn Skin, Muscle And Blood Of Rainbow Trout. Journal Of Agricultural And Food Chemistry, 50, 7169-7174.
- Sarıhan, E., ve Toral, Ö., 1982. Bir Tropikal Balık Türü Olan *Tilapia nilotica* 1758'in Çukurova Bölgesi'nde Yetiştirme Sorunları Üzerine Bir Tartışma. Tübitak 7. Bilim Kongresi. Veteriner ve Hayvancılık Araştırma Grubu Tebliğleri, Ankara, 33-44.
- Silbergeld, E. K., Silva, I. A., & Nyland, J. F., 2005. Mercury and autoimmunity: Implications for occupational and environmental health. Toxicology and Applied Pharmacology, 207 (2 Suppl): 282-292.
- Simkiss, K., and Taylor, M.G., 1989. Metal Fluxes Across the Membranes of Aquatic Organisms. Review. Aquatic Sciences, 1 (1): 173-188.
- Singh, H.S., Reddy, T.V., 1990. Effect Of Copper Sulfate On Hematology, Blood Chemistry, And Hepatosomatic İndex Of An Indian Catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch), And İts Recovery. Ecotoxicol Environ Saf 20: 30-35.
- Talke, H., Schubert, G.E., 1965. Enzymatische Hamstoffbestimmung İn Blut Und Serum İm Optischen Test Nach Warburg. Klin Wochenschr 43: 174-175.

- Tietz, N.W., Logan, N.M., 1987. Fundamentals Of Clinical Chemistry. WB Saunders, Philadelphia, PA, USA.
- Tunçok, Y., 2008. İçme Suyunda Ağır Metaller Ve İnsan Sağlığına Etkileri. http://izmir.kalder.org/Yesim_Tuncok.pdf. DEÜTF Farmakoloji Anabilim Dalı Klinik Toksikoloji B.D. İlaç ve Zehir Danışma Merkezi, İzmir.
- USEPA, 1980. Water Quality Criteria Documents: Availability. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC, Federal Register 45 (Nov. 28), 231.
- Vaglio, A., Landriscina, C., 1999. Changes In Liver Enzyme Activity In The Teleost *Sparus Aurata* In Response To Cadmium Intoxication. Ecotoxicol Environ Saf 43: 111–116.
- Verger, P., Houdart, S., Marette, S., Roosen, J., and Blanchemanche, S., 2007. Impact Of A Risk–Benefit Advisory On Fish Consumption And Dietary Exposure To Methylmercury In France. Regulatory Toxicology And Pharmacology, 48: 259–269.
- Viarengo, A., 1989. Heavy Metals in Marine Invertebrates. Mechanism of Regulation and Toxicity at the Cellular Level. Aquatic Sciences, 1 (2): 295- 317
- Vural, H., 1993. Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler. Çevre Dergisi 8: 3-8.
- Weichselbaum, T.E., 1946. An Accurate And Rapid Method For The Determination Of Proteins In Small Amounts Of Blood Serum And Plasma. Am J Clin Pathol 16: 40–48.
- WHO, 1992. Cadmium—Environmental aspects. Environmental Health Criteria No. 135. World Health Organisation (WHO), The International Programme on Chemical Safety Olsson (IPCS), Geneva.
- Wobeser, G., 1975. Acute Toxicity of Methylmercury Chloride and Mercuric Chloride for Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) Fry and Fingerlings. J. Fish. Res. Board Can. 32: 2005–2013.

- Wood, C.M., Farrell, A.P., and Brauner C.J., 2012. Homeostasis and Toxicology of Essential Metals, First Edition, Elsevier, United States of America, P.P. 379-383.
- Wright, D. A., 1995. Trace Metal and Major Ion Interactions in Aquatic Animals. Marine Pollution Bulletin, 31: 8-18
- Yang, J., Chen, H.C., 2003. Effects Of Gallium On Common Carp (*Cyprinus Carpio*): Acute Test, Serum Biochemistry, And Erythrocyte Morphology. Chemosphere 53: 877–882.
- Zhang, L. ve Wang, Wx ,2007. Size-Dependence Of The Potential For Metal Biomagnification In Early Life Stages Of Marine Fish. Environmental Toxicology And Chemistry, 26(4):787-794



ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Adana’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana’da tamamladı. 2004 yılında kazandığı Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi’nden 2008 yılında mezun oldu. 2005 yılında Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölümünde yan dal programına başladı ve burdan da 2008 yılında mezun oldu. 2008 yılı Eylül ayında Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi’nde Yüksek Lisans eğitime başladı. 2009 yılı Ekim ayında Hakkari Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümüne araştırma görevlisi olarak atandı. Su Ürünleri Fakültesi Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümün’de yüksek lisansını tamamladı. 2011 yılı Eylül ayında Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü’nde doktora eğitime başladı.