

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*) RASYONUNA İLAVE EDİLEN
ORGANİK VE İNORGANİK KROM'UN SERUM İNSÜLİN VE GLİKOZ
DÜZEYLERİ İLE BÜYÜMEYE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hasan YAZLAK

**Anabilim Dalı: Su Ürünleri Yetiştiriciliği
Programı: Yetiştiricilik**

ŞUBAT-2010

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*) RASYONUNA İLAVE EDİLEN
ORGANİK VE İNORGANİK KROM'UN SERUM İNSÜLİN VE GLİKOZ
DÜZEYLERİ İLE BÜYÜMEYE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hasan YAZLAK
(Enstitü No:99228102)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :08.02.2010

Tezin Savunulduğu Tarih :26.02.2010

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. M. Nuri ÇAKMAK (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Kazım ŞAHİN (F.Ü)

Doç. Dr. Kenan KÖPRÜCÜ (F.Ü)

ŞUBAT-2010

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanması ve yürütülmesi sırasında yardım ve katkılarını esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. M. Nuri ÇAKMAK'a, Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dekanlığı'na ve Prof. Dr. Mustafa DÖRÜCÜ'ye, Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesinden Prof. Dr. Kazım ŞAHİN ve ekibine, çalışmamızda kullanmış olduğumuz krom pikolinatın temininde yardımcı olan Nutrition 21 firmasına, İnönü Üniversitesi Rektörlüğüne, Sürgü MYO Müdürlüğü ve personeline, manevi destekleriyle her zaman yanımda olan aileme ve canım eşim DEBİ'ye çok teşekkür ederim.

Hasan YAZLAK

ELAZIĞ-2010

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	VIII
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİSİ	3
2.1. Eser Elementler.....	3
2.1.1. Krom.....	3
2.1.2. Krom Metabolizması.....	6
2.2. Balıklarda Kromun Kullanımı.....	8
3. MATERYAL VE METOT	15
3.1. Materyal.....	15
3.1.1. Balık Materyali.....	15
3.1.2. Yem Materyali.....	15
3.1.2.2. Araştırma Rasyonlarının Hazırlanması.....	16
3.1.2.3. Deneme Tekneleri ve Kullanılan Suyun Özellikleri.....	18
3.2. Metot.....	18
3.2.1. Denemenin Planlanması ve Uygulanması.....	18
3.2.2. Yem Tüketiminin Tespit Edilmesi.....	22
3.2.3. Balıkların Canlı Ağırlıklarının Tespiti.....	22
3.2.4. Balıklardan Kan Alınması.....	23
3.2.5. Araştırmada Belirlenen Parametreler.....	23
3.2.5.1. Ağırlıkça Oransal Büyüme.....	23
3.2.5.2. Spesifik Büyüme Oranı.....	23
3.2.5.3. Yem Dönüşüm Katsayısı.....	23
3.2.5.4. İnsülin Tayini.....	24

3.2.5.5. Glikoz Tayini.....	24
3.2.5.6. Bazal Rasyonda Krom Analizi	25
3.2.6. Verilerin Değerlendirilmesi.....	25
4. BULGULAR.....	26
4.1. Denemede Kullanılan Suyun Özellikleri.....	26
4.2. Büyüme Parametreleri.....	26
4.3. Kromun İnsülin ve Glikoz Üzerindeki Etkileri	27
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	28
KAYNAKLAR.....	31
ÖZGEÇMİŞ.....	38

ÖZET

Bu çalışmada, pratik gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) rasyonlarına ilave edilen, organik (CrPic) ve inorganik (CrCl₃) krom formlarının serum insülin, glikoz ve büyüme üzerindeki etkileri araştırıldı. Araştırma İnönü Üniversitesi Sürgü Meslek Yüksekokulu Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Biriminde 120 gün süreyle, ortalama ağırlıkları 50 g olan toplam 450 balık üzerinde kaynak suyu kullanılarak yürütüldü. Çalışmada biri kontrol grubu olmak üzere üç rasyon hazırlandı ve her grup 3 tekerrürlü olarak çalışıldı. Kontrol rasyonuna Krom ilave edilmedi, Krom Pikolinattan sağlanan 400 µg/kg krom ilave edilen grup Organik Krom Grubunu (CrPic) ve Krom klorit'den sağlanan 400 µg /kg krom ilave edilen grup İnorganik Krom (CrCl₃) grubunu oluşturdu.

Deneme sonunda gruplarda canlı ağırlık artışları, ağırlıkça oransal büyüme, spesifik büyüme oranı, yem dönüşüm oranları saptanmıştır. Deneme sonunda her grubu temsilen 10 balıktan kan örnekleri alınmış glikoz ve plazmalarından insülin düzeyleri belirlenmiştir.

Deneme sonunda, ağırlıkça oransal büyüme, deneme sonu balık ağırlığı ve spesifik büyüme oranı krom ilave edilen gruplarda kontrol grubundan yüksek ($P<0.001$), kendi aralarında ise önemsiz çıkmıştır. Aynı şekilde, yem dönüşüm katsayıları krom ilave edilen gruplarda kontrol grubundan daha düşük ($P<0.05$) kendi aralarında ise önemsiz çıkmıştır. Deneme sonunda kan glikoz değerleri kontrol ve krom klorid ilave edilen grup arasında önemsiz çıkarken, krom pikolinat ilave edilen grupta daha düşük çıkmıştır ($P<0.001$). Serum insülin değerleri arasındaki fark tüm gruplar için önemsiz çıkmıştır.

Araştırmada, pratik gökkuşağı alabalığı rasyonlarına yapılacak 400 µg/kg düzeyindeki krom (CrCl₃·6H₂O, Krom Pikolinat) katkısının büyüme ve yem dönüşümünü üzerinde olumlu etkisi olduğu, Gökkuşağı alabalıklarının her iki krom formunu eşit düzeyde değerlendirdiği sonucuna varıldı.

Anahtar Kelimeler: Gökkuşağı Alabalığı, Krom Klorit, Krom Pikolinat, İnsülin, Glikoz, Büyüme

SUMMARY

Effects of Organic and Inorganic Chromium Supplementation on the Serum Insuline, Glucose and Growth in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*).

In this study, effects of organic (CrPic) and inorganic (CrCl₃) forms of chromium on serum insulin, glucose and growth in rainbow trout were investigated. A total of 450 fishes, average initial body weight 50 g were used, tanks supplied with spring water and experiment continued for 120 days. The study was conducted at Sürgü Vocational School Research Unit of İnönü University. A basal diet was prepared and picolinate group (CrPic) supplemented with chromium picolinate, chloride group supplemented with chromium chloride (CrCl₃). Supplemented elemental chromium level to the picolinate and chloride groups was 400 µg/kg and each diet fed to triplicate tanks.

Fish feed with the CrPic and CrCl₃ diets had significantly greater weight gain, relative growth rate and final body weight than control group ($P<0.001$) but not significant between picolinate and chloride groups. Feed conversion rate was not significantly different between picolinate and chloride group but control group had the greatest feed conversion rate than chromium supplemented groups ($P<0.05$). Blood glucose concentration was not significantly different between control and chloride groups but picolinate supplementation decreased glucose concentration significantly ($P<0.001$). Serum insuline concentrations between all groups were not significantly different.

These results suggests that, supplementation of two chromium forms (CrPic, CrCl₃·6H₂O) at 400 µg/kg rate to rainbow trout practical diets improved growth and feed conversion rate.

Key Words; Rainbow Trout, Chromium Chloride, Chromium Picolinate, Insuline, Glucose, Growth

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Gökkuşığı Alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....	15
Şekil 3.2. Pelet Yem Makinesi.....	17
Şekil 3.3. Pelet Haline Getirilen Yem Materyali.....	17
Şekil 3.4. Çalışma Yapılan Deneysel Tank Sistemleri.....	19
Şekil 3.5. Çalışma Yapılan Tank Sistemleri ve Tekrar Uygulama Tankları....	19
Şekil 3.6. Alabalıklarda Kesim Öncesi Fenoksietanol Uygulaması	20
Şekil 3.7. Alabalıklarda Kuyruk Boy-Ağırlık ve Kesim İşlemleri İçin Kullanılan Bayıltma Tankı ve Uygulaması	20
Şekil 3.8. Alabalıklarda Kuyruk Kesme Yöntemiyle Kan Alınması.....	21
Şekil 3.9. Alabalıklarda Kuyruk Kesme Yöntemiyle Alınan Kanın Tüplere Aktarılması.....	21
Şekil 3.10. Alabalık Kanlarının Santrifüj Edilmesi.....	22
Şekil 3.11. İnsülin Ölçümlerinin Yapıldığı Cihaz.....	24

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Doğada Kromun Dağılışı.....	5
Tablo 3.1. Deneme Yemlerinde Kullanılan Yem Ham Maddelerinin Yapısı....	15
Tablo 3.2. Araştırmada Kullanılan Bazal Rasyonun Kompozisyonu.....	16
Tablo 4.1. Kromun Büyüme ve Yem Dönüşüm Oranı Üzerine Etkileri.....	26
Tablo 4.2. Kromun Glikoz ve İnsülin Üzerine Etkileri.....	27

1. GİRİŞ

Mineraller vücudun kendi kendine oluşturamadığı inorganik maddelerdir. Mineraller tüm canlılarda olduğu gibi, insan doku ve organlarında da bulunmaktadır. Bilinen elementlerden 40 tanesi hücre bileşiminde bulunur. Bu elementler ya tuzlar (mineraller) halinde, ya da protein, karbonhidrat veya yağlarla birleşmiş olarak bulunurlar. Mineraller, hücreler arası sıvının ve kanın su oranını düzenler. Minerallerin azalmasıyla öncelikle hücreler arası sıvı, özellikle de kanın su oranı azalır. Bunun sonucunda, hücrelerin çalışma düzeninde aksamalar meydana gelmekte ve vücudun dengesi bozulmaktadır. Mineraller aynı zamanda kan basıncı, kalp ritmi, kas fonksiyonları, üreme, vücuttaki sıvı dengesinin korunması ve daha birçok fonksiyonda önemli rol üstlenirler (Karadeniz, 2004).

Mineraller, diğer hayvanlarda olduğu gibi balıkların da metabolizmasında esansiyel faktör olarak ve büyümeleri için gereksinim duydukları temel bileşenler arasında yer almaktadır. Diğer yandan ihtiyaç duyulan mineralin bir kısmı doğrudan sudan solungaçlar aracılığıyla ya da sindirim sisteminden absorbe edilmektedir. Sudan mineralleri absorbe etmek tatlısu balıklarında osmoregülasyon bakımından yaşamsal bir önem taşıması yanında, besleme açısından da oldukça önemlidir. Mineral Emilimi balık türüne, su sıcaklığına, pH, mineral yoğunluğu, gibi çevresel faktörlere göre değişmektedir. Buda, balığın tüm mineral gereksinimini ve dışarıdan verilen yemlere ne kadar eklenmesi gerektiğinin belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Sudan absorbe edilen minerallerin toplam gereksinimi karşılamadığı ve ister doğal ister dışarıdan verilen ek yemler olsun belirli miktarlarda minerallerin katılma zorunluluğunun olduğu bildirilmektedir (Bilgüven, 2002).

Bu mineral maddelerden Krom (Cr) doğada kendiliğinden bulunan ve insan vücudu için önemli bir eser elementtir. Bitkinin büyüme ve gelişmesi üzerine zararlı etkileri vardır (Shanker vd., 2005). Eksikliğinde, insan ve hayvan metabolizmalarından yağ metabolizması ve glikoz metabolizmalarının bozulmasına neden olmaktadır (Zayed vd., 2003; Kovács vd., 2007). Krom ile insülin arasında ilişki bulunmuş ve Kromun, insülin ve insüline duyarlı hücre membranlarında etkisi olduğu gösterilmiş, eksikliğinde glikoz toleransının bozulduğu, özellikle Tip II Diyabet hastalarında gelişim riskinin arttığı bildirilmiştir (Güneral, 1985). Ayrıca kromun sıçanlarda hücresel antioksidan kapasitesini artırdığı ve çocuklarda zekâ gelişimi üzerine etkileri olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Attentburrow vd., 2002).

Krom, yaklaşık olarak 40 yıldan beri insanlar ve hayvanlar için esansiyel bir

element olarak kabul edilmektedir. Krom doğada çoğunlukla trivalent (Cr^{+3}) formunda bulunur. Kromun (Cr^{+3}), *in vivo* olarak antioksidan özelliklere sahip olduğu, aktive edici enzimlerin yapısında yer aldığı ve nükleik asitler ile proteinlerin stabilitelerinin korunmasında rol aldığı görülmüştür (Mertz vd., 1978). Kromun metabolizmadaki en önemli rolü, Glikoz Tolerans Faktör (GTF) olarak adlandırılan ve bir organometal olan molekülün yapısına girerek insülinin etkisini artırıcı fonksiyon görmesidir. Glikoz tolerans faktör (GTF) ilk olarak Schwarz and Mertz (1957; 1959) tarafından domuz böbreği (1957) ile bira mayasından (1959) izole edilmiş ve GTF'nin Cr^{+3} , Nikotinik Asit, Glutamik Asit, Glisin ve Sistein' den meydana geldiğine inanılmaktadır. Çekirdeğinde Cr^{+3} olmadan glikoz tolerans faktör (GTF) inaktiftir. Hayvansal dokulardaki kromun çoğu glikoz tolerans faktör (GTF) şeklinde bulunur (NRC, 1974).

Krom (Cr), tüm memeliler ve balıklar için büyümeyi artıran ve fizyolojik aktivitelerin gelişmesi için gerekli esansiyel iz minerallerden birisidir. Hayvansal dokuların tamamında yer almaktadır. Hayvanlarda verimin artırılmasında ve bazı metabolizma hastalıklarının önlenmesinde rol oynamaktadır. Hayvanların iz mineral ihtiyaçlarının karşılanmasında genellikle inorganik krom kaynakları kullanılsa da yapılan araştırmalar, bu bileşiklerin sindirilebilirliklerinin, emilimlerinin ve biyoyararlanımlarının organik Krom kaynaklarına göre daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu nedenle son yıllarda, Kromun kimyasal olarak amino asitten oluşan bir ligand ile reaksiyona girmesiyle şekillenen organik Cr bileşikleri hayvan beslemede yaygın olarak kullanılmaktadır (Şahin vd., 2002; Bülbül, 2008).

Bu çalışmada, pratik alabalık rasyonlarına ilave edilen, Organik (CrPic) ve İnorganik (CrCl_3) krom formlarının Gökkuşağı Alabalığında büyüme, serum insülin ve glikoz, düzeyleri üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR BİLGİSİ

2.1. Eser Elementler

Total vücut minerallerinin % 0.01'den azını oluşturan ve part per million (ppm) (mcg/lt) veya part per billion (ppb) (ng/L) birimi ile ölçülebilen elementlere eser elementler denilmektedir. Bu mineraller, enzim sistemlerinde anahtar rolü oynar. Eser elementler mitokondri ve ribozomlar gibi selüler yapıların organizasyonunda, sinirsel iletimde, enzimlerin etkinliğinde, membran geçişinde yer alır. Protein ve nükleik asitlerin yapısında ve korunmasında ribozomal yapının stabilizasyonunda fonksiyon görürler. Bu elementlerin serum ve doku düzeyindeki yetersizlikleri; enzimlerle yönetilen metabolik olaylarda aktivasyon azalmasına neden olmaktadır (Güneral, 1985; Harshita vd., 2000).

Beslenmede esansiyel olan eser elementler; Magnezyum (Mg), Demir (Fe), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Krom (Cr), Kalay (Sn), Selenyum(Se), Manganez (Mn), Kobalt (Co), Nikel (Ni), Vanadyum (Va), ve Florür (F) dür. Her birinin eksikliği ve fazlalığı söz konusu olduğunda değişik klinik bulgular gelişir. Bununla beraber hepsinin ortak olarak etkin olduğu tek ve en önemli olay büyüme ve gelişmedir. Eser elementler doğada çok az bulunmalarına karşın yaşamın sürdürülmesi, büyüme, gelişme ve çoğalma için gereklidirler (Güneral, 1985; Harshita vd., 2000).

2.1.1. Krom

Beyaz kristalize yapılı olan Krom eser element olarak ilk defa 1959 yılında tanımlanmıştır. Elektron düzeni $Ar 3d5 4s1$ 'dir. Atom numarası 24, Atom ağırlığı 51.996 dır. Periyodik cetvelde 6 B gurubunun bir üyesidir. Oksidasyon sayısı -2 ile $+6$ arasında değişebilmektedir. Divalent krom nispeten stabil değildir ve hızlıca trivalent forma oksitlenir böylece doğada yalnızca iki form, trivalent ve hexavalent formlar bulunur. Fakat en çok rastlanılanı 0, +2, +3, +6 formlarıdır. Bunlar içerisinde kromun en stabil olan ve biyolojik sistemler içerisinde en fazla yer alan formu, üç değerli (+3) olanıdır. Bu form elementin stabil tek fiziksel etkin formu olarak görülmektedir. Etkinliğin büyüklüğü, Krom'un bağlandığı özel komplekslere veya bileşiklere göre değişmektedir (NRC, 1974; Stoecker, 1996).

Altı değerli (+6) formu, canlılar için toksiktir. İki değerli (+2) krom bileşikleri, havadan korunmadıkları sürece kolayca oksitlenen, dayanıksız bileşiklerdir. Altı (+6) değerli krom çoğunlukla oksijene bağlı bulunur ve kuvvetli yükseltgen bir ajandır.

Karbonhidrat, protein ve lipit metabolizmalarıyla ilgili bir element olan krom, memeliler için temel besin öğelerinden biridir. Doğada element olarak kroma çok az rastlanılmaktadır. Ama bu miktarlar bile spektrofotometrik olarak saptanmaktadır. Buna karşın krom tuzları doğada yaygın olarak bulunur. Krom havanın neminden oksitlenmez, ısıtıldığı zaman çok az oksitlenerek krom oksit'e dönüşür. Krom elementi Azot, Karbon, Silisyum, Bor'la direkt olarak birleşir. Seyreltik asitlerle direkt olarak reaksiyona girer ve hidrojen açığa çıkarır. Sulu çözeltilerde hiçbir zaman serbest olarak bulunmaz, diğer ligandlarla kompleks halinde bulunur (Gibson, 1990; Gürson, 1977; Harshita vd., 2000).

Kromun serumda normal düzeyi ortalama 0.073 mcg/dl ile 15mcg/dl arasında değişir (Mertz vd.,1978; Harshita vd., 2000). İnsan dokusunda krom düzeyinin 0.02 mcg/dl den başlayıp giderek arttığı bildirilmektedir. Bu artışın doğumdan itibaren başlayıp 10 yaş civarında da normal erişkin düzeyine ulaştığı belirtilmektedir. Organizmada krom, insülin ile çok yakın ilişki içerisinde. Deneysel krom eksikliği, insüline duyarlı dokularda hormona olan cevabın azalmasına neden olmuştur. Krom ve insülin arasındaki etkileşimin insüline duyarlı dokunun hücre membranında olduğuna inanılmaktadır. Burada Krom, muhtemelen bir üçlü kompleks oluşturarak insülinin reseptörleriyle birleşmesinde başlangıç tepkimesini şiddetlendirmektedir. Yapılan çalışmalarda normal glikoz toleransının görülmesi için Kromun temel bir element olduğu saptanmıştır (Harshita vd., 2000).

Krom metabolizması, elementin bulunduğu kimyasal biçimle bağlantı göstermektedir. Biyolojik aktif inorganik krom bileşikleri, doğada +3 değerli olarak bulunmaktadır. Kromun +6 ve +2 değerli inorganik bileşikleri, biyolojik maddelerde durağan olmadıklarından fizyolojik etkinlik göstermezler. Krom metabolizması, diğer eser element metabolizmalarından elementin bulunduğu kimyasal biçime bağlantılı olması nedeniyle farklıdır. Çok çeşitli besinlerde krom, nikotinik asit ve üç amino asit ile yaptığı bir kompleks halinde bulunur. Bu komplekse glikoz tolerans faktörü (GTF) denilmektedir (Gürson, 1977; Harshita vd., 2000).

Bira mayasından elde edilen GTF, Krom, Glisin, Glutamik Asit, Sistein ve yüksek yoğunlukta Nikotinik Asit içeren bir maddedir. Bu maddenin aynı planda bulunan 4

birleşme yerine birer aminoasitin girmesi, Kromun organizmada taşınması sırasında dayanıklılığını sağlamaktadır.

Temizlik amacıyla kullanılan dikromatların renginin organik materyaller tarafından indirgenerek yavaş yavaş yeşile dönmesi, (+3) değerli kromun oluştuğunu gösterir. Krom bileşiklerinin en dayanıklısının (+3) değerliğe sahip olduğu bilinmektedir. Oksijen ve azot içeren ligandlarla koordinasyon yapma eğilimindedir. Bu şekilde çeşitli şelat, kompleks ve koordinasyon bileşikleri oluşturabilirler. Kromun koordinasyon sayısı 6' dır ve koordinasyon yaptığı ligandlar su, amonyak, üre, etilendiamin, sülfat ve birçok organik asitlerin anyonudur.

Günlük yaşantımızda, havada, suda ve diğer tüketim maddelerindeki krom dağılım oranları Tablo 2.1.'de toplu olarak verilmiştir.

Tablo 2.1. Doğada kromun dağılışı (Güneral, 1985).

Bulunduğu Ortam	Krom Miktarı
Havada:	0.02-0.002 mg/m ³
Sularda:	
Nehir	1-10 mcg/l
Deniz	1 mcg/dl
Toprakta:	
Krom +3 oksit	250 mg/kg
Değişik tür tütünlerde	6.3-8.6 mg/kg
Değişik tür bitkilerde	10-1000 mcg/kg
Yiyeceklerde:	
Sebzelerde	20-50 mcg/kg
Meyvelerde	20 mcg/kg
Tahıllarda	40 mcg/kg
Balıklarda	0.02-0.21 mcg/kg

Krom karbonhidrat metabolizmasında da rol oynayan önemli bir esansiyel elementtir. Krom, optimal insülin aktivitesinin ve normal glikoz toleransının devam ettirilmesi için gereklidir. Krom eksikliği, yüksek kan glikozu, düşük lipid (yüksek dansiteli lipoprotein HDL) ve insülin seviyeleri ile ilişkilidir. Diyetle yeteri kadar krom

alınması durumunda, krom eksikliğine bağlı gelişen iki önemli hastalığa (kardiyovasküler hastalık, diabetes mellitus) karşı koruyucu önlem alınmış olur (Güneral, 1985).

2.1.2. Krom Metabolizması

Hayvan beslemede kullanılan Krom bileşikleri ise organik ve inorganik olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Krom Oksit (Cr_2O_3) ve Krom Klorit (CrCl_3), Krom'un inorganik kaynaklı bileşikleri iken, Krom'un niyasin ile birleşmesinden oluşan Krom Nikotinat (CrNic), pikolinik asit ile birleşmesinden oluşan Krom Pikolinat (CrPic) ve krom mayası ise organik kaynaklı bileşikleridir. Krom Pikolinat % 88 Pikolin'den, %12' si Krom olan biyolojik olarak oldukça yararlı bir formdur. Diğer krom bileşiklerine oranla daha iyi emilir. Uygun Krom ilavesinin insülin etkileşimi ve biyoyararlanımını sağladığı göz önüne alındığında, CrNic 'ın güçlü bir insülin etkinliği gösterdiği, ancak CrPic 'ın böyle bir etkisinin olmadığı ortaya konulmuştur (Sell, 1997; Bülbül, 2008).

Krom, başlıca ince barsaklardan emilmektedir. Krom, muhtemelen basit difüzyonla en fazla jejunumda olmak üzere sırasıyla duodenum ve ileumdan absorbe olmaktadır. Altı değerli krom, üç değerli kroma göre daha çabuk absorbe olur. Genel olarak kromun absorbe edilme oranı düşüktür (% 0.5-3). Diyetteki krom miktarı, emilen krom yüzdesi ile ters orantılıdır. Diyetle alınan günlük krom miktarı 10 mcg iken, emilen krom oranı yaklaşık % 2, alınan krom miktarı 40 mcg iken emilen krom oranı % 0.4 ile 0.5 arasında bulunmuştur. Aç bırakılan kobaylarda, aç olmayanlara göre krom düzeyi önemli derecede daha yüksek bulunmuştur. Çeşitli diyetel farklılıklar krom emilimini etkilemektedir. İnce barsaklarda kroma bağlanan aminoasitler, "olaiton" işlemini önleyerek emilimi artırırılar (Harshita vd., 2000; Offenbacher vd., 1988).

Hekzavalent kromun (Cr^{+6}) emiliminin, Cr^{+3} a göre 5 kez daha iyi olduğu bildirilmiştir (Sell, 1997). İnorganik Krom tuzu olan CrCl_3 , % 0,5 düzeyinde emilirken; CrNic 'ın, CrCl_3 'e göre % 672 ve CrPic 'a göre de % 311 oranında daha iyi emildiği belirlenmiştir (Wees, 1996). Değişik Krom kaynakları ile beslenen ratların dokularında Krom düzeyinin Krom'un formuna bağlı olduğu, buna göre organik Krom bileşiklerinin olmadığı Kromun biyoyararlanımının en yüksek olduğu formu şelat, kompleks ve proteinat formlarından herhangi birini içeren organik formudur (Sell, 1997; Bülbül, 2008).

Yapılan araştırmalarda, organik Krom'un uygun düzeylerde alınması halinde yararlı olduğu saptanmıştır (Sell, 1997; Wees, 1996). Toksisitesi Cu, Zn, I ve Mn'e göre çok daha

düşüktür. Kromun Cr^{+6} ve Cr^{+3} formu toksiktir (Buhler vd., 1977). Ancak Cr^{+3} 'un emilimi az olduğundan toksik etkisini göstermesi için yüksek dozlarda alınması gerekmektedir. Bu nedenle güvenlik sınırı geniştir. Kromun maksimum tolere edilebilir miktarı, oksit formu için 3000 ppm iken; klorit formu için bu düzey 1000 ppm olarak hesaplanmıştır (Sell, 1997). Krom Pikolinatın hayvanlarda toksik olmayan dozlarının kromozomlarda önemli derecede hasara sebep olduğu; ancak CrNic ve $CrCl_3$ 'in aynı dozda alındığında böyle bir etki göstermediği, CrNic ve CrPic'in, $CrCl_3$ ile karşılaştırıldığında en güvenli ve biyoyararlanımı en yüksek Krom formu olduğu tespit edilmiştir (Bülbül, 2008).

Organizmanın, belirli bir miktar Krom'a ihtiyacı vardır. Bu ihtiyaç, fizyolojik ve fizyopatolojik durumlara göre değişmektedir. Kan glikoz seviyesinin artışına neden olan etkenler, özellikle yaştın ilerlemesi, hastalık, okzalit, aspirin, gebelik, travma ve stres durumları vücutta Krom depolarının hızla mobilize olmasına ve idrarla atılımına dolayısıyla organizmada Krom yetersizliğine yol açmaktadır. Krom yetersizliğinde hayvanlarda, normal karbonhidrat ve protein metabolizmasında bozulma, çevresel dokuların insüline karşı hassasiyetinde azalma, büyüme oranında azalma, yaşam süresinde kısalma, serum kolesterol seviyesinde yükselme, sperm sayısı ve dölleme gücünde gerileme şekillenmektedir. Organik krom bileşikleri ise önemli derecede insülin oluşturma aktivitesi göstermektedir (Anderson, 1981; 1994; Mowat, 1993; Mordenti vd., 1997; Bülbül, 2008).

Biyolojik aktif inorganik krom bileşikleri için bilinen en iyi kaynak bira mayasıdır (Toepfer vd., 1977). Krom (trivalent) ihtiva eden en önemli kaynaklar, karides eti, kurutulmuş bira mayası, kabuklular, kurutulmuş *Artemia salina*, karaciğer, tavukçuluk yan ürünleri unu ve balık unudur (1-5 mg/kg kuru ağırlık) (Tacon vd., 1987).

Balıklar için Kromun esansiyel bir madde olduğu, Krom bakımından yetersiz bir yemle beslenen deneme hayvanlarında açlık şekerinin arttığı, büyümenin bozulduğu, kolesterolün yükseldiği ve döl verimi azaldığı yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir (Mertz, 1969). Fakat Glikoza karşı tolerans azalması ve diğer belirtiler, bira mayası ve kromca zengin diğer yem hammaddeleriyle yemleme yapıldığında ortadan kalkmıştır.

2.2. Balıklarda Kromun Kullanımı

Gerek Gökkuşığı Alabalığı ve gerekse de yetiştiriciliği yapılan diğer türlerde, beslenme açısından önemli bir element olan Kromun değişik formları, rasyonlara yapılan farklı ilave oranları ve dokulardaki birikim düzeyleri ile ilgili birçok araştırmaya rastlanılmaktadır.

Yapılan bir çalışmada; Gökkuşığı Alabalıklarının mineral madde karışımı olmayan yemlerle 2-10 hafta beslenmeleri sonucunda balıklarda iştahsızlık, büyümede gerileme, anemi, gibi yetersizlik belirtileri görülmüş ve bir kısmı çırpınarak ölmüştür. Ancak yemin en az % 2'si kadar bir mineral karışımının yeme tekrar eklenmesiyle yetersizlik belirtileri ortadan kalkmıştır. Yaşamaya devam eden balıkların çoğunda Scoliosis (omurganın “s” şeklinde) bükülmesi) Lordosis (omurganın “>” şeklinde bükülmesi) ve özellikle burnun kısa ve daha küt olmasını kapsayan kafatası kemikleri deformasyonu gözlenmiştir (Ogino vd., 1975).

Oncorhynchus tshawytscha ile yapılan bir araştırmada kromun böbrekler için hedef organ olduğunu, çoğu fizyolojik bozuklukların $\geq 120\mu\text{g Cr/L}$ de ortaya çıktığını, $24\mu\text{g Cr/L}$ etkisinin ise böbrek tübül hücrelerinde hasarlar olduğu ortaya çıkmıştır (Frag vd., 2006).

Yapılan bir çalışmada 3 hafta boyunca $2,0\text{ mgL}^{-1}$ hexavalent Cr'ye maruz bırakılan *Oncorhynchus mykiss*' in kanındaki Hemoglobin (HB) seviyesi ve Hematokrit (HCT) oranı yükselmiştir. Uzun dönemli düşük konsantrasyonlu Cr'a ($1,9$ ve $2,9\text{ mgL}^{-1}$) maruz bırakılan (30 gün) ve Cyprinidae familyasından olan *Barbus conchoni* balığının kanındaki RBC sayısı, HCT oranı ve HB seviyesi artmıştır. Benzer durum *Oncorhynchus mykiss* balığında da görülmüştür. Bununla birlikte, kısa (96 saat) ve uzun (90-100 gün) süreli potasyum bikromata (244 mgL^{-1} ve $0,72-21,5\text{ mgL}^{-1}$) maruz bırakılan *Cyprinus carpio* balığının kanındaki HCT oranı ve HB konsantrasyonunda bir değişiklik görülmemesine rağmen $4,2-0,125\text{ mgL}^{-1}$ Cr konsantrasyonuna uzun süreli olarak maruz bırakılan *Oncorhynchus mykiss* balığının HB seviyesi ise artmıştır (Çelik, 2006).

Macrobrachium lamarrei'de +6 değerli Kromun 1840 ppb'lik derişiminin 96 saat süreyle etkisi, hemolenf krom derişimini önemli düzeyde arttırırken, glikoz düzeyini belirgin bir şekilde azalttığı saptanmıştır (Murti vd., 1983).

Scardinus erythrophthalmus'da 20 ppm krom ortam derişiminin 24 saat süreyle etkisinde en fazla birikim böbrek dokusunda olurken (Van Hoof, 1981), *Cyprinus carpio* ve *Tilapia nilotica*'da 1 ppm'lik derişiminin 16 gün süreyle etkisinde en fazla karaciğerde biriktiği belirlenmiştir (Canlı vd., 1995). *Channa punctatus*'da ise 2,6 ppm'lik ortam derişiminin 120 gün süreyle etkisinin mortaliteye neden olduğu saptanmıştır (Sastry vd., 1984).

Yukarıda bahsedilen kroma maruz bırakma çalışmalarının dışında, balık yemlerine ilave edilen krom' un büyüme, yem dönüşümü ve immun sistem üzerindeki etkilerini inceleyen birçok araştırmanın bulunduğu görülmektedir.

Gökkuşığı Alabalığında, Tacon vd., (1982) tarafından saflaştırılmış rasyonla 0, 1, 3 ve 6 mg/kg düzeylerinde ilave edilen trivalent kromun (Cr^{+3}) etkisini belirlemek amacıyla 56 gün süren bir araştırma yürütülmüştür. Krom ilave edilmeyen (hiçbir mineral karması da içermeyen) kontrol rasyonunda ve yüksek düzeyde (6 mg/kg), krom ilave edilen iki grupta yavaş büyüme ve yem dönüşüm oranlarında olumsuzluklar görülmüştür. Bununla birlikte, 1 mg/kg krom ilave edilen grupta en iyi büyüme ve yem dönüşüm değerleri elde edilmiştir.

Genç hibrit Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) balıklarında üç farklı krom formunun ($CrCl_3 \cdot 6H_2O$, $Na_2CrO_4 \cdot 4H_2O$ ve Cr_2O_3) iki farklı karbonhidratın kullanımı üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada kullanılan balıkların ortalama ağırlıkları $1,13 \pm 0,02$ g ve balıklara günde vücut ağırlıklarının % 5'i kadar yem verilmiştir. Nişasta ile beslenen balıklardaki canlı ağırlık artışı, yem tüketimi, protein birikimi (retention) ve vücut lipid konsantrasyonu önemli olarak ($P < 0.05$) glikozla beslenen gruptan yüksek çıkmıştır. Herhangi bir krom formu ilave edilmiş glikoz içeren rasyonlarla beslenen balıklardaki ağırlık kazancı, krom ilave edilmeyen glikozlu rasyonlardan elde edilen ağırlık kazançlarından önemli derecede yüksek bulunmuştur. Araştırmada, tilapia yemlerine krom ilavesi glikoz kullanımını arttırmış, Cr_2O_3 ilavesinin diğer formlara nazaran daha efektif olduğu sonucuna varılmıştır (Shiau vd., 1993).

Shiau ve Liang (1995), tilapia balıklarında (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*), kromoksitin (Cr_2O_3) karbonhidrat kullanımı ve sindirim üzerine etkisini belirlemek

amacıyla yaptıkları çalışma 12 hafta sürmüştür. Karbonhidrat kaynağı olarak glikoz ve nişasta kullanılan rasyonlarda kromoksit iki farklı düzeyde (% 0.5 ve % 2), 0 veya 8. haftalarda yemlere katılmıştır. Nişasta ile beslenen grupta ağırlık artışı, yem etkinlik oranı, protein etkinlik oranı, protein birikimi ile protein, lipit, karbonhidrat ve kuru madde sindiriminin süre ve kromoksit düzeyine bağlı olmaksızın en yüksek düzeyde olduğu görülmüştür. Karbonhidrat kaynağı olarak glikoz kullanılan rasyonlarda % 0,5 kromoksit içeren yemlerle beslenen balıklardan elde edilen ağırlık artışı, yem etkinlik oranı ve protein birikimi değerlerinin, % 2 kromoksit ve glikoz içeren rasyonla beslenen gruptan elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Yem bileşenlerinin sindirimini belirlemek amacıyla indikatör olarak % 0,5 kromoksit katılan yemlerden elde edilen sindirim değerleri, % 2 kromoksit katılan yemlerden elde edilen değerlerden yüksek çıkmıştır. Araştırmada, yemlerdeki Cr_2O_3 oranlarının tilapia balıklarında glikoz kullanımını değiştirdiği ve yem öğelerinin sindirimini etkilediği sonucuna varılmıştır. Uzun veya kısa süreyle tilapia yemlerine Cr_2O_3 katmanın ise karbonhidrat kullanımı ve sindirim üzerinde etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Kanal yayın balıklarında kromoksitin dokularda krom birikimi ve glikoz kullanımına olan etkisini belirlemek amacıyla, yeme artan oranlarda (0, 50, 100, 200, 400, 1000, 5000 ve 10000 mg/kg) kromoksit katılmış ve karbonhidrat kaynağı olarak glikoz kullanılmış, araştırma 10 hafta sürmüştür. Karbonhidrat kaynağı olarak dekstrin kullanılan ve kromoksit ilave edilmeyen rasyon ise kontrol rasyonu olarak kullanılmıştır. Glikoz içeren ve farklı düzeylerde kromoksit ilave edilen rasyonlarla beslenen balıklarda büyüme performansı ve öğün sonrası plazma glikoz konsantrasyonları arasındaki farkın önemli olmadığı görülmüştür. Glikoz içeren rasyonlarla beslenen balıklarda, tüm vücut krom konsantrasyonlarında belirgin bir eğilim gözlenmemiştir. Karbonhidrat kaynağı veya yeme ilave edilen kromoksit düzeyleri glikoz kullanımı ve vücutta krom birikimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür (Ng and Wilson, 1997).

Shiau ve Shy (1998), hibrit genç tilapia balıklarında kromoksitin (Cr_2O_3) glikoz kullanımı ve sindirim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla, karbonhidrat kaynağı olarak glikoz kullanılan rasyonlara 8 farklı düzeyde (0, 2, 10, 50, 100, 300, 1000 ve 5000 mg/kg) Cr_2O_3 katkısı yaparak deneme rasyonlarını oluşturmuşlardır. Her bir rasyon 3 tekerrürlü olarak statik yetiştiricilik sisteminde 8 hafta boyunca beslenmişlerdir. Yüzde ağırlık kazancı, 100 mg/kg Cr_2O_3 içeren rasyon hariç 300 mg/kg Cr_2O_3 içeren rasyonlarla beslenen balıklarda diğer rasyonlardan elde edilen değerlerden daha yüksek düzeyde

olduğu gözlenmiştir. 300 mg/kg Cr₂O₃ içeren yemlerle beslenen balıklardan elde edilen yem etkinlik oranı ve protein etkinlik oranı değerleri 10, 50 ve 500 mg/kg Cr₂O₃ içeren rasyonlardan elde edilen değerlerden daha yüksek çıkmıştır. Gruplardaki kuru madde, lipid ve protein sindirim yüzdeleri arasında farklılık görülmemiştir. Vücut kül düzeyi, içeriğinde 100 mg/kg den fazla Cr₂O₃ içeren rasyonlarla beslenen balıklarda yüksek, 100 mg/kg den daha az Cr₂O₃ içeren yemlerle beslenen balıklarda daha düşük çıkmıştır. Maksimum büyüme için gerekli Cr₂O₃ düzeyi tilapia rasyonlarında 204 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Fernandez vd., (1999) tarafından çipura balıklarında (*Sparus aurata*), karbonhidrat kaynağı olarak jelatinize nişasta içeren rasyonlara farklı oranlarda ilave edilen kromoksitin (Cr₂O₃) sindirim, vücut kompozisyonu, büyüme performansı ve karaciğer enzim aktiviteleri üzerinde etkili olup olmadığını belirlemek amacıyla bir araştırma yapılmıştır. Çipura balıkları, farklı oranlarda (0, 5, 10 ve 20 mg/kg) kromoksit ilave edilmiş, karbonhidrat kaynağı olarak mısır nişastası içeren rasyonlarla 6 hafta boyunca beslenmişlerdir. Rasyona farklı oranlarda ilave edilen krom, karbon, azot veya kuru madde sindirimi üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Kalsiyum ve fosfor sindirimi 5 mg/kg düzeyinde kromoksit ilave edilen grupta diğer gruplardan daha yüksek bulunmuştur. Rasyonlara krom ilavesi spesifik büyüme oranı, yem etkinlik oranı, protein etkinlik oranı, protein ve azot birikimi üzerinde etkili olmamıştır. Kan glikoz düzeyi ile karbonhidrat metabolizmasında rol alan birkaç enzim düzeyi ilave kromoksit tarafından etkilenmemiştir. Araştırmada, kromoksitin organik bileşiklerle yapılan balık besleme çalışmalarında bir nötral indikatör (marker) olarak kullanılabileceği fakat mineral tuzlarla yapılan çalışmalarda kullanılamayacağı sonucuna varılmıştır.

Gatta vd., (2001) tarafından Gökkuşluğu Alabalıklarının yemlerine krom mayası ilave etmenin immun sistem üzerine etkisini belirlemek amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Genç alabalıklar (ortalama ağırlıkları 56 g) farklı düzeylerde (1540, 2340 ve 4110 ppb) krom içeren yemlerle 6 hafta boyunca beslenmişlerdir. Yüksek krom içeren yemlerle beslenen balıklarda serum lizozim (lysozyme) aktivitesi üzerinde pozitif bir etki gözlenmiştir. Araştırma sonucunda, gökkuşluğu alabalıklarının immun sistemini iyileştirdiği (modulate) ve bu etkinin zaman ve doza bağlı olduğu belirtilmiştir.

Pan vd., (2003), tarafından hibrit tilapia balıklarında (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*) Krom Pikolinatın büyüme ve karbonhidrat kullanımı üzerindeki etkisini incelemek amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Araştırmada glikoz veya dekstrin karbonhidrat kaynağı olarak kullanılmış, glikoz içeren rasyonlardan birine krom ilave

edilmiş diğetine ilave edilmemiş, yine dekstrin içeren rasyonlardan birine krom ilave edilmiş diğetine ilave yapılmamış, böylece 4 rasyon elde edilmiştir. Ortalama ağırlıklar 1,3 g olan balıklar su akışı olan sistemde 8 hafta boyunca beslenmişlerdir. Araştırma sonunda ağırlık kazancı ve yem etkinlik oranında gruplar arasında farklılık görülmemiştir. Ayrıca balıkların karkaslarının kimyasal kompozisyonları arasındaki fark da önemli çıkmamıştır. Tilapia rasyonlarına 2 mg/kg Krom Pikolinat ilave etmenin büyüme ve karbonhidrat kullanımı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Gökkuşığı Alabalığı rasyonlarına, 0, 400, 800, 1600 µg/kg yeme (CrPic) eklenmesiyle serum glikoz ve kolesterol konsantrasyonları ile serum ve karaciğer Cr, Zn, Cu ve Fe konsantrasyonları üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Bir yaşındaki 120 adet Gökkuşığı alabalığı rastgele olarak 4 muamele grubuna (0 ppb-Kontrol grubu, 400 ppb grubu, 800 ppb grubu ve 1600 ppb grubu) ayrılmıştır. 1600 ppb grubunda serum glikoz ve kolesterol konsantrasyonları artmıştır ($P=0.001$). Krom ilavesinin artmasıyla serum Cr ve Zn konsantrasyonları doğrusal olarak artmıştır ($P=0.001$), bununla birlikte serum Cu ve Fe konsantrasyonları krom ilavesinin artmasından etkilenmemiştir ($P>0.10$). Yine, yemde krom ilavesinin artmasıyla karaciğer Cr ve Zn konsantrasyonları doğrusal olarak artmıştır ($P=0.001$), fakat karaciğer Cu ve Fe konsantrasyonları krom ilavesinin artmasından etkilenmemiştir ($P>0.10$). Sonuç olarak; Gökkuşığı alabalıklarının yemlerine Cr ilavesinin serum ve karaciğerde Cr ve Zn konsantrasyonlarını etkilediğini belirtmişler, balıkların büyüme ve gelişmesine katkıda bulunduğu, 1600 ppb dozlarında, balıklarda glikoz ve kolesterol düzeylerinde azalma gösterdiğini ortaya koymuşlardır (Küçükbay vd., 2006).

Selcuk vd., (2008) tarafından Gökkuşığı Alabalığı rasyonlarına L-Carnitine ve Krom Pikolinat ilavesinin performans ve bazı kan serum parametreleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. L-carnitine ve Krom Pikolinat ayrı ayrı ve ikisi birlikte olmak üzere rasyonlara katılarak üç ayrı deneme rasyonu oluşturulmuş, kontrol rasyonuna ise hiçbir ilave edilmemiştir. Araştırma sonucunda, ağırlık kazancı, deneme sonu balık ağırlığı veya yem dönüşüm oranlarında gruplar arasında farklılık görülmemiştir. Aynı zamanda, tüm gruplarda serum total protein, kolesterol, trigliserit veya glikoz konsantrasyonları arasında da fark görülmemiştir.

Krom Pikolinatın, ot balığı (*Ctenopharyngodon idellus*) yemlerine ilave edilmesinin büyüme ve hematolojik parametreler üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla Liu vd., (2009) tarafından yapılan çalışmada başlangıç ağırlığı 12.78 g olan balıklar kullanılmıştır. Artan oranlarda (0, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6 ve 3.2 mg kg⁻¹) Krom Pikolinat ilave

edilmiş 6 rasyon, 3 tekerrürlü, her tekerrürde 20 balık olacak şekilde, su akışı olan sistemde 10 hafta boyunca beslenmişlerdir. Yem'ine $0.8 \text{ mg Cr kg}^{-1}$ ilave edilen grupta ağırlık kazancı, yem etkinlik oranı, protein etkinlik oranı ve protein birikim düzeyi önemli olarak yüksek bulunmuştur. Yüksek oranda krom içeren yemlerle beslenen balıklardaki tüm vücut ham yağ bileşimi, düşük miktarda krom içeren yemlerle beslenen balıklarından daha düşük olduğu görülmüştür. Karaciğer glikojen konsantrasyonu $0.2 \text{ mg Cr kg}^{-1}$ ilave edilen yemlerle beslenen balıklarda en yüksek değerde çıkmıştır (77.67 mg g^{-1}). 1.6 ve $3.2 \text{ mg Cr kg}^{-1}$ ilave edilen yemlerle beslenen balıklardan elde edilen karaciğer glikoz konsantrasyonu değerleri önemli olarak ($P<0.05$) diğer gruplardan daha düşük çıkmıştır. En yüksek serum insülin konsantrasyonu $0.8 \text{ mg Cr kg}^{-1}$ ilave edilen yemlerle beslenen balıklarda gözlendi fakat serum insülin konsantrasyonu krom düzeyi $0.8 \text{ mg Cr kg}^{-1}$ düzeyinden yukarı doğru arttıkça azalma göstermiştir. $0.8 \text{ mg Cr kg}^{-1}$ krom ilave edilen yemlerle beslenen balıklarda, diğer gruplarla karşılaştırıldığında en yüksek trigliserit ve yüksek dansiteli lipoprotein kolesterol (HDL-C) konsantrasyonu görülmüştür. Bu araştırmanın sonuçlarına göre Krom Pikolinat serum karbonhidrat ve lipid metabolizması profilini modifiye ettiği, büyümeye göre ot balıklarının yemlerindeki optimal krom düzeyinin ise $0.8 \text{ mg Cr kg}^{-1}$ olduğu belirlenmiştir.

Balıklar dışında diğer kara hayvanlarının bazılarında yemlere yapılan krom katkısının performans açısından olumlu sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu kapsamda; bıldırcınlarda yapılan bir çalışmada 1200 ppb düzeyinde yemlere yapılan Krom Pikolinat (CrPic) ilavesinin performans ve yemden yararlanma oranını olumlu yönde etkilediği, yumurta kalitesi ve serum insülin konsantrasyonlarını arttırdığı saptanmıştır (Şahin vd., 2001).

Sıcaklık stresi (32°C) altındaki broilerlerin yemlerine katılan Askorbik asit (vitamin C) ve Krom Pikolinatın performans, karkas özellikleri ve serum metabolitleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bazal rasyonla 0 , 400 ppm Krom Pikolinat, 250 ppm L-askorbik asit (vitamin C), 400 ppm krom pikolinat+ 250 ppm L-askorbik asit (vitamin C) ilave edilerek muamele grupları oluşturulmuştur. Rasyona ayrı ya da beraber Cr ve vitamin C ilavesiyle, canlı ağırlık kazancı, yem tüketimi ve yemden yararlanma oranı artmıştır. Ayrıca, sıcak karkas ağırlığı, soğuk karkas ağırlığı, karkas randımanı ile karaciğer, kalp, dalak ve taşlık ağırlıklarında da artış gözlenmiştir. Bununla beraber, rasyona vitamin C ile birlikte Cr ilave edilen grupta abdominal yağ miktarında azalma olduğu bildirilmiştir.

Rasyona ayrı ya da beraber Cr ve vitamin C ilavesiyle serum insülin, T3 ve T4 konsantrasyonları artmıştır, fakat kortikosteron, glikoz ve kolesterol konsantrasyonları azalmıştır. Sonuç olarak; rasyona ayrı ya da beraber Cr ve vitamin C ilavesinin canlı ağırlık kazancı, yem tüketimi ve yemden yararlanma oranını artırdığı, karkas özelliklerini iyileştirdiği, ayrıca sıcaklık stresinden kaynaklanan negatif etkileri önlediği bildirilmiştir (Şahin vd., 2002).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Balık Materyali

Çalışma, İnönü Üniversitesi Sürgü Meslek Yüksekokulu, Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Biriminde, 1 Ağustos- 12 Aralık 2009 tarihleri arasında (120 gün) yürütülmüştür. Araştırmada, ortalama ağırlıkları $50 \pm 0,14$ g olan Gökkuşağı Alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)’nın lateralden görünüşü

3.1.2. Yem Materyali

Araştırmada kullanılan ham maddelerinin bileşimi Tablo 3.1 ve bazal rasyon’ un bileşimi Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Deneme yemlerinde kullanılan yem ham maddelerinin yapısı, (%)

	Balık Unu	Mısır Gluteni	Soya F. K.	Buğday Unu
Kuru Madde	90	91	89	89
Metabolize En.*	3698	3335	2566	2237
Ham Protein	65,2	60,08	42,2	14,6
Ham Yağ	5,2	1,34	1,4	1,5
Ham Selüloz	1,0	2,0	5,6	4,2
Ham Kül	14,3	2,2	6,2	2,8

*NRC (1990) tablo verileri (kcal/kg).

Araştırma rasyonu % 47,86 ham protein, % 9,12 ham yağ ve 3586 kcal/kg metabolize enerji içerecek şekilde, NRC (1993) kriterleri esas alınarak hazırlandı. Yem hammaddeleri Elazığ Köy Tür Yem, Adana Nişasta ve Alkoloid fabrikalarından, vitamin ve mineral karmaları aracı firmalardan temin edildi.

Tablo 3.2. Araştırmada kullanılan bazal rasyonun kompozisyonu, (%)

Rasyon Öğeleri	%
Balık Unu	48,0
Mısır Gluteni	10,0
Soya Fasulyesi Küspesi	20,0
Buğday Unu	14,5
Yağ	6,0
Vitamin Karması ¹	1,0
Mineral Karması ²	0,5
Toplam	100
Kimyasal Analizler (% , Kuru madde)	
Kuru Madde	92,20
Ham Protein	47,86
Ham Yağ	9,12
Metabolize Enerji (kcal/kg) *	3586
Ham Kül	8,73
Ham Selüloz	2,42
Krom	1350 µg/kg

1) Vitamin Karması: A vitamini 10,000,000 IU, D₃ vitamini 1,000,000 IU, E vitamini 100,000 IU, K vitamini 15,000 mg, B₁ vitamini 5,000 mg, B₂ vitamini 15,000 mg, Niasin 150,000 mg, Kalsiyum D-Pantothenate 50,000 mg, B₆ vitamini 10,000 mg, B₁₂ vitamini 20 mg, Folik Asit 3,000 mg, D-Biotin 1,000 mg, Kolin Klorid 500,000 mg, C vitamini 300,000 mg.

2) Mineral Karması: Zn (ZnSO₄) 185.10; Fe (FeSO₄) 49.60; Mn (MnSO₄) 207.20; Cu (CuSO₄) 3.86; I (KIO₃) 0.84; Taşıyıcı 553.40

*NRC (1990) tablo verileri (kcal/kg).

3.1.2.2. Araştırma Rasyonlarının Hazırlanması

Araştırma gruplarını rasyona ilave edilen krom formları oluşturdu. Buna göre bazal rasyona krom ilave edilmeyen grup Kontrol grubunu oluşturdu (Tablo 3.2). Bazal rasyona Krom Pikolinattan (Nutrition 21, NY. USA) sağlanan 400 µg/kg krom ilave edilerek Organik Krom Grubu (CrPic) ve Krom Klorit'den (CrCl₃·6H₂O, Merck, 212F486187, GERMANY) sağlanan 400 µg/kg krom ilave edilerek İnorganik Krom (CrCl₃) grubu oluşturuldu. Araştırmada kullanılan krom formlarındaki elementel krom düzeylerine bakıldığında, Krom Pikolinatta % 11, Krom Klorit'de ise % 33 olduğu belirlendi. Kontrol

ve farklı krom formları ilave edilerek elde edilen 3 rasyon 3 tekerrürlü olarak toplam 9 teknedeki balıklara verildi.

Rasyon öğeleri ve nişasta taşıyıcı içerisinde bulunan krom tamamen homojen bir karışım halini alıncaya kadar karıştırıldı ve karışım pelet makinesinde uygun kalıplar kullanarak peletlendi (Şekil 3.2). Pelet büyüklüğü, (Şekil 3.3) balık ağırlığı dikkate alınarak hazırlandı. Yemler kullanılmak üzere plastik muhafaza kapları içerisinde ve 4 °C’de muhafaza edildi.



Şekil 3.2. Pelet yem makinesi



Şekil 3.3. Pelet haline getirilen yem materyali

3.1.2.3. Deneme Tekneleri ve Kullanılan Suyun Özellikleri

Çalışmada, yaklaşık hacimleri 950 L olan (uzunluk 250 cm, derinlik; 74 cm, genişlik; 54 cm) fiberglas tekneler kullanıldı. Tekneler kullanılmadan önce dezenfekte edilip havalandırıldı, su giriş çıkış sistemleri ayarlandı. Su sıcaklığı cıvalı termometre, pH, portatif pH metre, çözünmüş oksijen Oksijenmetre (Oxyguard 420) ile belirlendi.

3.2. Metot

3.2.1. Denemenin Planlanması ve Uygulanması

Çalışma süresi, adaptasyon periyodundan sonra 4 ay olarak planlanan bu denemede; hacimleri 950 L olan 9 fiberglas tekne (Şekil 3.4) kullanıldı. Her tekneye ağırlık ortalaması 50 g olan 50 adet balık bırakılarak toplamda 450 adet balık kullanıldı. Grup sayısı üç olup her grup üç tekerrürden (Şekil 3.5) oluşmaktadır. Balıklar tanklara yerleştirilmeden önce bireysel ağırlık ve uzunlukları ölçüldü. Balıklar, ağırlıklarının tartılması ve boylarının ölçülmesi işlemlerinden önce bayıltma işlemine (5 mL fenoksietanol/L) tabi tutuldu.

Tartım işleminden sonra balıklar teknelere yerleştirildi (tesadüf parselleri deneme planı). Balıklar deneysel şartlara 12 gün boyunca adapte edildikten sonra araştırmaya başlandı.



Şekil 3.4. Çalışma yapılan deneysel tank sistemleri



Şekil 3.5. Çalışma yapılan tank sistemleri ve tekrar uygulama tankları



Şekil 3.6. Alabalıklarda kesim öncesi fenoksietanol uygulaması



Şekil 3.7. Alabalıklarda kuyruk boy-ağırlık ve kesim işlemleri için kullanılan bayılma tankı ve uygulaması



Şekil 3.8. Alabalıklarda kuyruk kesme yöntemiyle kan alınması



Şekil 3.9. Alabalıklarda kuyruk kesme yöntemiyle alınan kanın tüplere aktarılması



Şekil 3.10. Alabalık kanlarının santrifüj edilmesi

3.2.2. Yem Tüketiminin Tespit Edilmesi

Balıklara yemler elle verildi ve Balıkların yemlenmesi elle doyuncaya kadar yapıldı. Bu amaçla gruplar ağırlığı belirlenen pelet yem ayrı ayrı plastik kaplara alındı. Kaplardaki yemlerin her ölçüm periyodunda kalan yem miktarları tekrar tartılarak tüm çalışma boyunca kullanılan yem tüketimi hesaplandı. Balıklara günde üç kez doyuncaya kadar yem verildi.

3.2.3. Balıkların Canlı Ağırlıklarının Tespiti

Balıkların denemeye başlamadan önce ve sonra aylık periyotlarla tartımları ve uzunluk ölçümleri yapıldı. Balıkların ağırlıkları 0,1 g hassasiyetli dijital bir terazide tartılarak, toplam boyları ise 1 mm taksimatlı ölçüm tahtası kullanılarak belirlendi. Her tartımda, teknelerdeki balıkların bireysel olarak ağırlık ve uzunluk ölçümleri yapıldı. Ölçüm işlemlerinden önce balıklar (5 mL fenoksietanol/L) (Şekil 3.6, Şekil 3.7) bayıltıldı.

3.2.4. Balıklardan Kan Alınması

Balıklar kuyruk bölgesinden kan alınması sırasında, (5 mL fenoksietanol/L) konsantrasyonunda bayıltıldı. Bayılma sonrası ıslak bir havlu ile tespit edilen balıkların kuyruk kısımları keskin bir bıçak ile tek darbede kesilerek (Şekil 3.8) kuyruk venasından akmakta olan kan, silikon bazlı tüplere (Şekil 3.9) alınarak, 3100 rpm’de 10 dakika santrifüj edilip, kan plazma örnekleri (Şekil 3.10) çıkartılmıştır. Kan alma işlemi en fazla 45 sn’de tamamlanarak çalışmaya başlanmıştır (Blaxhall vd., 1973; Kocabatmaz, vd., 1982).

3.2.5. Araştırmada Belirlenen Parametreler

3.2.5.1. Ağırlıkça Oransal Büyüme

Oransal Büyüme; Balıkların ağırlıkça oransal büyümeleri, deneme boyunca kazanılan ortalama ağırlığın deneme başı ortalama ağırlığına oranlanmasıyla belirlenmiştir.

$$\text{Oransal Büyüme: OB} = [(\text{Den. Sonu Ort. Ağ.} - \text{Den. Başı Ort. Ağ.})/(\text{Den. Başı Ort. Ağ.})] \times 100$$

3.2.5.2. Spesifik Büyüme Oranı

Deneme boyunca kazanılan ortalama ağırlığın, deneme süresine oranlanmasıyla belirlenmiştir.

$$\text{Spesifik Büyüme Oranı: SBO} = \frac{\text{Ln Deneme Sonu Ort. Ağırlık} - \text{Ln Deneme Başı Ort. Ağırlık}}{\text{Deneme Süresi (Gün)}} \times 100$$

3.2.5.3. Yem Dönüşüm Katsayısı

Çalışmada yem dönüşüm katsayısı toplam tüketilen yem miktarının toplam ağırlık artışına oranı şeklinde hesaplanacaktır. Aşağıda formülize edilmiştir.

$$\text{Yem Dönüşüm Katsayısı: YDK} = \frac{\text{Toplam Tüketilen Yem Miktarı (g)}}{\text{Toplam Ağırlık Artışı (g)}}$$

3.2.5.4. İnsülin Tayini

Serum insülin düzeyi balıklara spesifik insülin kitinin (Bio-Gnosis UK/ELISA/CSB-E12123fh) prosedürü kullanılarak ELISA yöntemiyle (Elx-800; Bio-Tek Instruments Inc, Vermont, USA) ile Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Moleküler Analiz Laboratuvarında (Şekil 3.11) tayin edildi.



Şekil 3.11. İnsülin ölçümlerinin yapıldığı cihaz

3.2.5.5. Glikoz Tayini

Glikoz tayinleri, kan örneklerinin alınmasından sonra Accu-Chek Active (Roche Diagnostichs) ile kan glikoz düzeyleri ölçüldü.

3.2.5.6. Bazal Rasyonda Krom Analizi

Krom analizi için, yem örneği Chang vd., (1992) tarafından kullanılan yöntemle göre yaş yakma metodu uygulanarak yakıldı, daha sonra (Shimadzu AA-660) atomik absorpsiyon spektrometresinde Cr değeri okundu.

3.2.6. Verilerin Değerlendirilmesi

Veriler SAS [2002], paket programında PROC GLM (General Linear Model) prosedürü ile analiz edildi. Grup içi farklılığı ortaya koymak amacıyla Duncan Post Hoc Testi uygulandı. İstatistiksel anlamlılık $P < 0.05$ olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

4.1. Denemede Kullanılan Suyun Özellikleri

Araştırmada, Sürgü Takaz su kaynağından su kullanılmıştır. Kullanılan suyun su sıcaklığı ortalama $11,20 \pm 0,5$ °C, pH'sı $7,40 \pm 0,07$ ve oksijeni $8,50 \pm 0,05$ mg/L olarak tespit edilmiştir.

4.2. Büyüme Parametreleri

Tablo 4.1. Kromun büyüme ve yem dönüşüm oranı üzerine etkileri (n=50), (Yem Dönüşüm Katsayısı, n=3)

Parametreler	Kontrol	CrCl ₃	CrPic	SEM ¹	P <
Deneme Sonu Balık Ağırlığı,g	301.4 ^b	323.8 ^a	328.6 ^a	15.28	0.001
Ağırlıkça Oransal Büyüme,g ²	502.9 ^b	547.6 ^a	557.1 ^a	12.61	0.001
Spesifik Büyüme Oranı,g ³	209.5 ^b	228.2 ^a	232.1 ^a	8.3	0.001
Yem Dönüşüm Katsayısı ⁴	1.22 ^a	1.16 ^b	1.13 ^b	0.10	0.05

1:SEM(Standard Error of the Mean.): Standart Hata Ortalaması

2: Ağırlıkça Oransal Büyüme: [(Den. Sonu Ort. Ağ. – Den. Başı Ort. Ağ.)/(Den. Başı Ort. Ağ.)]x100

3: Spesifik Büyüme Oranı:[(Den. Sonu Ort. Ağ. – Den. Başı Ort. Ağ.)/(Den.Sür.)]x100

4: Yem Dönüşüm Katsayısı: Toplam Tüketilen Yem Miktarı, g / Toplam Ağırlık Artışı, g

Tablo 4.1. izleneceği üzere, deneme sonu ortalama canlı ağırlıkları Kontrol, CrCl₃ ve CrPic gruplarında sırası ile 301.4, 323.8 ve 328.6 olarak tespit edilmiş ve rasyona ilave edilen krom kaynaklarının istatistiki olarak büyümeyi etkilediği belirlenmiştir (P=0.001). En yüksek canlı ağırlık CrPic grubunda elde edilmiş ancak her iki krom formu arasında istatistiksel olarak farklılık tespit edilmemiştir (P>0.05).

Çalışmada ağırlıkça oransal büyüme oranlarının gruplarda sırası ile 502.9, 547.7 ve 557.1 bulunmuş ve gruplar arasında önemli bir farklılık tespit edilmiştir (P=0.001). En düşük oransal büyüme kontrol grubunda tespit edilirken, en yüksek oran CrPic grubunda tespit edilmiştir. Ancak Krom eklenen gruplar arasında fark bulunmamıştır (P>0.05).

Çalışmada spesifik büyüme oranlarına bakıldığında ise yine aynı sırayla 209.5, 228.2 ve 232.1 olduğu gruplar arasında krom formları bakımından fark olmadığı (P>0.05).

bunun yanında kontrolde aynı spesifik büyüme oranlarını göstermediği istatistiki olarak belirlenmiştir (P=0.001).

Yapılan çalışmalarda yem dönüşüm oranlarına bakıldığında gruplar arasında önemli bir farklılık tespit edilmiş ve yem dönüşüm katsayıları gruplarda sırası ile 1.22, 1.16 ve 1.13 bulunmuştur (P=0.001). Gruplar arasında CrPic grubunun en iyi yem dönüşüm katsayısına sahip olduğu ortaya çıkmış fakat bunun yanında kontrol ve CrCl₃ grubunda istatistikî olarak yem dönüşüm katsayısı arasında fark görülmemiştir(P>0.05).

4.3. Kromun İnsülin ve Glikoz Üzerindeki Etkileri

Rasyonlara ilave edilen gerek inorganik ve gerekse de organik krom formlarının balıklarda glikoz düzeyleri üzerine etkilerine bakıldığında (Tablo 4.2) Krom Pikolinatın balıklarda glikoz seviyesini diğer gruplara göre önemli derecede düşürdüğü (P=0.001) Kontrol ve Krom Klorit gruplarında ise istatistikî olarak fark olmadığı belirlenmiştir (P>0.05).

Tablo 4.2. Kromun glikoz ve insülin üzerine etkileri, (n=10)

Parametreler	Kontrol	CrCl ₃	CrPic	SEM ¹	P<
Glikoz, mg/dl	124 ^a	122 ^a	103 ^b	8.62	0.001
Insulin, mIU/L	1.48	1.53	1.61	0.23	0.38

1:SEM(Standard Error of the Mean.): Standart Hata Ortalaması

Tablo 4.2.'de Çalışma sırasında balık rasyonlarına ilave edilen gerek inorganik ve gerekse de organik krom formlarının balıklarda serum insülin düzeyleri üzerine etkilerine bakıldığında ise, Kontrol, CrPic ve CrCl₃ gruplarında insülin seviyesinin etkilenmediği tespit edilmiştir (P=0.38).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırma, Gökkuşığı Alabalığı rasyonlarına organik CrCl_3 ve inorganik krom CrPic formlarının ilavesinin, balıklarda büyüme, serum insülin ve glikoz düzeyleri üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Yapılan bu araştırmada, pratik alabalık rasyonlarına 400 μg Cr/kg düzeyinde yapılan katkı deneme sonu balık ağırlığı, ağırlıkça oransal büyüme, spesifik büyüme oranı ve yem dönüşüm katsayısı üzerindeki etkisi, krom katılmayan kontrol grubuna göre önemli çıkmıştır ($P<0.001$). Yemlere katılan farklı iki krom formunun büyüme ve yem değerlendirme üzerindeki etkileri ise istatistiksel olarak benzer çıkmıştır. Kromun hem klorit formu hem de pikolinat formu alabalıklar üzerinde eşit düzeyde etki göstermişlerdir. İnsülin, amino asit ve glikozun karaciğer ve iskelet kasları tarafından alınmasını stimüle ederek protein sentezlenme oranını arttıran temel anabolik bir hormon olarak tanımlanmıştır (Duguay and Momsen, 1994). Krom, GTF' nin bir bileşeni olarak insülin hormonunun aktivitesinde etkili olması, bu elementi balık beslemede önemli kılmaktadır.

Yemlere yapılan krom katkısının büyüme ve yem değerlendirme üzerindeki etkilerine, göz atıldığında özellikle tilapia balıklarında bu etkinin önemli olduğu görülmektedir. Liu vd., (2009) tarafından *Ctenopharyngodon idellus* yemlerine 0.8 mg kg^{-1} düzeyinde katılan kromun ağırlık kazancı, yem etkinlik oranı, protein etkinlik oranı ve protein birikimini arttırdığı gözlenmiştir. Bu araştırmada elde edilen bulgular büyüme parametreleri göz önüne alındığında, tilapia yemlerinde kromun üç farklı formunu kullanan ($\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Na_2CrO_4 , Cr_2O_3) Shiau ve Chen (1993), kromoksit (Cr_2O_3) kullanan Shiau ve Liang (1995), Shiau ve Shy (1998) ve hibrit tilapia yemlerinde krom klorid ilave eden Shiau ve Lin, (1993) tarafından elde edilen bulgularla paralellik göstermektedir.

Farklı şekilde balık rasyonlarına yapılan krom katkılarının büyüme ve yem dönüşümü üzerinde önemli etkisi olmadığını belirten araştırmalar da bulunmaktadır. Selçuk vd., (2008) başlangıç ağırlıkları 151 g olan gökkuşığı alabalığı yemlerine ilave ettikleri L-carnitine ve krom pikolinat' ın 58 gün süren araştırma sonunda deneme sonu balık ağırlığı, ağırlık kazancı ve yem dönüşüm oranı üzerinde etkili olmadığı görülmüştür. Bu araştırmada büyük balıkların (151 g) kullanılması ve deneme süresinin kısa oluşu (58 gün) yapılan bu araştırmayla farklı sonuçların çıkmasına neden olabilir. Bureau vd., (1995), alabalıklarda yapılan bir çalışmada yemlere yapılan krom katkısı büyüme ve yem dönüşümü üzerinde önemli etki göstermemiştir. Ng ve Wilson, (1997), kanal yayın balığı

(*Ictalurus punctatus*) rasyonlarına artan oranlarda katılan kromoksitin (Cr_2O_3) büyüme ve yem dönüşümü üzerinde etkili olmadığı belirlenmiştir. Tilapia balıklarında krom pikolinat kullanan Pan vd., (2003) tarafından da büyümenin etkilendiğine dair bulgular elde edilmemiştir. Araştırmalar arasında çıkan farklı sonuçlar, statik veya akışlı deneysel sistemlerin kullanılması, tür farklılığı, balık büyüklüğü deneme süreleri, deneme rasyonlarının karbonhidrat formları, kullanılan kromun farklı formları tarafından etkilenebilmektedir.

Bu araştırmada elde edilen glikoz konsantrasyonlarına bakıldığında, krom pikolinat ile beslenen balıklarda, kontrol ve krom klorid içeren gruba göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bu da kromun glikoz kullanımı üzerinde etkili olduğunu destekleyen bir bulgu olarak kabul edilebilir. Hertz, vd., (1989) sazan yemlerine (*Cyprinus carpio*) ilave edilen krom klorit'in ($\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) glikoz kullanımını arttırdığı ve glukoneogenezis'i inhibe ettiği belirtilmektedir. Burada organik krom formu olan krom pikolinatın daha etkili olduğu görülmektedir. Benzer bulgular Shiau ve Chen, (1993) tarafından da elde edilmiş, yemdeki karbonhidrat kaynağı olarak nişastanın kullanımı üzerinde kromun daha etkili olduğu belirtilmiştir. Gökkuşluğu alabalığında yapılan bir araştırmada, rasyona artan oranda ilave edilen krom pikolinatın artışına bağlı olarak serum glikoz ve kolesterol konsantrasyonu azalma göstermiştir ($P=0.001$) (Küçükbaş vd., 2006).

Bu araştırma sonuçlarından farklı olarak, Ng and Wilson, (1997) kanal yayın balıkları yemlerine krom (Cr_2O_3) ilavesinin; Fernandez vd., (1999) tarafından da çipura yemlerine krom ilavesinin kan glikoz düzeyi üzerindeki etkisinin önemli olmadığı belirtilmektedir. Yine gökkuşluğu alabalığında yapılan araştırmada yemlere ilave edilen krom pikolinatın serum glikoz düzeyi üzerinde etkili olmadığı belirtilmektedir (Selcuk vd., 2008).

Bu araştırma sonunda serum insülin düzeyleri üzerinde krom katkısının olmadığı görülmektedir ($P>0.05$) (Tablo 4.2). Farklı şekilde Liu vd., (2009) tarafından ot balığında (*Ctenopharyngodon idellus*) yemlere ilave edilen 0, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6 ve 3.2 mg kg^{-1} ilave edilen krom ile beslenen balıklarda insülin düzeyi sırayla 1.58, 1.62, 1.64, 2.05, 1.52 ve 1.07 mIU l^{-1} olduğu ve en yüksek düzeyin 0.8 mg kg^{-1} krom ilavesiyle elde edildiği görüldü. Burada 0.8 mg kg^{-1} düzeyinden fazla yapılan ilavenin olumsuz etkisi görülmektedir. Tavşanlarda yapılan bir araştırmada da yemlere yapılan krom katkısının insülin üzerinde bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Şahin vd., 1997).

30

KAYNAKLAR

- Anderson, R.A.**, 1981. Nutritional role of Chromium. *The Science of the Total Environ.* **17**, 13-29 pp.
- Anderson, R.A.**, 1994. Stress Effects on Chromium Nutrition of Human and Farm Animals. 267-274, Nottingham Univ. England.
- Attentburrow, M.J., Odantis, J. and Murray, J.**, 2002. Chromium treatment decreases the sensitivity of 5 - HT- 2A receptors, *Psychopharmacology* (berl), **159 (4)**, 432-436.
- Bilgüven, M.**, 2002. Yemler Bilgisi, Yem Teknolojisi ve Balık Besleme, Mersin Univ. Yayınları, Yayın No, 1.
- Blaxhall, P.C. and Daisley, K.W.**, 1973. Rountine haematological methods for use with fish blood, *J. Fish Biol.* **5**/771-781.
- Buhler, D.R., Stokes, R. and Caldwell, R.S.**, 1977. Tissue accumulation and enzymatic effects of hexavalent chromium in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) *J. Fish. Res. Board Can.*, **34**, 9-18.
- Bülbül, T.**, 2008. Organik kromun hayvan beslemede kullanılması, *Vet. Hek. Derg.* **79(1)**, 47-50.
- Canlı, M. and Kargın, F.**, 1995. A comparative study on heavy metal (Cd, Cr, Pb and Ni) accumulation in tissues of the Carp *Cyprinus carpio* and the Nile Fish *Tilapia nilotica*, *Turkish Journal of Zoology*, **19**, 165-171.
- Çelik, E.Ş.**, 2006. Balıkların kan parametreleri üzerine ağır metallerin etkisi. Ege Üniversitesi, *Su Ürünleri Dergisi*, **23**, 49-55.

- Chang, X., Mowat, D.N. and Spiers, G.A.,** 1992. Carcass characteristics and tissue mineral contents of steers fed supplemental chromium. *Can. J Anim. Sci.*, 72, 663-668.
- Duguay, S.J. and Mommsen, T.P.,** 1994. Molecular Endocrinology of Fish. In, Fish Physiology, Vol. XIII. Sherwood N.M., Hew C.L. (eds), Molecular Aspects Of Pancreatic Peptides, pp 225–271, *Academic Press*, San Diego, CA.
- Farag, A.M., May, T., Marty, G.D., Easton, M., Harper, D.D., Little, E.E. and Cleveland, L.,** 2006. The effect of chronic chromium exposure on the health of chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. *Aquatic Toxicology*, 76, 246-257.
- Fernandez, F., Miquel, A.G., Martinez, R., Serra, E., Guinea, J., Narbaiza, F.J., Caseras, A. and Baanante, V.,** 1999. Dietary chromic oxide does not affect the utilization of organic compounds but can alter the utilization of mineral salts in gilthead sea bream *Sparus aurata*. *J. Nutr.*, 129, 1053-1059.
- Gatta, P.P., Thompson, K.D., Smullen, R., Piva, A., Testi, S. and Adams, A.,** 2001. Dietary organic chromium supplementation and its effect on the immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish & Shellfish Immunology*, 11, 371–382.
- Gibson, R.S.,** 1990. Principles of Nutritional Assessment. New York: *Oxford University Press*.
- Güneral, F.,** 1985. Eser Elementler, *Katkı Dergisi*, 6 (3), 249-250.
- Gürson, C.T.,** 1977a. Beslenme Krom, *İstanbul Üniversitesi Dergisi*, 40, 685-705.
- Gürson, C.T.,** 1977b. The Metabolic Significance of Dietary Chromium. *Adv. Nutr. Res.*, 1, 23.
- Harshita, V., Kobla, and Stella L.,** 2000. Chromium, exercise and body composition. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40, 291-308.

- Hertz, Y., Madar, Z., Hepher, B. and Gertler, A.,** 1989. Glucose metabolism in the common carp (*Cyprinus carpio* L.), effects of cobalt and chromium. *Aquaculture*, **76**, 255-267.
- Karadeniz, T.,** 2004. Meyvelerle Beslenme ve Tedavi Şekilleri, İstanbul.
- Kocabatmaz, M. ve Ekingen, G.,** 1982. Değişik tür balıklarda kan örneği alınması ve hematolojik metotların standardizasyonu, *Doğa Dergisi, Veteriner ve Hayvancılık* **8** (2), 149-159.
- Kovács, R., Béni, A., Karosi, R., Sógor, C. and Posta, J.,** 2007. Investigation of chromium content in food stuffs and nutrition supplements by GFAAS and determination of changing Cr (III) to Cr (VI) during baking and toasting bread. *Food Chemistry*, **105**, 1209-1213.
- Küçükbay, F.Z., Yazlak, H., Sahin, N. and Cakmak, M.N.,** 2006. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on serum glucose, cholesterol and minerals of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquacult. Int.*, (14), Number 3 / June, 259-267.
- Liu, T., H, Wen., M, Jiang., D, Yuan., P, Gao., Y, Zhao., F, Wu. and W, Liu.,** 2009. Effect of dietary chromium picolinate on growth performance and blood parameters in grass carp fingerling, *Ctenopharyngodon idellus*, *Fish Physiol Biochem* , DOI **10.1007/s10695-009-9327-5**
- Mertz, W.,** 1969. Chromium occurrence and function in biological systems. *Physiol. Rev.* **49**, 163-239.
- Mertz, W., Anderson, R.A., Wolf, W.R. and Roginsky, E.E.,** 1978. Progress of Chromium *Nutrition Research*. Trace Element Metabolism in Man and Animal, **3**, 272-278.

- Mordenti, A., Piva, A., Piva G.,** 1997. *The European perspective on organic chromium in animal nutrition*. 227–240. In: Lyons TP, Jacques KA *Biotechnology in the Feed Industry*, Proceedings of Alltech's 13th Annual Symposium. Nottingham University Press, England.
- Mowat, D. N.,** 1993. Organic chromium: A new nutrient for stressed animals, In: *Biotechnology in the Feed Industry*, Proceedings of Alltech's 9th Annual Symposium, 275–281, Eds. Lyons T.P., Jacques K.A., Nottingham University Press, England.
- Murti, R., Omkar, O. and Shukla, G.S.,** 1983. Chromium Toxicity to a Freshwater Prawn *Macrobrachium lamarrei* (H. M. Edwards), *Toxicol. Lett.* **18**, 257-261.
- Ng, W., K. and Wilson, R.P.,** 1997. Chromic oxide inclusion in the diet does not affect glucose utilization or chromium retention by Channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *J. Nutr.*, **127**, 2357–2362.
- NRC,** 1974. The Role of Chromium in Animal Nutrition. Committee on Animal Nutrition Board on Agriculture, National Research Council. *National Academies Press*, Washington D.C. 80 P.
- NRC,** 1990. Nutrient Requirements of Coldwater Fishes, No 16, *National Academy Press*, Washington D.C, 63 s.
- NRC,** 1993. Nutrient Requirements of Fish, Washington, D.C, USA, *National Academic Press*, 114 p.
- Offenbacher, E.G. and Pi-Sunyer, F.X.,** 1988. Chromium in Human Nutrition. *Ann. Rev. Nutr.*, **8**, 543-563.
- Ogino, C. and Kamizano, M.,** 1975. Mineral requirements in fish. effect of dietary salt mixture levels on growth, mortality and body composition in Rainbow Trout and Carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* **41**, 429-434.

- Pan, Q., Liu, S., Tan, Y.G. and Bi, Y.Z.,** 2003. The effect of chromium picolinate on growth and carbohydrate utilization in Tilapia, *Oreochromis niloticus*×*Oreochromis aureus*. *Aquaculture*, **225**, 421-429.
- Şahin, K., Çerçi, I.H., Güler, T., Şahin, N. and Erkal, N.,** 1997. Effect of chromium added basal diet on serum glucose, insulin, cortisol, alkaline phosphatase and feedlot performance in rabbits. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, **21**, 147–152
- Şahin, K., Ertaş, O.N., Güler, T. ve Çiftçi, M.,** 2001. Düşük çevre sıcaklığında yetiştirilen yumurta tavuklarında rasyona katılan kromun verim ve ham besin maddelerinin sindirilme derecesi üzerine etkisi. *Türk. J. Vet. Anim. Sci.*, **25**, 323-830.
- Şahin, K., Şahin, N., Önderci, M., Gürsu, F. and Çikim, G.,** 2002. Optimal dietary concentration of chromium for alleviating the effect of heat stress growth, carcass qualities and some serum metabolites of Broiler chickens. *Biol. Trace Elem. Res.*, **89** (1), 53-64.
- Sastry, K. V. and Sunita, K.,** 1984. Chronic toxic effects of chromium in *Channa punctatus*. *J. Environ. Biol.*, **5**, 47-52.
- Schwarz, K. and W. Mertz.,** 1957. A Glucose Tolerance Factor and its Differentiation from Factor 3. *Arch. Biochem. Biophys.*, **72**, 515.
- Schwarz, K. and W. Mertz.,** 1959. Chromium (III) and the glucose tolerance factor. *Arch. Biochem. Biophys.*, **85**: 292.
- Selcuk, Z., Ustaoglu, Tiril, S., Alagil, F., Belen, V., Salman, M., Cenesiz, S., Muglali, O.H. and Yağci, F.B.,** 2008. Effects of dietary L-Carnitine and chromium picolinate supplementations on performance and some serum parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquacult. Int.*, DOI 10.1007/s10499-008-9237-z
- Sell, J.L.,** 1997. The Role of Chromium in Animal Nutrition. *National Academy Press* Washington.

- Shanker, A.K., Cervantes, C., Tavera-Loza, H. and Avudainayagam, S., 2005.** Chromium Toxicity in Plants. *Environment International*, **31**, 739-753.
- Shiau, S.Y. and Chen, M.J., 1993.** Carbohydrate utilization by Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) as influenced by different chromium sources. *J. Nutr.* **123**, 1747-1753.
- Shiau, S.Y. and Lin, S.F., 1993.** Effect of supplemental dietary chromium and vanadium on the utilization of different carbohydrates in Tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Aquaculture*, **110**, 321-330.
- Shiau, S.Y. and Liang, H.S., 1995.** Carbohydrate utilization and digestibility by Tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus* are affected by chromic oxide inclusion in the diet. *J. Nutr.*, **125**, 976-982.
- Shiau, S.Y. and Shy, S.M., 1998.** Dietary chromic oxide inclusion level required to maximize glucose utilization in hybrid Tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Aquaculture*, **123**, 1747-1753.
- Stoecker, B.J., 1996.** Chromium. Present Knowledge in Nutrition. 344-352 Washington, DC.
- Tacon, A.G.J. and Beveridge, M.M., 1982.** Effects of dietary chromium on rainbow trout, *Nutrition Reports International*, Jan. **25 (1)**, 49-56.
- Tacon, A.G.J., 1987.** The Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp- A Training Manual, Vol. 1. *The Essential Nutrients*, GCP/075/ITA, FAO/UNDP, Rome.
- Toepfer, E.W., Mertz, W., Polonsky, M.M., Roginski, E.E. and Wolf, W.R., 1977.** Preparation of chromium containing material of glucose tolerance activity from brewers yeast extracts and by synthesis. *J. Agri. Food. Chem.*, **25**, 162-166.

Van Hoof, F. and Van San, M., 1981. Analysis of copper, zinc, cadmium and chromium in fish tissues: a tool for detecting metal caused fish kills, *Chemosphere*, **10**, 1127-1135.

Wees, A., A.D., 1996. Overview of the efficiency of various forms of chromium in human nutrition, <http://www.anndeweessallen.com>.

Bülbül, T., 2008. Organik kromun hayvan beslemede kullanılması. *Vet. Hekim. Der. Derg.*, 79, (1), 47-50.

Zayed, M.A. and Terry, N., 2003. Chromium in the Environment: Factors affecting biological remediation. *Plant and Soil*, **249**, 139-156.

ÖZGEÇMİŞ

28.02.1978 tarihinde Malatya’da doğdum. İlk orta ve lise öğrenimimi Malatya’da tamamladım. 1995 yılında Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesini kazandım. Aynı fakülteyi 1999 yılında tamamladım. 2000 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitime başladım. 2009 yılında 5806 sayılı af yasasıyla gelerek Yüksek Lisans eğitimime kaldığım yerden devam etmekteyim. 2000 yılından buyana İnönü Üniversitesi Sürgü Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktayım.

Hasan YAZLAK