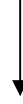


← Adınızı soyadınızı giriniz

Tez kabul edildikten sonra yapılan **sabit ciltte sırt yazısı** bu şablona göre yazılacak. Yazılar tek satır olacak  
Cilt sırtı yazıların yönü yukarıdan aşağıya  
(sol yandaki gibi) olacak .



← Tez, Yüksek Lisans'sa, YÜKSEK LİSANS TEZİ;  
Doktora ise DOKTORA TEZİ ifadesi kalacak

← Tez Sınavının yapılacağı yılı yazınız

**T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**( DOKTORA TEZİ )**

**YUMURTA TAVUĞU RASYONLARINA YÜKSEK  
DÜZEYDE KATILAN FARKLI BAKIR  
KAYNAKLARININ YUMURTA VERİM VE  
KALİTESİ İLE YUMURTA SARISI KOLESTEROLÜ  
VE BAZI KAN PARAMETRELERİ ÜZERİNE  
ETKİSİ**

**AHMET YAVUZ PEKEL**

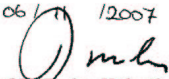
**DANIŞMAN  
Prof. Dr. Müjdat ALP**

**HAYVAN BESLEME VE BESLENME  
HASTALIKLARI ANABİLİM DALI**

**İSTANBUL-2007**

### TEZ ONAYI

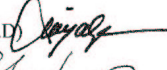
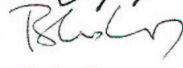



Aşağıda tanıtımı yapılan tez, jüri tarafından başarılı bulunarak Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

06 / 10 / 2007  
  
 Prof. Dr. Emine Kökoğlu  
 Enstitü Müdürü

Kurum : İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü  
 Program Adı : Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları  
 Programın seviyesi : Yüksek Lisans  Doktora   
 Anabilim Dalı : Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları  
 Tez Sahibi : Ahmet Yavuz PEKEL  
 Tez Başlığı : Yumurta Tavuğu Rasyonlarına Yüksek Düzeyde Katılan Farklı Bakır Kaynaklarının Yumurta Verim ve Kalitesi ile Yumurta Sarısı Kolesterolü ve Bazı Kan Parametreleri Üzerine Etkisi  
 Sınav Yeri : İ.Ü. Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları A.B.D  
 Sınav Tarihi : 26 / 10 / 2007

#### Tez Sınav Jürisi

Ünvanı Adı Soyadı Üniversitesi, Fakültesi, Anabilim Dalı \_\_\_\_\_

1. Prof. Dr. Müjdat ALP (Tez Danışmanı) (Veteriner Fak. Hayv. Besl. ve Bes. Hast. A.B.D) 
2. Prof. Dr. Behiç COŞKUN (Selçuk Ü. Vet. Fak. Hayv. Besl. ve Bes. Hast. A.B.D) 
3. Prof. Dr. Neşe KOCABAĞLI (Tez İzleme komitesi Üyesi) (Veteriner Fak. Hayv. Besl. ve Bes. Hast. A.B.D) 
4. Prof. Dr. Gülhan Türkay HOŞTÜRK (Tez İzleme komitesi Üyesi) (Veteriner Fak. Biyokimya A.B.D) 
5. Prof. Dr. Recep KAHRAMAN (Veteriner Fak. Hayv. Besl. ve Bes. Hast. A.B.D) 

**BEYAN**

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Ahmet Yavuz PEKEL

## İTHAF

Ailem'e ithaf ediyorum.

## TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim ve tez çalışmam süresince yardım ve desteklerini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Müjdat ALP'e, Prof. Dr. Neşe KOCABAĞLI'ya, Prof. Dr. Gülhan TÜRKAY HOŞTÜRK'e, özellikle tez yazımında yardımlarını gördüğüm Yard. Doç. Dr. Gülcan DEMİREL'e, istatistik analizlerin yapılmasında yardımcı olan Doç. Dr. Bülent EKİZ'e, tezim ile ilgili analizlerinin yapılmasında desteklerini gördüğüm Biyokimya Anabilim Dalı öğretim üyeleri Doç. Dr. Nezir Yaşar TOKER ve Doç. Dr. Kemal ÖZTABAK ile aynı Anabilim Dalı araştırma görevlilerine ve eğitimimin her aşamasında yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından T-447 / 25062004 no'lu proje olarak desteklenmiştir.

## İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI .....	İİ
BEYAN.....	İİİ
İTHAF.....	İV
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER .....	VI
TABLolar LİSTESİ.....	İX
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	X
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ .....	Xİ
ÖZET .....	Xİİ
ABSTRACT.....	Xİİİ
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	2
2.1. Minerallerin Tanımı ve Sınıflandırılması .....	2
2.2. Bakır Metabolizması .....	2
2.3. Yumurta Tavuklarının Bakır Gereksinimi ve Zehirlilik Düzeyi.....	5
2.4. Yumurta Tavuğu Rasyonlarına Katılan Bakır Kaynakları.....	8
2.5. Organik İz Minerallerin Tanımı, Kimyasal Yapısı ve Sınıflandırılması .....	8
2.6. Organik İz Minerallerin Absorpsiyon ve Biyoyararlılığı.....	11
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	13
3.1.GEREÇ .....	13
3.1.1.Hayvan Materyali.....	13
3.1.2.Deneme Rasyonları .....	13
3.2.YÖNTEM .....	15
3.2.1. Deneme Planı .....	15
3.2.2. Deneme Hayvanlarının Beslenmesi .....	16
3.2.3. Deneme Hayvanlarının Barındırılması .....	16
3.2.4. Yem Maddelerinin Kimyasal Analizi .....	16
3.2.5. Canlı Ağırlıkların Saptanması.....	17
3.2.6. Yem Tüketiminin Saptanması.....	17
3.2.7. Yumurta Veriminin Belirlenmesi.....	17

3.2.8. Yumurta Ağırlığının Belirlenmesi .....	17
3.2.9. Yemden Yararlanmanın Saptanması.....	18
3.2.10. Analiz İçin Yumurta Örneklerinin Alınması ve Yumurta Analizleri .....	18
3.2.10.1. Yumurta Bakır Düzeylerinin Belirlenmesi .....	18
3.2.10.2. Yumurta Sarısı Kolesterol Düzeyinin Belirlenmesi.....	18
3.2.10.3. Yumurta Özgül Ağırlıklarının Belirlenmesi .....	19
3.2.10.4. Yumurta Kabuk Ağırlıkları ve Kabuk Kalınlıklarının Belirlenmesi.....	19
3.2.11. Kan Örneklerinin Alınması ve Kan Analizleri .....	19
3.2.11.1. Plazma Trigliserit, Total Kolesterol ve HDL Kolesterol Düzeylerinin Belirlenmesi .....	20
3.2.11.2. Plazma Glutasyon Peroksidaz Düzeyinin Belirlenmesi .....	20
3.2.12. Dışkı Örneklerinin Alınması ve Dışkı Analizleri .....	21
3.2.12.1. Dışkı Bakır Miktarlarının Belirlenmesi .....	21
3.3. İstatistik Analizler .....	21
4. BULGULAR.....	22
4.1. Yem Tüketimi .....	22
4.2. Yumurta Verimi .....	22
4.3. Yumurta Ağırlığı.....	23
4.4. Yemden Yararlanma Oranı .....	23
4.5. Hasarlı Yumurta Oranı.....	24
4.6. Yumurta Özgül Ağırlığı .....	24
4.7. Yumurta Kabuk Ağırlığı .....	24
4.8. Yumurta Kabuk Kalınlığı .....	24
4.9. Canlı Ağırlık Düzeyleri.....	25
4.10. Yumurta Sarısı Kolesterolü.....	25
4.11. Yumurta Bakır Düzeyi .....	25
4.12. Plazma Total Kolesterol, HDL Kolesterol, Trigliserit Düzeyleri .....	26
4.12.1. Plazma Total Kolesterol Düzeyleri .....	26
4.12.2. Plazma HDL Kolesterol Düzeyleri .....	26
4.12.3. Plazma Trigliserit Düzeyleri .....	27
4.13. Plazma Glutasyon Peroksidaz Düzeyleri .....	27
4.14. Dışkı Bakır Düzeyleri .....	27
5. TARTIŞMA.....	54

5.1. Yem Tüketimi .....	54
5.2. Yumurta Verimi .....	56
5.3. Yumurta Ağırlığı.....	58
5.4. Yemden Yararlanma .....	59
5.5. Hasarlı Yumurta Oranı.....	60
5.6. Yumurta Özgül Ağırlığı .....	61
5.7. Yumurta Kabuk Ağırlığı .....	61
5.8. Yumurta Kabuk Kalınlığı .....	62
5.9. Canlı Ağırlık Düzeyleri.....	62
5.10. Yumurta Sarısı Kolesterolü.....	63
5.11. Yumurta Bakır Düzeyi .....	65
5.12. Plazma Total Kolesterol, HDL Kolesterol, Trigliserit Düzeyleri .....	67
5.12.1. Plazma Total Kolesterol Düzeyi .....	67
5.12.2. Plazma HDL Kolesterol Düzeyi .....	68
5.12.3. Plazma Trigliserit Düzeyi .....	68
5.13. Plazma Glutasyon Peroksidaz Düzeyi .....	69
5.14. Dışkı Bakır Düzeyleri .....	70
KAYNAKLAR .....	72
ETİK KURUL KARARI .....	78
ÖZGEÇMİŞ .....	79

**TABLolar LİSTESİ**

Tablo 3-1: Temel Rasyonun Bileşimi, Besin Maddeleri ve Enerji İçeriği	14
Tablo 3-2: Deneme Grupları	15
Tablo 4-1: Yem tüketimleri, g/gün	28
Tablo 4-2: Yumurta verimleri, %	29
Tablo 4-3: Yumurta ağırlıkları, g	30
Tablo 4-4: Yemden yararlanma oranları, kg yem / kg yumurta	31
Tablo 4-5: Haftalara göre hasarlı yumurta oranları, %	32
Tablo 4-6: Yumurta özgül ağırlıkları, g / cm <sup>3</sup>	33
Tablo 4-7: Yumurta kabuk ağırlıkları, g	34
Tablo 4-8: Yumurta kabuk kalınlıkları, mm	35
Tablo 4-9: Canlı ağırlık, g	36
Tablo 4-10: Yumurta sarısı kolesterolü, mg/g	37
Tablo 4-11: Yumurta bakır konsantrasyonları, µg/g	38
Tablo 4-12: Plazma total kolesterol düzeyleri, mg/dl	39
Tablo 4-13: Plazma HDL kolesterol düzeyleri, mg/dl	40
Tablo 4-14: Plazma trigliserit düzeyleri, mg/dl	41
Tablo 4-15: Plazma glutasyon peroksidaz düzeyleri, U / L plazma	42
Tablo 4-16: Dışkı Bakır Miktarları, µg/g (doğal halde)	43
Tablo 4-17: Dışkı Bakır Miktarları, µg/g (KM)	43

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4-1: Yem tüketimleri, g/gün.	44
Şekil 4-2: Yumurta verimleri, %.	45
Şekil 4-3: Yumurta ağırlıkları, g.	46
Şekil 4-4: Yemden yararlanma oranları, kg yem/kg yumurta.	47
Şekil 4-5: Hasarlı yumurta oranları, %.	48
Şekil 4-6: Yumurta kabuk ağırlıkları, g.	49
Şekil 4-7: Yumurta kabuk kalınlıkları, mm.	50
Şekil 4-8: Yumurta sarısı kolesterolü, mg/g.	51
Şekil 4-9: Yumurta bakır konsantrasyonları, µg/g.	52
Şekil 4-10: Dışkı bakır miktarları, µg /g (Doğal halde).	53

## **SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ**

GSH-Px: Glutasyon peroksidaz

ME: Metabolize olabilir enerji

NRC: National Research Council

## ÖZET

PEKEL, A.Y. (2007). Yumurta Tavuğu Rasyonlarına Yüksek Düzeyde Katılan Farklı Bakır Kaynaklarının Yumurta Verim ve Kalitesi ile Yumurta Sarısı Kolesterolü ve Bazı Kan Parametreleri Üzerine Etkisi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları ABD. Doktora Tezi. İstanbul.

Bu çalışmada, üç farklı kaynak kullanılarak yüksek düzeyde (250 mg/kg) rasyona katılan bakırın yumurta tavuklarında performans, yumurta sarısı kolesterolü ve bazı kan parametrelerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla 16 haftalık yaşta, 120 adet Lohmann Brown yumurta tavuğu deneme materyali olarak kullanılmıştır. Tavuklar 4 gruba rastgele ayrılmış; her grup, her birinde 3 adet tavuk bulunan 10 tekrar grubundan oluşturulmuştur. Tavuklar 24 hafta boyunca, ilave bakır içermeyen bir temel rasyon (Kontrol) ile temel rasyona bakır sülfat (Cu-sülfat), bakır proteinat (Cu-proteinat) ve bakır lizin (Cu-lizin) kaynaklı 250 ppm bakırın katıldığı deneme rasyonlarını tüketmişlerdir. Gruplar arasında, canlı ağırlık, yumurta özgül ağırlığı, yumurta sarısı kolesterolü, plazma total kolesterolü, HDL kolesterolü, trigliserit ve glutasyon peroksidaz (GSH-Px) düzeyleri bakımından her hangi bir farklılığa rastlanmamıştır. Bakır sülfat (Cu-sülfat) kaynaklı 250 ppm bakır ilavesinin yumurta verimi ve yemden yararlanmayı artırdığı ( $p<0,05$ ), buna karşın yumurta ağırlığı ( $p<0,05$ ) ve yem tüketimini diğer gruplara göre düşürdüğü ( $p<0,01$ ) belirlenmiştir. Bakır proteinat (Cu-proteinat) grubunda ise, yem tüketiminde düşüş ( $p<0,01$ ), yemden yararlanmada iyileşme ( $p<0,05$ ) görülürken, yumurta verimi ve yumurta ağırlığı kontrole göre değişiklik göstermemiştir. Hasarlı yumurta oranı Cu-proteinat grubunda diğer gruplara göre daha yüksek bulunmuştur ( $p<0,01$ ). Cu-lizin grubunda yumurta kabuk kalınlığı düşmüş ( $p<0,001$ ), buna bağlı olarak yumurta kabuk ağırlıkları da düşük ( $p<0,05$ ) bulunmuştur. Cu-sülfat grubunda da yumurta kabuk kalınlığının düştüğü saptanmıştır ( $p<0,001$ ). Bakır kaynağına bakılmaksızın, yumurta ve dışkı bakır içeriklerinin kontrole göre belirgin olarak arttığı saptanmıştır ( $p<0,001$ ). Bu çalışmada, bakırın lipit metabolizmasını etkileyerek yumurta sarısı kolesterolünü düşürdüğü yönündeki bulguları destekleyen bir sonuca ulaşılmamıştır. Bununla beraber, 250 ppm Cu-sülfatın performansı artırmada Cu-lizin ve Cu-proteinata göre daha yararlı olabileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Bakır, yumurta tavuğu, performans, kolesterol.

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından T-447 / 25062004 no'lu proje olarak desteklemiştir.

## ABSTRACT

PEKEL, A.Y. (2007). Effects of Different Dietary Copper Sources Incorporated Supraoptimal Amount On Performance, Egg Yolk Cholesterol and Blood Parameters In Laying Hens. Istanbul University, Institute of Health Science, Department of Animal Nutrition and Nutritional Diseases. Doctorate Thesis. Istanbul.

An experiment was conducted using a total of 120, 16-wk-old, Lohmann Brown hens to compare three different supplemental dietary copper (Cu) sources incorporated supraoptimal amount (250 mg/kg) on performance, egg yolk cholesterol and blood parameters. Layers were randomly allocated to four dietary treatments with ten replications of three birds each for each treatment. Layers were fed diets containing 0 (Control) or 250 ppm Cu from copper sulfate (Cu-sulfate), copper proteinate (Cu-proteinate) or Copper lysine (Cu-lysine) for 24 wk. There were no differences among copper sources for live weight, specific gravity of egg, egg yolk cholesterol, plasma total cholesterol, high-density lipoprotein cholesterol (HDL), triglycerides and glutathione (GSH). Supplementation with 250 ppm Cu-sulfate improved egg production, feed conversion ratio but decreased egg weight ( $p<0.05$ ) and feed intake ( $p<0.01$ ) as compared with other diets. Supplementation with Cu-proteinate resulted in decreased feed intake ( $p<0.01$ ) and improved feed efficiency ( $p<0.05$ ) but egg production and egg weight were not changed as compared with control. Damaged egg ratio of layers given Cu-proteinate was higher ( $p<0.01$ ) than those of birds fed other diets. Birds fed the Cu-lysine diet had lower egg shell thickness ( $p<0.001$ ) and so lower egg shell weight ( $p<0.05$ ). Egg shell thickness of layers given Cu-sulfate was also lower than control ( $p<0.001$ ). Copper content of egg and excreta were significantly ( $p<0.001$ ) increased regardless of copper source as compared with birds fed control diet. The results of this trial don't confirm the findings that copper alter lipid metabolism and so decrease the cholesterol of egg yolk. However, the addition of 250 ppm copper from Cu-sulfate might be beneficial in improving the layer performance than Cu-lysine and Cu-proteinate.

Key Words: copper, layer, performance, cholesterol.

This study was supported by The Research Support Unit of Istanbul University as the project no T-447 / 25062004.

## 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Bakır, yumurta tavuğu rasyonları için hazırlanan mineral premikslerinde rutin olarak kullanılan bir iz mineraldir. Hayvan beslemede rasyonlara en çok katılan bakır bileşiği, inorganik bir kaynak olan bakır sülfat pentahidrattır ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ). Ancak son dönemlerde birçok organik mineral hayvan beslemede kullanılabilir hale gelmiştir. Bu organik kökenli minerallerin hayvanlar için yararlanılabilirliklerinin inorganik kaynaklılara göre daha iyi olduğu da yakın zamanlarda ortaya konulmuştur. Bu gelişmeler hayvan besleme alanında organik minerallere olan ilgiyi de artırmıştır.

Yapılan bazı çalışmalarda (Chiou ve ark 1997; Ankari ve ark 1998; Pesti ve Bakalli 1998; Balevi ve Coşkun 2004; Lien ve ark 2004), bakırın yumurta tavuğu rasyonlarına normal gereksinimin üzerinde (100–800 mg/kg) katılmasının yumurta verimi ve kalitesi ile yumurta sarısı kolesterolü üzerine belirgin etkileri olduğu bildirilmiştir. Yeme yüksek düzeyde katılan bakırın yumurta sarısı kolesterolünü düşürdüğü de ileri sürülmüştür (Pesti ve Bakalli 1998; Balevi ve Coşkun 2004). Yapılan bu çalışmalarda, bakır kaynağı olarak genellikle inorganik bir kaynak olan bakır sülfat pentahidrat kullanılmıştır. Organik bakır kaynaklarının bu konudaki etkinliği üzerine çok fazla çalışma yapılmamıştır.

Bu çalışma yumurta tavuğu rasyonlarına ikisi organik (bakır lizin ve bakır proteinat) biri inorganik (bakır sülfat pentahidrat) üç ayrı kaynaktan 250 mg/kg bakır katılmasının yumurta verimi ve kalitesi ile yumurta sarısı kolesterolü ve bazı kan parametreleri üzerine olan etkinliklerini incelemek amacıyla planlanmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Minerallerin Tanımı ve Sınıflandırılması

Minerallerin önemi ve metabolizması hakkındaki bilgilerimizin büyük bir çoğunluğu son yüz yıla dayanmaktadır. 1900'lerin başında birçok dokunun sabit bir kül içeriği olduğu ve aç bırakılan hayvanların hızla negatif sodyum dengesine girdikleri saptanmıştır (Leeson ve Summers 2001 p. 332).

Minerallerin makro ve iz olarak olarak sınıflandırılması bu minerallerin vücuttaki konsantrasyonu ile ilişkilidir (Leeson ve Summers 2001). Kilogram yağsız vücut ağırlığında 50 mg'dan fazla miktarda bulunan minerallere makro mineraller, bu düzeyden az miktarda bulunanlara ise iz mineraller adı verilmektedir (Bülbül 2004).

Esansiyel olarak tanımlanan mineraller, 1950'lerin başlangıcına kadar 13 taneydi. Bunlardan kalsiyum (Ca), fosfor (P), potasyum (K), sodyum (Na), klor (Cl), kükürt (S) ve magnezyum (Mg) esansiyel makro mineralleri; demir (Fe), bakır (Cu), iyot (I), manganez (Mn), çinko (Zn) ve kobalt (Co) ise esansiyel iz mineralleri oluşturmaktaydı. O zamandan bugüne kadar esansiyel mineral listesine nikel, flor, silikon, vanadyum, tin ve arsenik de eklenmiştir (Leeson ve Summers 2001 p. 332).

### 2.2. Bakır Metabolizması

While Boutigny, 1883 yılında bakırın hayvansal dokularda bulunduğunu ortaya koymuş; ancak bakırın demir ile birlikte ratlarda hemoglobin sentezinde gerekli olduğunun anlaşılması 1920'lerin sonunu bulmuştur (Gaetke ve Chow 2003). Bakır, hemoglobinin yapısal bir unsuru olmasa da demirin plazmadaki hücrelerden salınmasını sağlayan plazma proteinlerinin yapısında bulunmaktadır. Bu yüzden hayvanda bakır eksikliği demirin emilimini, dokulararası taşınmasını ve hemoglobin sentezinde kullanılmasını engellemektedir (Leeson ve Summers 2001 p. 394 ). Ancak, bakır

mineraline ilgi, 1930'larda, önemli bazı koyun ve sığır hastalıklarının bakır eksikliği ile ilişkili olduğunun gösterilmesi ile artmıştır.

Bakır, en yüksek oranda karaciğerde olmak üzere birçok doku ve hücrede küçük miktarlarda bulunan esansiyel bir iz mineraldir. Bakır iyonları, hem okside olabilen ( $\text{Cu}^{+2}$ ) hem de indirgenmiş ( $\text{Cu}^{+}$ ) formda bulunabilirler (Miles ve ark. 1998).

Bakır, hayvanlarda fetal gelişim ve erken post-natal gelişim, hemoglobin sentezi, özellikle kardiyovasküler sistem ve kemiklerde bağ doku olgunlaşması, sinirlerin düzgün çalışması, kemik gelişimi ve yangı durumlarında yaşamsal öneme sahip esansiyel bir iz mineraldir. Enzim-koenzim katalitik reaksiyonlarında rol alır. Bu reaksiyonlar genelde sitokrom C oksidaz ve bakır-çinko süperoksit dismutaz ile ilgilidir. Ayrıca serüloplazmin adı verilen ve plazmada demiri taşıyan transferrine demirin bağlanmasında rol alan bir bileşiğin yapısına katılır (EC 2003). Bakır, diğer bazı kan proteinlerinin de bileşenidir; bunlardan bir tanesi de, oksijen metabolizmasında önemli rolü olan ve eritrositlerde bulunan eritrokupreindir. Bakır, oksidatif fosforilasyonda görev alan sitokrom oksidaz gibi birçok enzim sisteminde de önemli görevler üstlenir. Ayrıca tirozinaz, p-hidroksifenil pirüvat hidrolaz, dopamin beta hidroksilaz, lizil oksidaz ve Cu-çinko süperoksit dismutaz gibi birçok enzimin de katalitik ve yapısal unsurlarından birisidir. Bakır, özellikle tüylerde bulunan bir pigment olan turacin gibi birçok pigmentin de yapısında bulunur (Leeson ve Summers 2001 p. 394; Gaetke ve Chow 2003).

Bakırın emiliminin çok büyük bir kısmı duodenumdan ve bir protein taşıyıcıya bağlı olarak mukozadan olmaktadır (Leeson ve Summers 2001). Hemen hemen birçok iz mineralde olduğu gibi emilim düzeyini ölçmek zordur ve buna bağlı olarak da çok değişik sonuçlar elde edilebilmektedir (EC 2003). İnce bağırsaklardan emilen bakır kanda büyük oranda albümine bağlı olarak ve az miktarda da transküpeneine bağlı olarak taşınır. Karaciğer tarafından alınan bakır ya hepatositlerde depo edilir ya da plazma veya safraya verilir. Hepatositlerde tutulan bakır çoğunlukla metallothioneine ya da kuproenzimlere bağlı olarak bulunurlar. Aynı zamanda bir akut faz proteini olan

serüloplazmin, ana bakır bağlayıcı proteindir ve hem  $Cu^{+2}$  hem de  $Cu^{+}$  formunda bulunan 6 tane bakır atomunu yapısında bulundurur. Dolaşımında bulunan bakırın yaklaşık olarak % 60-90'ı serüloplazmin formundadır. Karaciğerden salınan bakır dokulara taşınmak için öncelikle serüloplazmine bağlanır; bununla birlikte albümin, transkuprein ve histidine bağlı olarak da taşınabilir (Gaetke ve Chow 2003). Bakır salgılanması birçok hayvan türünde safra ile olmaktadır. Bu yüzden de bakır vücuttan büyük oranda dışkı vasıtası ile atılmaktadır. Çok az miktarda ise böbreklerden idrar ile atılmaktadır (Aoyagi ve ark. 1993).

Bakırın, vücudun çeşitli hücrelerinde çok sayıda esansiyel fonksiyona sahip olması nedeniyle, diyet bakırındaki herhangi bir eksiklik, kolaylıkla infertilite, anemi veya bağışıklık baskılanmasından sorumlu tutulabilir (Underwood 1999, Kaynak: Muehlenbein 2001 p.1650).

Bakır eksikliğinin belirtisi, demir metabolizmasındaki rolü nedeniyle anemi olarak ortaya çıkar. Demir, genellikle  $Fe^{++}$  olarak emilirken,  $Fe^{+++}$  olarak dokular arasında taşınmaktadır ve bu dönüşümü gerçekleştiren ferrokسيدaz enzimi de bakır içermektedir. Bakır ayrıca normal kemik oluşumu ve kısmen kırık oluşumunda da rol oynamaktadır. Bakır eksikliği değişik hayvan türlerinde farklı belirtilere yol açarken, aynı hayvan türünde de değişik belirtiler verebilmektedir. Bununla birlikte, tüm hayvan türlerinde en yaygın belirti olan aneminin yanısıra büyümede azalma, kemik bozuklukları, kıl, yün, tüy ve yapağı depigmentasyonu, spinal kord demiyelinizasyonu, myokard fibrosisi ve diyare diğer görülen belirtilerdir. Genç civcivler bakırdan eksik rasyon ile beslendiklerinde iki ile dört hafta içinde topallık şekillenmektedir. Kemikler kolay kırılabilir hale gelmekte, epifizial kırık kalınlaşmakta ve kalınlaşan kırık dokunun damarlaşması belirgin şekilde azalmaktadır. Tavuklarda bakır eksikliğinde görülen bu kemik lezyonları, diğer çiftlik hayvanlarında görülenlerden farklı iken, A Vitamini eksikliği bulunan kuşlarda görülen lezyonlara benzerdir (Leeson ve Summers 2001 pp. 394–395).

Hem bakır, hem de demir eksikliğinde New Hampshire tavuklarında tüylerde pigmentasyon kaybı (Akromotrişia) olduğu gösterilmiştir. Bakır eksikliği bulunan tavuklarda lathyrisme çok benzeyen değişik kemik deformiteleri ve aort anevrizması görüldüğü bildirilmiştir. Tavuklarda deneysel olarak lathyrismi oluşturduğu gösterilen Beta-aminopropionitril'in lathyrism oluşumunu engelleyen mineraller ile şelat oluşturarak bu lezyonlara yol açtığına dair kanıtlar bulunmuştur. Bakır eksikliği çeken tavuklardan elde edilen civcivlerde aorta veya karaciğerde amino oksidaz enziminin bulunmadığı gösterilmiştir. Aynı civcivlerin bakır eksik rasyon ile beslenmelerine devam edilmesi durumunda aynı enzimin 4 haftaya kadar saptanamadığı bildirilmektedir. Ayrıca amino oksidaz enziminin lizinin aorta elastinlerinin (desmosinler) yapısına katılımını artırdığı da gösterilmiştir (Leeson ve Summers 2001 p. 396).

### **2.3. Yumurta Tavuklarının Bakır Gereksinimi ve Zehirlilik Düzeyi**

Bakır, bazı yem bitkilerinde hem az miktarda bulunmakta, hem de biyoyararlılıkları çok farklılık göstermektedir. Yem bitkilerinde bulunan bakırın genelde fitik asite kovalent bağ ile bağlanıp fitat adı verilen dayanıklı kompleksler yapması yemden gelen bakırın yararlılığını azaltmaktadır. Bu nedenle, bir çok hayvan türünde rasyona bakır katılması zorunlu hale gelmektedir ( EC 2003).

Hayvanların bakır gereksinimleri, özellikle molibden ve sülfür, fitat, selüloz, kükürtlü amino asitler, sülfidler ve kalsiyum gibi diğer rasyon kaynaklı bileşiklerle olan etkileşimlerine göre değişebilir. Çinkonun rasyonda fazla miktarda olması bakır gereksinmesini artırmaktadır. Bağırsaklarda çinko ve bakırın aynı taşıyıcıya bağlı olarak taşınması ve çinkonun bu bağlayıcıya sıkı olarak bağlanması bakırın emilimini azaltmaktadır (Leeson ve Summers 2001 p. 396).

Yumurtacı piliçlerde bakır gereksinimi 4–5 mg/kg yem düzeyindedir. Ancak ergin kahverengi ve beyaz yumurtacı tavuklarda ise bu gereksinimin ne kadar olduğu tam olarak belirlenememiştir (NRC 1994).

Hayvan türlerinin bakıra duyarlılıkları farklılık göstermektedir. Koyunlarda bakırın toksik düzeyine çok kısa sürede erişilebilmektedir. Domuzlar ve kanatlı hayvanlar ise tam tersine bakır zehirlenmesine en dayanıklı hayvan türleridir. Bakır yüksek düzeyde alındığında karaciğer ve böbrek gibi hedef organlarda depo edilir. Karaciğerde bakır yüksek düzeyde biriktiğinde (1000 mg/kg KM karaciğerin üzerinde) duyarlı hayvanların aniden ölümüne yol açabilir. Bakırın diyetle yüksek düzeyde katılması, hücre içi bakır düzeyinin artmasına ve buna bağlı olarak hepatik hücre parçalanmasına ve hücre içeriğinin dışarı çıkmasına, dolayısıyla da sarılık ve asitose yol açabilir. Genelde birçok hayvan türünde yüksek düzeyde bakırın uzun süre yeme katılmasının performansı düşürdüğü; bu etkileşimin yem tüketiminde düşüş, büyümede azalma ve mortalitede bir artış şeklinde gözlemlendiği bildirilmiştir (EC 2003).

Hayvanlar tarafından yem ve su ile alınan bakır miktarı oldukça düşüktür. Canlı organizma, emilimi azaltma ya da atılımı artırma yolu ile vücuda alınan aşırı miktarda bakırı kontrol ve tolere etme yeteneğine sahiptir. Bu yüzden de birçok hayvan türünde ve insanlarda akut veya kronik bakır zehirlenmesi ender olarak görülür (Gaetke ve Chow 2003).

Ergin olmayan piliçlerde bakırın zehirleyici düzeylerinin 250–806 ppm arasında olduğu bildirilmiştir. Burada zehirlilik derecesinin belirlenmesinde kullanılan ölçüt hayvanın performansı üzerine olan her hangi bir olumsuz etkidir. Ayrıca mineralin zehirlilik etkisi, içinde bulunduğu bileşiğin yapısına bağlıdır. Ergin olmayan piliçler için verilen değerler bakır sülfat pentahidrat için geçerli olan değerlerdir (NRC 1994).

Tavuklarda bakır toksisitesi kullanılan rasyonun içeriğinden de belirgin olarak etkilenmektedir. Özellikle aşırı miktarda bakırın kullanıldığı geleneksel mısır-soya fasülyesi ağırlıklı rasyonlarda, büyümede azalma ve karaciğerde bakır birikiminin, purifiye amino-asit veya kazein bazlı rasyonlara göre daha az olduğu bildirilmektedir (Funk ve Baker 1991).

Bakırın yumurta tavuklarında tolere edilebilir düzeyini belirlemek için yapılan bir çalışmada, rasyona 120, 240, 480, 960 ve 1920 mg/kg bakır ilave edilmiş ve deneme 35 gün boyunca sürdürülmüştür. Bunun sonucunda 480 mg/kg düzeyine kadar toplam yem tüketimi, su tüketimi ve yumurta veriminin etkilenmediği bildirilmiştir (Jackson 1977, Kaynak: Chiou 1997 p. 50).

Chiou ve ark. (1997), bakırın yumurta tavuklarında toksisitesini inceledikleri çalışmalarında performans, karaciğerde bakır birikimi ve karaciğer fonksiyonuna ilişkin verilere bakarak beyaz Leghornlarda bakırın maksimum tolere edilebilir miktarının 200–400 mg/kg arasında bir değer olduğunu bildirmişlerdir.

Her ne kadar bakırın belirgin toksik etkileri olsa da periyodik olarak kanatlı hayvanlarda büyüme ilerletici olarak 200–250 mg/kg rasyon düzeyinde kullanılmaktadır. Bu büyüme ilerletici etkinin mekanizması tam olarak anlaşılamamıştır (Ewing ve ark. 1998; Skrivan ve ark. 2000; Leeson ve Summers 2001 p. 396). Ancak bu düzeyde bakır alan hayvanlarda dışkının renginin belirgin olarak değiştiği ve buna bağlı olarak da barsak mikroflorasında bir değişikliğin olabileceği varsayılmaktadır (Leeson ve Summers p. 396). Aoyagi ve Baker (1995) ise bakırın bu faydalı etkilerinin hemiselülozun sindirimini artırmasından dolayı olabileceğini bildirmişlerdir. Bu amaçla, 250 mg/kg bakırın rasyona ilavesi ile yaptıkları çalışmalarında hemiselüloz sindiriminde % 15 lik bir artış saptamışlardır. Aynı araştırmacılar bu sonucu yorumlarken de aşırı miktarda bakırın, hepatosellüler lizozimler vasıtası ile karaciğerden safraya atılımını uyardığını bildirmişlerdir. Bunun bir sonucu olarak da artan safra salgılanması ile beraber karbonhidrat sindirimini sağlayan glukozidazların da artan oranlarda barsağa salınması ile hemiselüloz sindiriminde bir artışa neden olabileceğini belirtmişlerdir.

## 2.4. Yumurta Tavuğu Rasyonlarına Katılan Bakır Kaynakları

Yumurta tavuğu rasyonlarına en çok katılan bakır kaynağı inorganik bir form olan bakır sülfat pentahidrattır (Ammerman ve ark. 1995; Chowdhury ve ark. 2004). Bakır oksit ( $\text{Cu}_2\text{O}$  formu), bakır klorür ( $\text{CuCl}$  ve  $\text{CuCl}_2$ ), bakır karbonat ( $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$  ve bakır asetat da yumurta tavuğu rasyonlarında kullanılan diğer inorganik kaynaklardır (Aoyagi ve Baker 1993a; 1993b).

Yukarda sayılan inorganik kaynakların dışında bir de organik kökenli bakır kaynakları bulunmaktadır. Son dönemlerde yapılan çalışmalarda her ne kadar bazı çelişkili sonuçlar olsa da organik minerallerin inorganik kaynaklara göre bazı üstünlük ve faydalarının olduğu gösterilmiştir. Kanatlı beslemede, organik formdaki bu bakır bileşiklerinin en çok kullanılanları Cu-lizin, Cu-metiyonin, Cu-proteinat, Cu-EDTA ve Cu-sitratdır (Baker ve ark. 1991; Aoyagi ve Baker 1993b; Pesti ve Bakalli 1996; Chowdhury ve ark. 2004).

## 2.5. Organik İz Minerallerin Tanımı, Kimyasal Yapısı ve Sınıflandırılması

İz mineraller, rasyonlara, küçük miktarlarda sülfat, klorit, karbonat ve oksit gibi inorganik tuzların premiksi şeklinde katılmaktadırlar. Ancak, bunlar hayvan tarafından sindirildiğinde yararlılığını azaltacak bazı faktörler de bulunmaktadır. Bazı araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda, iz mineralleri amino asit veya küçük peptitlerin karışımı şeklindeki organik bileşiklere bağlamanın bu minerallerin yararlılıklarını artırdığını bildirmektedirler. Bu mineraller, organik iz mineraller olarak adlandırılmaktadır (Acda ve Chae 2002).

Organik mineraller, minerallerin kimyasal olarak amino asit, peptit, protein yada polisakkarit içeren liganta bağlanmasıyla oluşurlar (Dozier ve ark. 2003). Aynı zamanda bu mineraller 'korunmuş iz mineraller' olarak da tanımlanmaktadır (Bülbül 2004).

Bakırın emilebilmesi için aminoasitlere ihtiyacı olduğu; bu nedenle, yemlemeden önce bakırın bir amino asit ile şelat oluşturmasının bakırın yararlılığını ve performansı artırabileceği bildirilmiştir (Kirchgesner 1970, Kaynak: Muehlenbein 2001 p.1650).

Şelat terimi, metal iyonunun ligant olarak adlandırılan moleküller ile tepkimeye girmesi sonucu oluşan bileşiği tanımlamada kullanılır. Şelasyon herhangi bir kimyasal bileşiğin bir metal iyonu ile bir halka oluşturma yeteneğidir. Şelat oluşturmuş formda metaller daha iyi emilirler ve vücutta tutulumları da inorganik formdaki benzer minerallerden daha fazladır. Şelat yapıcı bileşikler inorganik (örnek EDTA) olabileceği gibi organik (Amino asit veya polisakkaritler) de olabilir (Acda ve Chae 2002).

Günümüzde, minerallerin organik şelatlarının, bu elementlerin emilimini etkileyen önemli bir faktör olduğu fark edilmiştir. İdeal şelat yapıcı bileşikler, minerali bağırsak duvarına iyonik formda bırakan veya bütün şelat halinde emilebilen bileşiklerdir. Böyle bir şelat, mineralin çözünmeyen bir kimyasal bileşiğe dönüşümünü engelleyerek veya mineralin çözünmeyen bir kolloid tarafından adsorpsiyonunu önleyerek mineralin emilimini belirgin şekilde artırabilir. Yüksek enerjili kovalent bağlanmanın aksine, metal şelatları, kimyasal bileşiğin herhangi iki veya daha fazla bölgesindeki elektronegativite bölgesindeki belirgin polivalan katyonların pozitif kutupları arasındaki çekimden kaynaklanan halka yapısındadır (Leeson ve Summers 2001 pp. 335–336).

Ligant, bir çift boş elektron taşıyan bir atoma sahip moleküldür. Kısaca metale bağlanan organik maddelere ligant adı verilir. Şelasyon aşamasında, ligant şelasyon yapıcı bir ajan olarak çalışır ve metal atomunu heterosiklik halka yapısı oluşturmak üzere sarar. Bu yüzden de metal atomu liganda karboksil grubunun oksijeni, amino asitlerin veya peptidlerin sülfürü gibi donör atomları vasıtası ile bağlanır. Sadece bir donör atomu içeren ligantlar 'monodentate' ligantlar, iki veya daha fazla donör atomu içerenler ise bi, tri veya tetradentate ligantlar olarak adlandırılırlar. Eğer herhangi bir ligant bir metal iyonuna iki veya daha fazla donör atomu vasıtası ile bağlanırsa, oluşan kompleks bir veya daha fazla heterosiklik halka taşır ve bu türden olanlar 'şelatlar' olarak adlandırılır. Şelatlar dört, beş-altı veya yedi halkalı olabilir, fakat beş üyeli

halkaya sahip olanların daha fazla stabiliteye sahip olduğu gösterilmiştir. Organik iz minerallerin, Amerikan yem kontrol ofisi (AAFCO, 1998) tarafından bildirilen değişik kategorileri vardır. Bunlar;

***Metal amino asit şelatı*** : Şelat kelimesi burada polivalan katyonların metal bağlayıcı bileşikler tarafından tutulmasını tanımlamaktadır. Çözünebilir bir metal tuzundan gelen bir metal iyonunun bir molünün, bir ile üç mol (tercihen iki) amino asit ile kovalent bağ oluşturması sonucu oluşan ürünlerdir. Hidrolize amino asitlerin ortalama molekül ağırlığı yaklaşık olarak 150 dalton olmalı ve şelatın sonuç moleküler ağırlığı 800 dalton'u aşmamalıdır. Bunlar metal spesifik amino asit kompleksi ile aynı yapıdadır ama burada amino asit herhangi bir amino asit olabilir. Örnek olarak bakır amino asit ve kalsiyum amino asit kompleksleri verilebilir.

***Metal spesifik amino asit kompleksi*** : Çözünebilir metal kompleksi ile spesifik bir aminoasit veya aminoasitlerin kompleks oluşturması sonucu oluşan ürünlerdir. Burada metal amino asit şelatından farklı olarak bir çözünebilir metal tuzu bir veya daha fazla amino asit ile 1:1 molar oranında bağlanır. Bu tür tek bir spesifik amino asit ile bir metal iyonunun yapmış olduğu birleşme komplekslerinin kanatlılar tarafından daha iyi değerlendirildiği bildirilmiştir. Bu yüzden de en çok ilgi duyulan organik mineral çeşididir. Bakır lizin, çinko lizin ve demir metiyonin örnek olarak verilebilir. Sadece bu metal spesifik amino asit komplekslerine mahsus olmak üzere ve minerale bağlı olmak üzere buradan gelen spesifik amino asit rasyona önemli bir katkıda bulunabilir (CFNP 2003).

***Metal polisakkarit kompleksi***: Çözünebilir metal tuzunun bir polisakkarit çözeltisi ile oluşturduğu komplekslerdir. Polisakkarit burada minerali sarıp sindirim sırasında koruma sağlamaktadır. Bakır polisakkarit, çinko polisakkarit ve demir polisakkarit bileşikleri örnek olarak verilebilir.

***Metal proteinat bileşikleri***: Çözünebilir metal tuzu ile amino asitlerin ve / veya kısmi hidrolize proteinlerin oluşturduğu şelasyon sonucu oluşan ürünlerdir. ( Acda ve Chae 2002; Dozier ve ark. 2003). Az kararlı yapıda bulurlar ve üretimin ilk aşamasında sindirimi tamamlanmamış proteinler kullanılmaktadır. Bakır proteinat, çinko proteinat, kalsiyum proteinat örnek olarak verilebilir. Metal proteinat bileşiklerinin % 10 ile % 20 sini metal geri kalanını ise protein oluşturmaktadır. Buradan gelen protein'in beslenme

açısından herhangi bir değeri yoktur. Bu metal proteinat bileşiklerinin içine sentetik amino asitlerin karışıp karışmadığını belirlemek ise oldukça zordur (CFNP 2003).

***Metal organik asit tuzları:*** Metallerin organik asit tuzları ile yaptıkları bileşiklerdir. Bunlara çinko sitrat ve çinko asetat örnek olarak verilebilir (Acda ve Chae 2002; Bülbül 2004).

## **2.6. Organik İz Minerallerin Absorpsiyon ve Biyoyararlılığı**

İz minerallerin absorpsiyonu değerlendirilmelerindeki en önemli sınırlayıcı faktördür. Çoğunlukla da absorpsiyon bir mineralin yararlılığı ile yaklaşık olarak eşdeğer kabul edilir. Bununla beraber herhangi bir iz mineral absorbe edilebilir, fakat bu, o iz mineralin yüksek bir biyoyararlılığa sahip olacağı anlamına gelmez. İnorganik kaynaklı mineral iyonları sindirim sırasında açığa çıkar. Bu iyonlar, sindirim sırasında açığa çıkan diğer sindirim ürünleri ile tekrar birleşebilir ve çözünmeyen bileşikler oluşturabilirler. Bu bileşiklerin dışkı ile atılması sonucunda inorganik minerallerin ince bağırsaktan emilimleri azalabilir. Bu da bize rasyon kökenli bu minerallerin absorpsiyonunun bağırsaklarda kompleks moleküller oluşturup oluşturmamasıyla yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Kompleks veya şelat halindeki mineraller amino ligantlar ile kovalent ve iyonik bağlar oluşturduklarından diğer mineral bileşiklerine göre daha dayanıklıdır ve daha az interaksiyonlara girerler (Acda ve Chae 2002).

Şelatlı mineraller, inorganik minerallerin, aşırı kalsiyum, demir, molibden ve fitik asit gibi bileşiklerin, daha baskın olanlarının mineralin emilimini düşürmesini de önlemektedir. Özellikle stres durumlarında da bu nedenlerden dolayı bağışıklığı arttırmada ekonomik olarak daha etkili olmaktadır. Normalde ise şelatlı mineraller, her bir metal elementi başına maliyet düşünüldüğünde genelde daha pahalıdır. Bununla beraber bu şelatlı minerallerin, özellikle belirli durumlarda inorganik minerallerin gerçekleştirmediğini yapabilmesi de göz önünde bulundurulmalıdır (Du ve ark. 1996; Patton 1997).

Organik iz minerallerin belirli pH'larda elektriksel olarak nötr kalabildiği gösterilmiştir. Buna bağlı olarak kompleks veya şelat halindeki minerallerin bağırsak mukozasından bir bütün halde emilip, mukozal hücre membranından geçip plazmaya girdiği belirlenmiştir (Acda ve Chae 2002).

Baker ve ark. (1991) bakırın karaciğerde birikmesini temel alarak yaptıkları biyoyararlılık çalışmasında, analitik derecedeki bakır sülfat pentahidratla karşılaştırıldığında bakır lizin kompleksinin relatif biyoyararlılığının % 115 olduğunu bildirmişlerdir.

Bakır sülfat pentahidratın biyoyararlılığı % 100 kabul edildiğinde, sırası ile relatif biyoyararlıklarının bakır oksitin  $Cu_2O$  formu için % 88, bakır oksitin  $CuO$  formu için % 0, bakır klorürün  $CuCl$  formu için % 145 ve bakır karbonat için de % 100 olduğu bildirilmiştir (Aoyagi ve Baker 1993a). Buradan da anlaşılacağı gibi, bakır oksitin  $CuO$  formunun bakır kaynağı olarak kullanılamayacağı görülmektedir. Bu bulgu hayvan besleme açısından önemlidir. Çünkü 1990'dan önce bu bileşik, diğer bakır kaynaklarına göre daha fazla bakır içermesi (% 79,9'u bakırdır) ve iz-mineral premiksleri içinde daha az yer tutması nedenleri ile fazla miktarda kullanılmaktaydı (Baker 1999).

Amino asit kompleksleri, şelatlar veya proteinatlar gibi ticari organik bakır kaynakları çiftlik hayvanları ve kanatlı hayvanların rasyonlarında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Belirli koşullar altında metal-amino asit komplekslerinin inorganik mineral tuzlarından daha iyi emildikleri çeşitli araştırmacılar tarafından gösterilmiştir. (Wedekind ve ark. 1992; Aoyagi ve Baker 1993b). Organik bakır kaynakları için kanatlı, domuz, koyun ve sığırlarda bakır sülfata göre relatif biyoyararlılık oranlarının % 88–147 arasında olduğu bildirilmiştir (Guo ve ark. 2001).

### **3. GEREÇ VE YÖNTEM**

#### **3.1.GEREÇ**

##### **3.1.1.Hayvan Materyali**

Araştırmada 16 haftalık yaşta, 120 adet Lohmann Brown yumurtacı piliç kullanılmıştır. Yarkalar ticari bir işletmeden sağlanmıştır.

##### **3.1.2.Deneme Rasyonları**

Araştırmada, özel bir yem fabrikasında yaptırılan ve bileşimi Tablo 3.1’de verilen yumurtacı tavuk yemi temel rasyon olarak kullanılmıştır.

Çalışmada, kontrol grubundaki tavuklara sadece temel rasyon yedirilmiş; deneme gruplarında ise temel rasyona birinci deneme grubunda bakır sülfat (Cu-sülfat) kaynaklı 250 ppm bakır, ikinci deneme grubunda bakır lizin (Cu-lizin) kaynaklı 250 ppm bakır ve üçüncü deneme grubunda bakır proteinat (Cu-proteinat) kaynaklı 250 ppm bakır ilave edilmiştir. Organik mineraller olan Cu-lizin ve Cu-proteinat % 10 Cu içerdiğinden bu iki bileşik yeme 2500 mg/kg rasyon katılarak, 250 ppm Cu ilavesi gerçekleştirilmiştir. Cu-sülfat ise, % 25 Cu içerdiğinden rasyona 1000 mg/kg olarak katılmıştır. Mineral bileşikleri yeme el ile katılmıştır. Denemede, bakır sülfat pentahidrat analitik formda, diğer bakır kaynakları ise yemlik formda kullanılmıştır. Araştırma rasyonlarına katılan bakır kaynakları ve düzeyleri Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

**Tablo 3-1:** Temel Rasyonun Bileşimi, Besin Maddeleri ve Enerji İçeriği (Doğal halde)

<b>Yem Maddeleri</b>	<b>%</b>
Mısır	53,30
Ayçiçeği Küspesi	10,00
Buğday Kepeği, razmol	8,50
Soya Fasülyesi Küspesi, %48 HP	7,90
Arpa	4,00
Kireç Taşı	7,88
Kanatlı Unu	3,00
Et Kemik Unu	3,00
Bitkisel Yağ	1,20
Vitamin-Mimeral Premiksi <sup>1</sup>	0,50
MCP	0,34
Tuz	0,20
Metiyonin	0,11
Lizin	0,05
Kolin	0,02
<b>TOPLAM</b>	<b>100</b>
<b>Analiz Sonucu Bulunan Değerler</b>	
Kuru Madde %	90,40
Ham Protein %	17,24
Ham Yağ %	4,89
Ham Selüloz %	6,18
Ham Kül %	11,66
Ca %	3,79
P %	0,66
Cu ppm	11
<b>Hesaplanan Değerler</b>	
ME (kkal / Kg)	2766
Kullanılabilir Fosfor, %	0,41

<sup>1</sup>Her kg vitamin-mineral premiksinde: vitamin A, 8,800,000 IU; vitamin D3, 2,500,000 IU; vitamin E, 5,000 IU; vitamin K3, 500 mg; vitamin B1, 800 IU; vitamin B2, 2,200 mg; vitamin B6, 3,000 mg; vitamin B12, 3,000 µ mg; niacin, 10,000 mg; folic acid, 250 mg; Zn, 53,000 mg; Mn, 70,000 mg; Fe, 8000 mg; Cu, 5,000 mg; 1,850 mg; Co, 250 mg; Mo, 100 mg; Se, 100 mg.

## 3.2.YÖNTEM

### 3.2.1. Deneme Planı

Araştırmada kullanılan 120 adet yarka biri kontrol, üçü deneme olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. Her grup, her biri üçer yarkadan oluşan 10 tekrar grubuna bölünmüştür. Yarkalar bireysel olarak tartıldıktan sonra her grubun ortalama canlı ağırlıkları birbirine yakın olacak şekilde kafeslere konulmuştur. Tekrar grupları kümes içerisindeki bölmelere rastgele dağıtılarak, kümes içerisindeki koşullardan eşit düzeyde etkilenmesi sağlanmıştır.

**Tablo 3-2: Deneme Grupları**

<b>Grup</b>	<b>Deneme Rasyonu</b>
Kontrol	Temel Rasyon
Cu-sülfat	Temel Rasyon + Bakır Sülfat kaynaklı 250 ppm Bakır
Cu-lizin	Temel Rasyon + Bakır Lizin kaynaklı 250 ppm Bakır
Cu-proteinat	Temel Rasyon + Bakır Proteinat kaynaklı 250 ppm Bakır

### 3.2.2. Deneme Hayvanlarının Beslenmesi

Çalışmada kullanılan temel rasyon NRC (1994)'de bildirilen gereksinimler dikkate alınarak hazırlanmıştır. Hayvanların günlük tüketebilecekleri miktarda yem her sabah aynı saatte (09.00) tartılarak ve su *ad libitum* olarak verilmiştir. Yarkalar 16 haftalık yaştan yumurtaya başlama yaşı olan 20. haftaya kadarki alıştırma periyodu boyunca deneme rasyonları ile beslenmişlerdir. Adaptasyon periyodundan sonra çalışmanın sona erdirildiği 40. haftaya kadar yukarıda belirtilen deneme rasyonları ile beslenmeye devam edilmiştir.

### 3.2.3. Deneme Hayvanlarının Barındırılması

Çalışma 24 Ekim 2004–17 Nisan 2005 tarihleri arasında yapılmıştır. Çalışmada kullanılan hayvanlar İ.Ü.Veteriner Fakültesi klinikler bölümünde bulunan deneme kümesinde barındırılmışlardır. Her katında 16 adet ayrı bölme bulunan toplam 3 katlı kaliforniya tipi kafesin, 30 x 40 cm boyutundaki her bir bölmesine üçer tane hayvan yerleştirilmiştir. Araştırmanın başlangıcı olan 20.haftadan itibaren kümes içi aydınlatma, floresan lambalarla 17 saat aydınlık ve 7 saat karanlık olacak şekilde ayarlanmıştır.

### 3.2.4. Yem Maddelerinin Kimyasal Analizi

İ.Ü.Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı laboratuvarında, deneme yemlerinin ham protein, ham yağ, ham selüloz, kuru madde ve ham kül tayinleri Weende analiz sisteminde belirtilen yöntemlere göre yapılmış; Ca düzeyleri kolorimetrik, P düzeyleri spektrofotometrik olarak(AOAC 1994), Cu düzeyleri ise atomik absorpsiyon spektrofotometresinde belirlenmiştir. Yem bakır içeriğinin saptanması için uygun şekilde alınan 1 g civarındaki yem örneği 550 C° de 14 saat kül haline getirilmiş daha sonra bu kül taş ocak üzerinde 10 ml 6 N HCl ve 30 ml bidistile suda 300 C° de çözündürülmüştür. Bu örnekler daha sonra Whatman filtre kâğıtlarından süzölmüştür. Bu filtre işleminden sonra hacim 100 ml'ye tamamlanmıştır. Elde edilen çözeltide bakır konsantrasyonları atomik absorpsiyon spektrofotometresinde belirlenmiştir (Mabe ve ark. 2003).

### **3.2.5. Canlı Ağırlıkların Saptanması**

Hayvanlar 20. haftadan başlamak üzere 40. haftaya kadar 5'er haftalık aralıklarla toplam 5 kere tartılarak canlı ağırlıkları belirlenmiştir. Hayvanların tartımında CAS marka maksimum 5 kg tartma kapasitesine sahip, 0,1 g hassasiyette dijital terazi kullanılmıştır.

### **3.2.6. Yem Tüketiminin Saptanması**

Çalışma süresince *ad-libitum* olarak verilen yemlerin arta kalanları her tekrar grubu için ayrı ayrı olacak şekilde 2 haftada bir toplanıp, tartılarak kaydedilmiştir. Bu arta kalan yemler verilen toplam yem miktarından düşülerek tekrar gruplarının yem tüketimleri belirlenmiştir. Elde edilen bu veriden hareketle hayvan başı günlük ortalama yem tüketimleri hesaplanmıştır.

### **3.2.7. Yumurta Veriminin Belirlenmesi**

Çalışma süresince tekrar gruplarında yumurta verim kayıtları, her gün aynı saatte olmak üzere, günlük olarak tutulmuştur. Toplanan yumurtalar canlı hayvan sayısına bölünerek hayvan başı günlük yumurta verimleri belirlenmiştir. Yumurtalar 'normal' veya 'hasarlı' olarak sınıflandırılmıştır. Hasarlı yumurtalardan, kabuğu kırık membranı hasarlı olanlar kırık; kabuğu kırık, fakat membranı sağlam olanlar çatlak; kabuğu olmayan fakat membranı sağlam olanlar kabuksuz olarak değerlendirilmiştir.

### **3.2.8. Yumurta Ağırlığının Belirlenmesi**

İki haftada bir her tekrar grubundan 2'şer tane olmak üzere her gruptan 20 tane yumurta alınmış ve bir gece oda sıcaklığında bekletildikten sonra hassas terazi ile tartılıp ağırlıkları belirlenmiştir.

### 3.2.9. Yemden Yararlanmanın Saptanması

Yemden yararlanma oranları, 2 haftalık aralıklarla her kg yumurta üretimi için tüketilen yem miktarlarının belirlenmesi yoluyla hesaplanmıştır.

### 3.2.10. Analiz İçin Yumurta Örneklerinin Alınması ve Yumurta Analizleri

Yumurta örnekleri çalışmanın 25., 30., 35. ve 40. haftalarında her gruptan 20'şer yumurta rastgele seçilerek alınmıştır. Alınan yumurta örnekleri ilgili analizler yapılncaya kadar  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' de saklanmıştır.

#### 3.2.10.1. Yumurta Bakır Düzeylerinin Belirlenmesi

Yumurtalar bütün olarak homojonize edildikten sonra, kurutma dolabında  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş; bu örneklerden birer gram tartıldıktan sonra  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' de kül fırınında yakılmıştır. Elde edilen küller 10 ml, 6 N HCl ve 30 ml distile su karışımında  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' de 15 dakika tutularak çözünür hale getirilmiştir. Çözeltiler filtre kâğıtlarından süzölmüş, süzöntü distile su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır (Mabe ve ark. 2003). Elde edilen bu son çözeltilerde yumurta bakır miktarları Varian Spektraa 50 B marka atomik absorpsiyon spektrofotometresinde  $324,7\text{ nm}$ 'de ölçölmüştür.

#### 3.2.10.2. Yumurta Sarısı Kolesterol Düzeyinin Belirlenmesi

Yumurta sarısı kolesterol düzeyleri, Hammad ve ark. (1996) ve Kaya ve ark. (2001)'nin metotlarına bağılı kalınarak belirlenmiştir. Yumurta örnekleri, yumurta sarıları iyice katılaşana kadar yaklaşık 15 dakika boyunca haşlanmıştır. Haşlama işleminden sonra her bir örneğın yumurta sarıları çıkarılmıştır. Çıkarılan yumurta sarıları homojenize edildikten sonra her birinden 0,1 g yumurta sarısı tartılıp kapaklı plastik bir tüpe konulmuş, üzerine 4 ml izopropil alkol eklenip vortekste 2–3 dakika karıştırılmıştır. Daha sonra bu karışım 3000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatant başka bir tüpe filtre kâğıdından süzölmüştür. Süzöntüden 10  $\mu\text{l}$  alınıp başka bir tüpe konulmuş, üzerine 1 ml kolesterol kitinin reagentı eklenip 5 dakika  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  su banyosunda bekletilmiştir. Bu işlemde sonra, örnekler U.V. spektrofotometresinde

500 nm’de okunmuştur. Elde edilen absorbands değerleri standardın absorbands değeri ile karşılaştırılarak yumurta sarısı kolesterol miktarı mg/g olarak hesaplanmıştır.

### **3.2.10.3. Yumurta Özgül Ağırlıklarının Belirlenmesi**

Yumurta özgül ağırlıkları Arşimet yöntemine göre belirlenmiştir. Bu yöntemde göre, yumurtalar hassas terazi ile önce havada sonra da distile suyun içinde tartılmışlardır. Havada yapılan tartım sonucu bulunan yumurta ağırlığı su içinde yapılan tartım sırasında suyun yer değiştirmesinden elde edilen ağırlığa bölünerek yumurtaların özgül ağırlıkları hesaplanmıştır (Hamilton 1982; Hempe ve ark. 1988).

### **3.2.10.4. Yumurta Kabuk Ağırlıkları ve Kabuk Kalınlıklarının Belirlenmesi**

Yumurta kabuk ağırlık ve kalınlıkları ölçümleri, çalışmanın 25., 30., 35. ve 40. haftalarında her gruptan 20’şer tane yumurta alınarak yapılmıştır. Alınan yumurtalar kırılıp, iç kısımları ayrılıp, kabuk zarları akar soğuk suyun altında çıkarıldıktan sonra, kabuk kısımları 105 ° C’ de 12 saat süreyle tutulmuştur. Eksikatörde soğutulan kabuklar hassas terazi ile teker teker tartılmıştır. Tartılan bu örneklerde yumurtanın sivri, küt ve orta kısımlarından dijital kumpas ile kalınlık ölçümleri yapılmıştır.

### **3.2.11. Kan Örneklerinin Alınması ve Kan Analizleri**

Kan örneklerinin alınması, 20. haftadan, 40.haftaya kadar her 5 haftada bir olmak üzere 5 dönemde gerçekleştirilmiştir. Bu dönemlerde her gruptan 20 tavuk rastgele seçilmiş ve tek kullanımlık plastik enjektörlerle *V.subcutanea ulnaris*’ten 10 ml kan örnekleri heparinli tüplere alınmıştır. Kan örnekleri 3000 devirde 10 dakika santrifüj edildikten sonra ayrılan plazmalar ependorflara alınmış ve analiz yapıncaya kadar -18 ° C’ de saklanmıştır.

### 3.2.11.1. Plazma Trigliserit, Total Kolesterol ve HDL Kolesterol Düzeylerinin Belirlenmesi

Plazma trigliserit, total kolesterol ve HDL Kolesterol düzeyleri Multi-test Automatic random-access system (MARS) biyokimya otoanalizöründe ticari kitler kullanılarak belirlenmiştir.

### 3.2.11.2. Plazma Glutasyon Peroksidaz Düzeyinin Belirlenmesi

Plazma glutasyon peroksidaz düzeyi, ticari kit (Ransel-Randox) kullanılarak kolorimetrik olarak Pleban ve ark. (1982)'nin bildirdiği yönteme göre belirlenmiştir. Analiz prensibi, glutasyon peroksidaz'ın (GPX) kümen hidroperoksit aracılığı ile glutasyon'un (GSH) oksidasyonunu katalize etmesi, glutasyon redüktaz enzimi (GR) ve NADPH'in varlığında oksidize olan glutasyonun (GSSG) indirgenmiş forma dönüşmesi ile aynı anda da NADPH'in NADP'ye okside olmasına dayanmaktadır ( Pleban ve ark. 1982).

Hazırlanan örnekler 340 nm dalga boyunda havaya karşı okunmuştur. Her örnek ve kör ayırıcı için sırası ile 1., 2. ve 3. dakikalarda okumalar yapılmış ve kör ayırıcı için bulunan değer örnek için bulunan değerden düşülerek hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplama aşağıdaki formül kullanılmıştır (3-1).

$$U / L \text{ plazma} = \frac{\Delta A^*}{6,22 \times 10^3} \times \frac{\text{Toplam Hacim}}{\text{Örnek Hacmi}} \times 10^6 \quad (3-1)$$

\*  $\Delta A$  = Örnekle ilgili okunan absorbansların farklarının toplamı

### **3.2.12. Dışkı Örneklerinin Alınması ve Dışkı Analizleri**

#### **3.2.12.1. Dışkı Bakır Miktarlarının Belirlenmesi**

Dışkı örnekleri, çalışmanın son haftasında deneme kafeslerinde her gruptan 8 replikasyondan kafeslerin altına özel brandalar bağlanarak 24 saat sürede alınmıştır. Alınan dışkılarından 1'er gram alınmış ve bu örnekler 550 °C' de 24 saat kül fırınında tutulmuştur. Kül haline getirilmiş örnekler 3 M HCl ve 3 M nitrik asit karışımının 10 ml'si ile muamele edilmiştir. Örnekler üzerleri kapatılıp oda sıcaklığında 12 saat tutulduktan sonra 541 Whatman filtre kağıtlarından 50 ml hacimli balonlara filtre edilmiştir. Daha sonra her örneğe 2 ml potasyum klorit ilave edilmiş ve bu karışım bidistile su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Bakır konsantrasyonları Varian Spektraa 50 B marka atomik absorpsiyon spektrofotometresinde ölçülmüştür (Kaya ve ark. 2001).

### **3.3. İstatistik Analizler**

Yem tüketimi, yumurta verimi, yumurta ağırlığı, yemden yararlanma oranı, hasarlı yumurta oranı, yumurta özgül ağırlığı, yumurta kabuk ağırlığı, yumurta kabuk kalınlığı, canlı ağırlık, yumurta sarısı kolesterolü, yumurta bakır konsantrasyonu, plazma total kolesterol, plazma HDL kolesterol, plazma trigliserit konsantrasyonları ile plazma glutasyon peroksidaz ve dışkı bakır düzeyleri bakımından gruplara ait istatistik analizlerin ve grupların ortalama değerleri arasındaki farklılığın önemliliği için tek yönlü "varyans" analizi, gruplar arası farkın önemlilik kontrolü için "Duncan" testi uygulanmıştır (SPSS, 1993).

## 4. BULGULAR

### 4.1. Yem Tüketimi

Denemede veri toplamanın başladığı 21.-22. haftalar arasındaki yem tüketiminin, bakır ilave edilen gruplarda kontrol grubuna göre önemli derecede ( $p<0,01$ ) azaldığı saptanmıştır. Yumurta veriminin arttığı 23.-24. haftalardan itibaren yem tüketimi bakımından gruplar arasındaki bu farklılık ortadan kalkmıştır. Yem tüketiminin, 31.-32. haftalarda Cu-sülfat ve Cu-proteinat verilen gruplarda kontrol ve Cu-lizin verilen gruba göre, tekrar, önemli derecede ( $p<0,05$ ) azaldığı saptanmıştır. Araştırmada, tavukların yumurta veriminin başlangıcı olarak kabul edilen 21.hafta ile denemenin sonuçlandırıldığı 40.hafta yaşlar arasında ise, ortalama günlük yem tüketimleri Cu-proteinat, Cu-lizin, Cu-sülfat ve kontrol gruplarında sırasıyla 119,18 ;119,84 ; 118,27 ;120,90 g olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, Cu-proteinat ve Cu-sülfat gruplarında deneme süresince ortalama günlük yem tüketimlerinin kontrole göre önemli oranda düşük ( $P<0,01$ ) olduğunu ortaya koymuştur. Cu-sülfat grubunun yem tüketiminin diğer gruplara göre daha düşük olduğu ve farklılığın Cu-lizin grubuna göre önemli ( $P<0,01$ ) olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.1).

### 4.2. Yumurta Verimi

Denemede, yumurta verimi 23.-24. hafta yaşlar arasında Cu-sülfat grubunda kontrole ve Cu-lizin grubuna göre anlamlı ( $p<0,01$ ) ölçüde artmıştır. Bu düzey tüm deneme süresince elde edilen en yüksek artış oluşturmaktadır (Tablo 4.2). 27.-28. hafta yaşlar arasında ise Cu-lizin grubunda yumurta veriminin kontrol ve Cu-proteinat gruplarına göre belirgin ( $p<0,05$ ) bir artış gösterdiği görülmektedir.

Deneme süresince (23.-40. hafta yaşlar arası) ortalama yumurta verimleri ise Cu-proteinat, Cu-lizin, Cu-sülfat ve kontrol gruplarında sırasıyla % 95,80; % 95,60; % 96,68; % 94,32 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre yumurta veriminin Cu-sülfat grubunda kontrole göre anlamlı biçimde ( $p<0,05$ ) yüksek olduğu saptanmıştır.

### 4.3. Yumurta Ağırlığı

Grupların ortalama yumurta ağırlıkları arasında, 32. ve 38. hafta yaşlar hariç, ölçüm yapılan diğer haftalarda istatistiksel farklılık görülmemiştir. Ortalama yumurta ağırlıkları 32. hafta yaşta Cu-proteinat, Cu-lizin, Cu-sülfat ve kontrol gruplarında sırasıyla 61,43; 61,79; 62,30; 63,25 g olarak belirlenmiştir. Deneme gruplarında yumurta ağırlıklarının kontrole göre düşük olduğu ( $p<0,001$ ) görülmüştür. Aynı sıra ile 38.hafta yaşta bu değerler 64,46; 64,54; 65,52; 62,70 g olarak bulunmuş; burada ise kontrol grubunun yumurta ağırlığının Cu-sülfat grubuna göre istatistiksel olarak düşük olduğu ( $p<0,05$ ) saptanmıştır. Deneme ortalaması göz ününe alındığında gruplarda aynı sıra ile yumurta ağırlıkları 61,33; 61,29; 60,97; 61,97 g olarak bulunmuş ve Cu-sülfat grubunun yumurta ağırlığının kontrole göre istatistiksel olarak önemli oranda düşük ( $p<0,05$ ) olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.3).

### 4.4. Yemden Yararlanma Oranı

Yumurta veriminin pik dönemi olan 23.-40. hafta yaşlar arasında, yumurta verimine göre hesaplanan ortalama yemden yararlanma oranları Cu-proteinat, Cu-lizin, Cu-sülfat ve kontrol gruplarında sırasıyla 1,98; 2,01; 1,94; 2,08 bulunmuştur (Tablo 4.4). Bu sonuçlara göre yemden yararlanma oranlarının Cu-proteinat ve Cu-sülfat gruplarında kontrole göre anlamlı düzeyde ( $P<0,05$ ) iyi olduğu belirlenmiştir. İkişer haftalık değerlere bakıldığında 27.-28. hafta yaşlarda en iyi yemden yararlanmanın Cu-sülfat grubunda; 39.-40. haftalar arasında ise hem Cu-sülfat hem de Cu-proteinat gruplarında yemden yararlanma oranlarının kontrole göre anlamlı düzeyde iyi olduğu görülmektedir ( $P<0,05$ ).

#### 4.5. Hasarlı Yumurta Oranı

Hasarlı yumurta oranlarında 25.-26.; 29.-30.; 31.-32. hafta yaşlarda gruplar arasında istatistiksel olarak belirgin farklılıkların ( $p<0,05$ ) olduğu görülmektedir. Ortalama hasarlı yumurta oranları, Cu-proteinat, Cu-lizin, Cu-sülfat ve kontrol gruplarında sırasıyla % 1,42; % 0,50; % 0,61; % 0,70 olarak belirlenmiştir (Tablo 4.5). Ortalama hasarlı yumurta oranlarında Cu-proteinat grubunda, diğer deneme ve kontrol gruplarına göre istatistiksel olarak önemli ( $p<0,01$ ) bir artışa rastlanmıştır.

#### 4.6. Yumurta Özgül Ağırlığı

Yumurta özgül ağırlıkları, Cu-proteinat, Cu-lizin, Cu-sülfat ve kontrol gruplarında ortalama olarak, sırasıyla 1,0861; 1,0850; 1,0848; 1,0889 g/cm<sup>3</sup> bulunmuştur. Yumurta özgül ağırlığı bakımından, gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir (Tablo 4.6).

#### 4.7. Yumurta Kabuk Ağırlığı

Gruplarda 25.- 40.hafta yaşlar arasındaki ortalama yumurta kabuk ağırlıkları Cu-proteinat, Cu-lizin, Cu-sülfat ve kontrol gruplarında sırasıyla 5,73; 5,62; 5,70; 5,84 g olarak belirlenmiştir. Kontrol, Cu-proteinat ve Cu-sülfat grupları arasında yumurta kabuk ağırlığı bakımından istatistik önemde bir fark bulunmadığı; Cu-lizin grubunda ise ortalama yumurta kabuk ağırlığının kontrole göre azaldığı saptanmıştır ( $p<0,05$ ) (Tablo 4.7).

#### 4.8. Yumurta Kabuk Kalınlığı

Yumurta kabuk kalınlıklarında 25. ve 35. hafta yaşlarda gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir farka rastlanmazken; 30. hafta yaşta Cu-sülfat grubunda yumurta kabuk kalınlığı kontrole göre anlamlı bir şekilde artmış ( $p<0,001$ ); Cu-lizin grubunda ise, Cu-sülfat ve Cu-proteinat gruplarına göre anlamlı bir şekilde azalmıştır ( $p<0,001$ ). Yumurta kabuk kalınlığı 30. hafta yaşta olduğu gibi 40. hafta yaşta da Cu-sülfat grubunda kontrole göre anlamlı bir şekilde artmıştır ( $p<0,01$ ).

Cu-sülfat grubundaki bu artış aynı zamanda Cu-lizin grubuna göre de istatistiksel olarak anlamlı ( $p<0,01$ ) bulunmuştur. Yumurta kabuk kalınlıklarının 25.-40. hafta yaşlar arası ortalama değerleri ise Cu-proteinat, Cu-lizin, Cu-sülfat ve kontrol gruplarında sırasıyla 0,3697; 0,3510; 0,3632; 0,3711 mm olarak bulunmuştur. Buna göre Cu-lizin ve Cu-sülfat gruplarında yumurta kabuk kalınlığının kontrol ve Cu-proteinat grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde ( $p<0,001$ ) azaldığı görülmektedir (Tablo 4.8).

#### **4.9. Canlı Ağırlık Düzeyleri**

Araştırmada 20., 25., 30., 35. ve 40. hafta yaşlarda yapılan tartımlar sonucunda gruplar arasında canlı ağırlık düzeyleri bakımından fark bulunmamıştır (Tablo 4.9).

#### **4.10. Yumurta Sarısı Kolesterolü**

Araştırmada 30. hafta yaşta Cu-proteinat, Cu-lizin, Cu-sülfat ve kontrol gruplarında yumurta sarısı kolesterol düzeyleri sırası ile 13,88; 13,35; 11,43; 11,41 mg/g olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre kontrol ve Cu-sülfat gruplarında yumurta sarısı kolesterolü Cu-proteinat grubuna göre daha düşük bulunmuştur ( $p<0,05$ ). 40. hafta yaşta yapılan ölçümde ise yumurta sarısı kolesterol miktarları aynı sıra ile 12,54; 10,36; 14,40; 13,92 mg/g olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre de Cu-lizin grubunda yumurta sarısı kolesterolünün Cu-sülfat ve kontrol gruplarına göre daha düşük ( $p<0,05$ ) olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.10). Tüm deneme süresince elde edilen verilerin ortalama değerleri incelendiğinde ise kontrol ve deneme grupları arasında yumurta sarısı kolesterolü bakımından herhangi bir farklılık bulunmamıştır.

#### **4.11. Yumurta Bakır Düzeyi**

Denemede toplanan yumurtalarda yapılan bakır analizlerinin sonuçları, yumurta bakır düzeylerinin, rasyonuna Cu kaynağı katılan gruplarda, kontrol grubuna göre daha yüksek olduğunu; bu artışın tüm hafta yaşlarda istatistik öneme sahip olduğunu göstermiştir. Yumurtaların toplandığı tüm haftaların ortalaması dikkate alındığında, yine rasyonuna bakır kaynağı katılan grupların yumurta bakır düzeylerinin kontrol

grubundan daha yüksek olduğu bulunmuştur ( $p<0,001$ ). Organik ve inorganik bakır kaynakları arasında ise yumurta bakır konsantrasyonları bakımından bir fark görülmemiştir (Tablo 4.11).

#### **4.12. Plazma Total Kolesterol, HDL Kolesterol, Trigliserit Düzeyleri**

##### **4.12.1. Plazma Total Kolesterol Düzeyleri**

Gruplar arasında 20., 35. ve 40. haftalık yaşlarda plazma total kolesterollerini bakımından herhangi bir istatistiksel fark bulunmamıştır. 25. hafta yaşta plazma total kolesterolünün Cu-sülfat grubunda Cu-proteinat ve Cu-lizin gruplarına göre daha düşük olduğu; kontrol grubunun plazma kolesterol düzeyinin ise Cu-proteinat grubundan daha düşük olduğu belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). İstatistiksel olarak anlamlı farklılığın bulunduğu bir diğer hafta olan 30. hafta yaşta ise Cu proteinat grubunun plazma total kolesterol düzeyinin Cu-sülfat ve kontrol grubuna göre anlamlı olarak düşük olduğu belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). Gruplar arasında plazma total kolesterol düzeyinde 20.-40.hafta yaşlar arasında yapılan analizlerden elde edilen verilerin ortalama değerleri dikkate alındığında istatistiksel olarak önemli bir farklılığa rastlanmamıştır (Tablo 4.12).

##### **4.12.2. Plazma HDL Kolesterol Düzeyleri**

Plazma HDL kolesterol düzeyleri 25. hafta yaşta Cu-proteinat, Cu-lizin, Cu-sülfat ve kontrol gruplarında sırası ile 19,80; 24,40; 26,05; 21,70 mg/dl olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Cu-sülfat grubunda plazma HDL kolesterol düzeyinin kontrol ve Cu-proteinat grubuna göre istatistiksel olarak önemli derecede ( $p<0,01$ ) yüksek olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde Cu-lizin grubunun plazma HDL kolesterol düzeyinin de Cu-proteinat grubundan daha ( $p<0,01$ ) yüksek olduğu da saptanmıştır. 35. hafta yaşta ise, plazma HDL kolesterol düzeyleri Cu-proteinat, Cu-lizin, Cu-sülfat ve kontrol gruplarında sırası ile 25,45; 19,65; 20,45; 21,65 mg/dl olarak bulunmuştur. Cu-proteinat grubunun plazma HDL kolesterol düzeyinin Cu-lizin ve Cu-sülfat grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı ( $p<0,05$ ) şekilde yüksek olduğu saptanmıştır. Ortalama plazma HDL kolesterol düzeyleri bakımından ise gruplar arasında herhangi bir farklılığa rastlanmamıştır (Tablo 4.13).

### 4.12.3. Plazma Trigliserit Düzeyleri

Plazma trigliserit düzeyleri 25. hafta yaşta Cu-proteinat, Cu-lizin, Cu-sülfat ve kontrol gruplarında sırası ile 86,21; 70,94; 62,70; 87,96 mg/dl olarak bulunmuştur. Buna göre 25. hafta yaşta Cu-sülfat grubunda plazma trigliserit düzeyinin kontrol ve Cu-proteinat grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde ( $p<0,05$ ) düştüğü görülmektedir. Plazma trigliserit düzeyleri 35. hafta yaşta gruplarda gene aynı sıra ile 83,05; 103,33; 98,12; 108,74 mg/dl olmuştur. Burada da Cu-proteinat grubunda plazma trigliserit düzeyinin kontrol ve Cu-lizin grubuna göre anlamlı ( $p<0,05$ ) bir düşüş gösterdiği görülmektedir. Gruplar arasında 20.-40. haftalar arası ortalama plazma trigliserit düzeyleri bakımından bir fark görülmemiştir (Tablo 4.14).

### 4.13. Plazma Glutasyon Peroksidaz Düzeyleri

Plazma glutasyon peroksidaz düzeyleri 20.-40. hafta yaşlar arası ortalama değer bakımından Cu-proteinat, Cu-lizin, Cu-sülfat ve kontrol gruplarında sırası ile 387,72; 307,96; 386,53 ve 436,62 U / L plazma olarak bulunmuş ve gruplar arasında her hangi bir fark bulunmamıştır. Ancak 40. hafta yaşta kontrol grubuna göre tüm deneme gruplarında plazma glutasyon peroksidaz düzeyinin istatistiksel olarak önemli oranda ( $p < 0,05$ ) düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.15).

### 4.14. Dışkı Bakır Düzeyleri

Çalışmanın son haftası olan 40. hafta yaşta kuru maddede dışkı bakır miktarları Cu-proteinat, Cu-lizin, Cu-sülfat ve kontrol gruplarında sırası ile 729,23; 435,77; 389,44; 95,20  $\mu\text{g/g}$  olarak bulunmuştur. Buradaki sonuçlara göre tüm deneme gruplarında dışkı bakır miktarının kontrole göre istatistiksel olarak önemli bir biçimde ( $p<0,001$ ) arttığı görülmektedir. Ancak Cu-proteinat grubunda bu artışın diğer deneme gruplarından da önemli bir oranda ( $p<0,001$ ) fazla olduğu görülmektedir (Tablo 4.17).

**Tablo 4-1: Yem tüketimleri, g/gün**

Yaş (Hafta)	GRUPLAR								P
	Kontrol		Cu-Proteinat		Cu-Lizin		Cu-Sülfat		
	X	Sx	X	Sx	X	Sx	X	Sx	
21–22	115,78 <sup>a</sup>	2,43	108,06 <sup>b</sup>	1,80	107,96 <sup>b</sup>	1,01	107,23 <sup>b</sup>	0,95	0,002**
23–24	116,90	1,56	116,03	0,92	116,56	1,14	115,76	1,29	0,917
25–26	118,16	1,63	119,10	1,40	118,44	1,50	118,73	0,85	0,969
27–28	122,54	1,49	120,78	2,00	120,30	1,09	120,38	1,83	0,750
29–30	122,56	1,60	121,17	1,91	120,92	1,00	118,05	0,79	0,158
31–32	121,24 <sup>ab</sup>	1,80	120,30 <sup>b</sup>	1,79	124,67 <sup>a</sup>	0,97	118,83 <sup>b</sup>	0,77	0,040*
33–34	121,52	1,15	121,20	0,79	121,86	0,63	121,09	1,69	0,963
35–36	123,73	1,00	121,53	0,91	120,93	1,36	118,91	1,93	0,114
37–38	123,54	1,09	121,13	1,84	123,45	0,67	121,69	1,08	0,418
39–40	123,04	0,63	122,56	1,76	123,33	0,88	122,10	1,48	0,909
Ortalama	120,90 <sup>a</sup>	0,55	119,18 <sup>bc</sup>	0,59	119,84 <sup>ab</sup>	0,35	118,27 <sup>c</sup>	0,53	0,008**

<sup>a,b,c</sup>: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir, (p<0,05).

(\*): p < 0.05      (\*\*): p < 0.01

**Tablo 4-2: Yumurta verimleri, %**

Yaş (Hafta)	GRUPLAR								P
	Kontrol		Cu-Proteinat		Cu-Lizin		Cu-Sülfat		
	X	Sx	X	Sx	X	Sx	X	Sx	
21–22	28,33	1,34	24,04	1,25	27,14	2,41	30,00	1,47	0,103
23–24	84,04 <sup>bc</sup>	1,10	86,42 <sup>ab</sup>	0,94	82,49 <sup>c</sup>	1,33	88,23 <sup>a</sup>	1,37	0,009**
25–26	92,94	0,97	96,39	0,87	96,72	1,01	96,19	1,32	0,056
27–28	95,23 <sup>b</sup>	1,00	95,47 <sup>b</sup>	0,65	98,80 <sup>a</sup>	1,07	97,82 <sup>ab</sup>	0,74	0,016*
29–30	97,17	0,76	97,61	1,62	98,57	0,88	98,80	0,95	0,695
31–32	96,50	0,47	99,04	0,72	99,28	1,28	99,28	1,06	0,120
33–34	97,14	0,83	99,55	0,91	97,38	1,60	99,04	0,72	0,312
35–36	95,10	1,43	95,23	1,37	95,71	1,76	96,42	1,81	0,937
37–38	96,84	1,19	99,43	1,49	97,38	1,39	99,61	0,61	0,280
39–40	93,87	1,48	93,09	1,60	94,04	2,01	94,76	2,29	0,940
Ortalama (23–40)	94,32 <sup>b</sup>	0,45	95,80 <sup>ab</sup>	0,47	95,60 <sup>ab</sup>	0,57	96,68 <sup>a</sup>	0,54	0,022*

<sup>a,b,c</sup>: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir, (p<0,05).

(\*): p < 0.05      (\*\*): p < 0.01

**Tablo 4-3: Yumurta ağırlıkları, g**

Yaş (Hafta)	GRUPLAR								P
	Kontrol		Cu-Proteinat		Cu-Lizin		Cu-Sülfat		
	X	Sx	X	Sx	X	Sx	X	Sx	
22	49,10	0,51	47,79	0,61	46,94	0,69	47,24	0,53	0,058
24	59,83	0,88	58,86	0,91	59,09	0,78	57,12	0,74	0,141
26	60,40	0,57	59,96	0,85	61,18	0,31	60,17	0,43	0,483
28	64,74	0,96	63,32	0,84	61,66	1,16	62,49	0,76	0,135
30	64,38	0,82	64,29	0,64	63,80	0,84	64,12	1,10	0,968
32	63,25 <sup>a</sup>	0,32	61,43 <sup>b</sup>	0,32	61,79 <sup>b</sup>	0,28	62,30 <sup>b</sup>	0,27	0,000***
34	66,24	1,11	64,62	1,15	65,45	1,10	62,68	1,03	0,135
36	62,42	0,37	64,07	0,60	63,87	0,41	63,45	0,44	0,065
38	62,70 <sup>b</sup>	0,33	64,46 <sup>ab</sup>	0,66	64,54 <sup>ab</sup>	0,68	65,52 <sup>a</sup>	0,76	0,022*
40	66,70	0,96	64,51	1,08	64,53	1,17	64,61	0,98	0,382
Ortalama	61,97 <sup>a</sup>	0,22	61,33 <sup>ab</sup>	0,27	61,29 <sup>ab</sup>	0,19	60,97 <sup>b</sup>	0,22	0,026*

<sup>a,b</sup>: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir, (p<0,05).

(\*): p < 0.05

(\*\*\*): p < 0.001

**Tablo 4-4: Yemden yararlanma oranları, kg yem / kg yumurta**

Yaş (Hafta)	GRUPLAR								P
	Kontrol		Cu-Proteinat		Cu-Lizin		Cu-Sülfat		
	X	Sx	X	Sx	X	Sx	X	Sx	
21–22	11,58	2,79	12,59	3,454	10,50	1,28	17,24	6,10	0,618
23–24	2,63	0,14	2,41	0,11	2,50	0,09	2,39	0,09	0,442
25–26	2,09	0,08	2,04	0,10	2,07	0,10	1,90	0,07	0,435
27–28	2,01 <sup>a</sup>	0,05	2,04 <sup>a</sup>	0,04	1,97 <sup>a</sup>	0,06	1,79 <sup>b</sup>	0,07	0,025*
29–30	2,00	0,06	1,96	0,06	1,91	0,08	1,96	0,04	0,768
31–32	2,04	0,13	1,92	0,06	1,87	0,05	1,95	0,04	0,528
33–34	1,92	0,08	1,79	0,03	1,87	0,06	1,87	0,05	0,566
35–36	1,98	0,15	1,93	0,05	2,04	0,14	1,85	0,07	0,698
37–38	2,01	0,10	1,89	0,07	1,94	0,09	1,84	0,04	0,533
39–40	2,07 <sup>a</sup>	0,06	1,84 <sup>b</sup>	0,06	1,94 <sup>ab</sup>	0,03	1,86 <sup>b</sup>	0,07	0,044*
Ortalama-(23–40)	2,08 <sup>a</sup>	0,04	1,98 <sup>b</sup>	0,02	2,01 <sup>ab</sup>	0,03	1,94 <sup>b</sup>	0,01	0,018*

<sup>a,b</sup>: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir, (p<0,05).

(\*): p < 0.05

**Tablo 4-5: Haftalara göre hasarlı yumurta oranları, %**

Yaş (Hafta)	GRUPLAR								P
	Kontrol		Cu-Proteinat		Cu-Lizin		Cu-Sülfat		
	X	Sx	X	Sx	X	Sx	X	Sx	
21–22	2,83	1,45	2,94	1,51	1,88	1,28	1,00	1,00	0,703
23–24	0,93	0,47	2,48	0,76	1,19	0,49	0,54	0,36	0,089
25–26	0,78 <sup>b</sup>	0,40	2,45 <sup>a</sup>	0,65	0,26 <sup>b</sup>	0,26	1,48 <sup>ab</sup>	0,56	0,019*
27–28	0,76	0,54	1,48	0,55	0,98	0,54	0,46	0,30	0,526
29–30	0,97 <sup>ab</sup>	0,53	2,21 <sup>a</sup>	0,57	0,25 <sup>b</sup>	0,25	0,73 <sup>b</sup>	0,37	0,028*
31–32	0,00 <sup>b</sup>	0,00	1,46 <sup>a</sup>	0,65	0,00 <sup>b</sup>	0,00	0,74 <sup>ab</sup>	0,38	0,027*
33–34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
35–36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,32	0,50	0,50	0,447
37–38	0,77	0,54	0,76	0,39	0,00	0,00	0,70	0,36	0,410
39–40	0,00	0,00	0,49	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,100
Ortalama	0,70 <sup>b</sup>	0,18	1,42 <sup>a</sup>	0,27	0,50 <sup>b</sup>	0,16	0,61 <sup>b</sup>	0,15	0,009**

<sup>a,b</sup>: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir, (p<0,05).

(\*): p < 0.05      (\*\*): p < 0.01

**Tablo 4-6: Yumurta özgül ağırlıkları, g / cm<sup>3</sup>**

Yaş (Hafta)	GRUPLAR								P
	Kontrol		Cu-Proteinat		Cu-Lizin		Cu-Sülfat		
	X	Sx	X	Sx	X	Sx	X	Sx	
25	1,0919	0,0024	1,0868	0,0017	1,0860	0,0020	1,0863	0,0025	0,195
30	1,0913	0,0020	1,0885	0,0025	1,0852	0,0029	1,0869	0,0015	0,311
35	1,0891	0,0021	1,0873	0,0023	1,0879	0,0022	1,0850	0,0023	0,652
40	1,0834	0,0028	1,0816	0,0022	1,0809	0,0017	1,0810	0,0023	0,869
Ortalama	1,0889	0,0013	1,0861	0,0011	1,0850	0,0011	1,0848	0,0011	0,058

abc: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir, (p<0,05).

**Tablo 4-7: Yumurta kabuk ağırlıkları, g**

Yaş (Hafta)	GRUPLAR								P
	Kontrol		Cu-Proteinat		Cu-Lizin		Cu-Sülfat		
	X	Sx	X	Sx	X	Sx	X	Sx	
25	5,61	0,120	5,44	0,122	5,38	0,090	5,25	0,091	0,141
30	5,91	0,079	5,85	0,075	5,66	0,108	5,86	0,118	0,266
35	6,11	0,101	5,88	0,098	5,83	0,136	5,80	0,098	0,180
40	5,74	0,095	5,77	0,126	5,62	0,125	5,90	0,091	0,394
Ortalama	5,84 <sup>a</sup>	0,053	5,73 <sup>ab</sup>	0,049	5,62 <sup>b</sup>	0,062	5,70 <sup>ab</sup>	0,039	0,029*

<sup>a,b</sup>: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir, (p<0,05).

**Tablo 4-8: Yumurta kabuk kalınlıkları, mm**

Yaş (Hafta)	Kontrol		Cu-Proteinat		Cu-Lizin		Cu-Sülfat		P
	X	Sx	X	Sx	X	Sx	X	Sx	
25	0,3646	0,004	0,3646	0,003	0,3658	0,004	0,3660	0,004	0,996
30	0,3422 <sup>bc</sup>	0,003	0,3528 <sup>ab</sup>	0,003	0,3338 <sup>c</sup>	0,004	0,3560 <sup>a</sup>	0,004	0,001***
35	0,3750	0,004	0,3800	0,004	0,3636	0,005	0,3736	0,004	0,098
40	0,3515 <sup>b</sup>	0,004	0,3626 <sup>ab</sup>	0,006	0,3510 <sup>b</sup>	0,004	0,3718 <sup>a</sup>	0,005	0,009**
Ortalama	0,3711 <sup>a</sup>	0,002	0,3697 <sup>a</sup>	0,002	0,3510 <sup>c</sup>	0,002	0,3632 <sup>b</sup>	0,002	0,000***

<sup>a,b,c</sup>: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir, (p<0,05).

(\*\*): p < 0.01 (\*\*\*) : p < 0.001

**Tablo 4-9: Canlı ağırlık, g**

Yaş (Hafta)	GRUPLAR								P
	Kontrol		Cu-Proteinat		Cu-Lizin		Cu-Sülfat		
	X	Sx	X	Sx	X	Sx	X	Sx	
20	1527,36	15,83	1527,30	18,48	1538,63	12,43	1517,50	14,70	0,818
25	1883,40	23,58	1916,46	27,34	1944,70	23,31	1905,16	17,96	0,324
30	1962,63	26,33	1972,30	25,21	2000,30	18,74	1981,86	19,93	0,687
35	2005,50	32,81	2047,90	22,86	2067,13	25,62	2029,50	25,02	0,422
40	2095,80	32,68	2082,40	27,85	2101,43	22,97	2118,43	20,76	0,812

abc: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir, (p<0,05).

**Tablo 4-10: Yumurta sarısı kolesterolü, mg/g**

Hafta	GRUPLAR								P
	Kontrol		Cu-Proteinat		Cu-Lizin		Cu-Sülfat		
	X	Sx	X	Sx	X	Sx	X	Sx	
25	11,42	1,00	12,57	0,97	13,57	1,82	14,37	1,18	0,415
30	11,41 <sup>b</sup>	0,33	13,88 <sup>a</sup>	1,03	13,35 <sup>ab</sup>	0,96	11,43 <sup>b</sup>	0,37	0,046*
35	12,07	0,77	11,19	0,60	12,39	0,53	13,97	0,99	0,084
40	13,92 <sup>a</sup>	0,82	12,54 <sup>ab</sup>	1,11	10,36 <sup>b</sup>	0,78	14,40 <sup>a</sup>	0,99	0,020*
Ortalama	12,20	0,47	12,54	0,59	12,42	0,54	13,54	0,33	0,255

<sup>a,b</sup>: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir, (p<0,05).

(\*): p < 0.05

**Tablo 4-11: Yumurta bakır konsantrasyonları, µg/g**

Yaş (Hafta)	GRUPLAR								P
	Kontrol		Cu-Proteinat		Cu-Lizin		Cu-Sülfat		
	X	Sx	X	Sx	X	Sx	X	Sx	
25	2,85 <sup>b</sup>	0,57	4,85 <sup>ab</sup>	0,59	6,57 <sup>a</sup>	0,87	5,90 <sup>a</sup>	0,91	0,008**
30	3,49 <sup>b</sup>	0,54	5,76 <sup>a</sup>	0,88	5,64 <sup>a</sup>	0,53	5,72 <sup>a</sup>	0,51	0,043*
35	3,12 <sup>b</sup>	0,50	5,59 <sup>a</sup>	0,66	5,29 <sup>a</sup>	0,43	6,12 <sup>a</sup>	0,71	0,006**
40	3,55 <sup>b</sup>	0,73	5,64 <sup>a</sup>	0,51	5,40 <sup>ab</sup>	0,41	7,18 <sup>a</sup>	0,86	0,005**
Ortalama	3,25 <sup>b</sup>	0,21	5,46 <sup>a</sup>	0,34	5,72 <sup>a</sup>	0,32	6,23 <sup>a</sup>	0,32	0,000***

<sup>a,b</sup>: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir, (p<0,05).

(\*): p < 0.05 (\*\*) : p < 0.01 (\*\*\*) : p < 0.001

**Tablo 4-12: Plazma total kolesterol düzeyleri, mg/dl**

Yaş (Hafta)	GRUPLAR								P
	Kontrol		Cu-Proteinat		Cu-Lizin		Cu-Sülfat		
	X	Sx	X	Sx	X	Sx	X	Sx	
20	111,40	3,14	107,05	2,51	110,65	2,35	103,00	2,99	0,131
25	90,35 <sup>bc</sup>	2,57	100,45 <sup>a</sup>	4,55	97,00 <sup>ab</sup>	2,85	86,70 <sup>c</sup>	2,43	0,014*
30	100,70 <sup>a</sup>	2,39	91,15 <sup>b</sup>	2,11	94,00 <sup>ab</sup>	2,30	100,35 <sup>a</sup>	2,82	0,013*
35	94,15	3,17	98,80	2,89	98,35	2,37	94,75	2,34	0,508
40	90,20	1,81	93,00	2,37	95,65	2,28	97,30	2,93	0,173
Ortalama	97,36	1,26	98,09	1,49	99,13	0,94	96,42	1,00	0,438

<sup>a,b,c</sup>: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir, (p<0,05).

(\*): p < 0.05

**Tablo 4-13: Plazma HDL kolesterol düzeyleri, mg/dl**

Yaş (Hafta)	GRUPLAR								P
	Kontrol		Cu-Proteinat		Cu-Lizin		Cu-Sülfat		
	X	Sx	X	Sx	X	Sx	X	Sx	
20	39,70	1,50	41,55	1,05	40,30	1,03	37,85	0,97	0,161
25	21,70 <sup>bc</sup>	1,40	19,80 <sup>c</sup>	0,93	24,40 <sup>ab</sup>	1,49	26,05 <sup>a</sup>	1,30	0,005**
30	28,50	1,28	23,80	1,35	24,80	1,53	27,30	1,32	0,065
35	21,65 <sup>ab</sup>	1,04	25,45 <sup>a</sup>	1,97	19,65 <sup>b</sup>	1,12	20,45 <sup>b</sup>	1,13	0,019*
40	28,50	1,48	27,55	1,31	26,10	1,05	27,20	1,17	0,607
Ortalama	28,01	0,53	27,63	0,50	27,05	0,60	27,77	0,50	0,635

<sup>a,b,c</sup>: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir, (p<0,05).

(\*): p < 0.05      (\*\*): p < 0.01

**Tablo 4-14: Plazma trigliserit düzeyleri, mg/dl**

Yaş (Hafta)	GRUPLAR								P
	Kontrol		Cu-Proteinat		Cu-Lizin		Cu-Sülfat		
	X	Sx	X	Sx	X	Sx	X	Sx	
20	80,15	8,21	55,20	5,40	63,80	9,11	68,55	13,97	0,332
25	87,96 <sup>a</sup>	8,07	86,21 <sup>a</sup>	7,33	70,94 <sup>ab</sup>	6,31	62,70 <sup>b</sup>	4,11	0,022*
30	79,83	6,07	92,14	9,03	100,41	7,87	93,09	4,92	0,243
35	108,74 <sup>a</sup>	6,88	83,05 <sup>b</sup>	6,63	103,33 <sup>a</sup>	6,27	98,12 <sup>ab</sup>	5,88	0,038*
40	71,02	4,99	73,89	4,98	73,68	3,68	73,18	3,52	0,971
Ortalama	85,54	3,30	79,63	2,58	88,33	2,83	87,13	4,18	0,255

<sup>a,b</sup>: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir, (p<0,05).

(\*): p < 0.05

**Tablo 4-15: Plazma glutasyon peroksidaz düzeyleri, U / l plazma**

Yaş (Hafta)	GRUPLAR								P
	Kontrol		Cu-Proteinat		Cu-Lizin		Cu-Sülfat		
	X	Sx	X	Sx	X	Sx	X	Sx	
20	412,54	89,23	321,80	79,29	327,55	66,02	309,17	104,88	0,825
25	646,91	152,56	519,39	114,73	260,65	61,56	585,16	109,54	0,109
30	479,87	126,08	275,86	44,33	416,93	85,98	315,65	80,57	0,368
35	219,35	38,83	674,74	178,44	357,87	109,51	475,57	127,95	0,088
40	424,42 <sup>a</sup>	85,60	146,80 <sup>b</sup>	17,77	176,81 <sup>b</sup>	45,20	247,10 <sup>b</sup>	67,18	0,012*
Ortalama	436,62	38,41	387,72	41,67	307,96	35,24	386,53	36,27	0,142

<sup>a,b</sup>: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir, (p<0,05).

(\*): p < 0.05

**Tablo 4-16: Dışkı Bakır Miktarları, µg/g (doğal halde)**

Hafta	GRUPLAR								P
	Kontrol		Cu-Proteinat		Cu-Lizin		Cu-Sülfat		
	X	Sx	X	Sx	X	Sx	X	Sx	
40	26,62 <sup>c</sup>	0,85	201,01 <sup>a</sup>	24,82	110,90 <sup>b</sup>	9,61	109,49 <sup>b</sup>	5,78	0,001***

<sup>a,b,c</sup>: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir, (p<0,05).

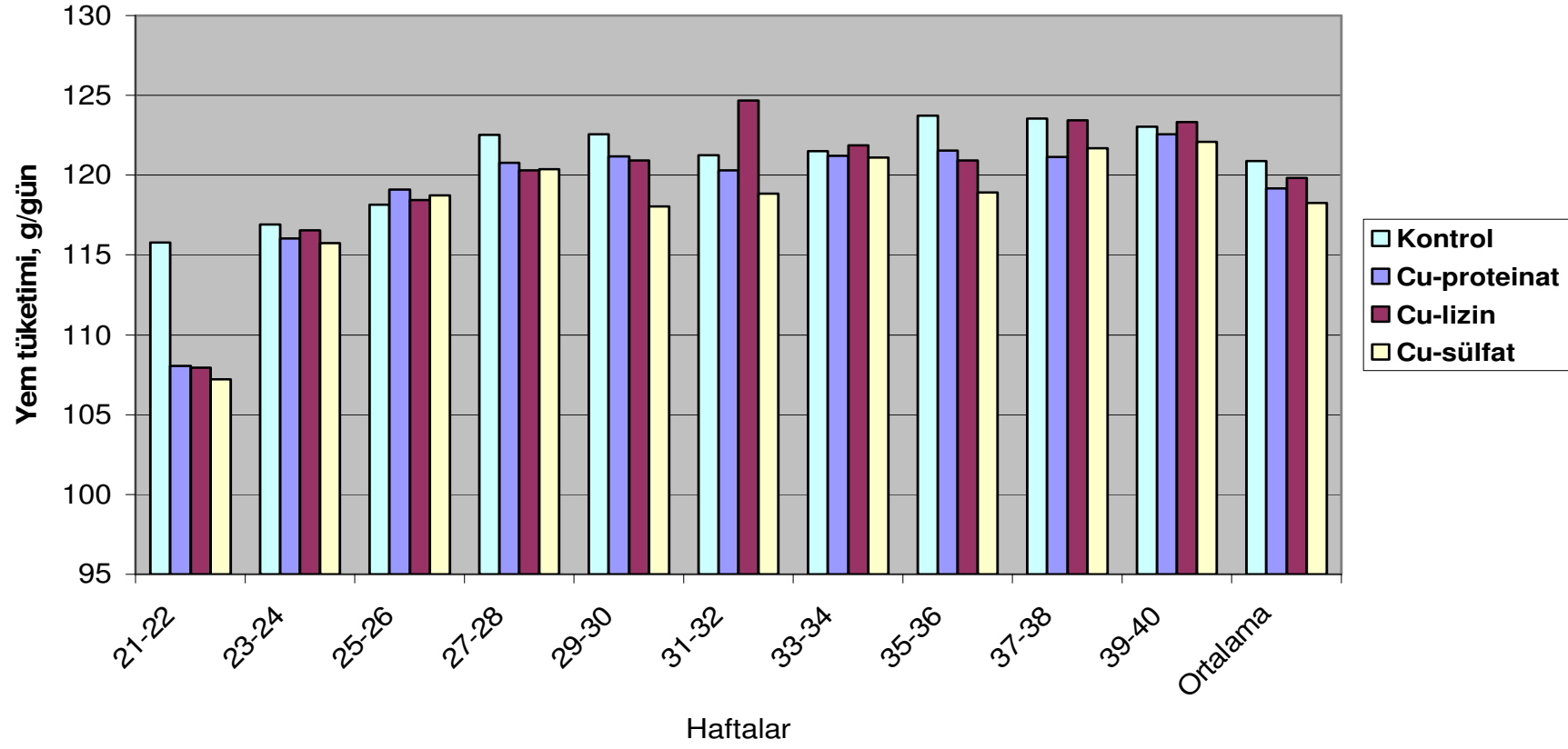
(\*\*\*): p < 0.001

**Tablo 4-17: Dışkı Bakır Miktarları, µg/g (KM)**

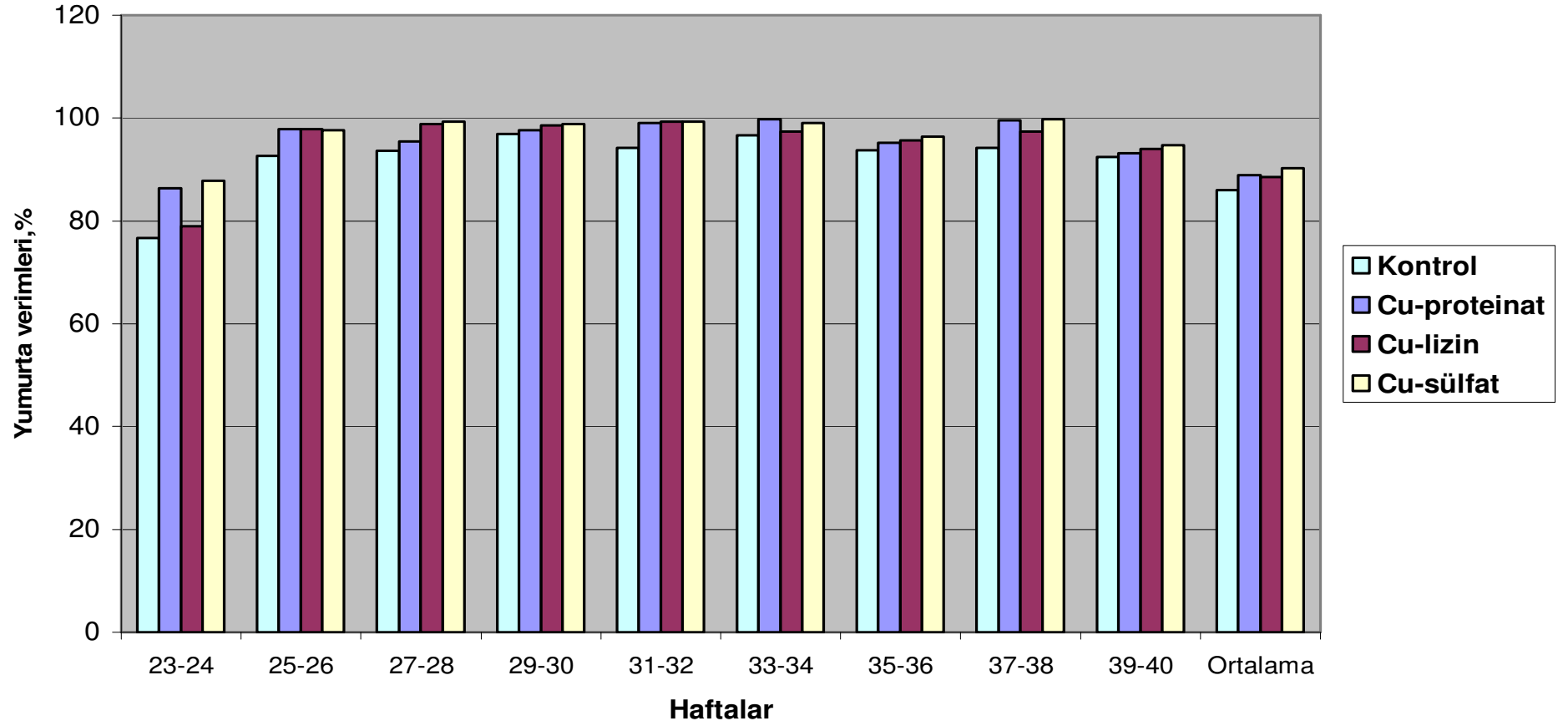
Hafta	GRUPLAR								P
	Kontrol		Cu-Proteinat		Cu-Lizin		Cu-Sülfat		
	X	Sx	X	Sx	X	Sx	X	Sx	
40	95,20 <sup>c</sup>	3,58	729,23 <sup>a</sup>	86,42	435,77 <sup>b</sup>	40,71	389,44 <sup>b</sup>	34,54	0,001***

<sup>a,b,c</sup>: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir, (p<0,05).

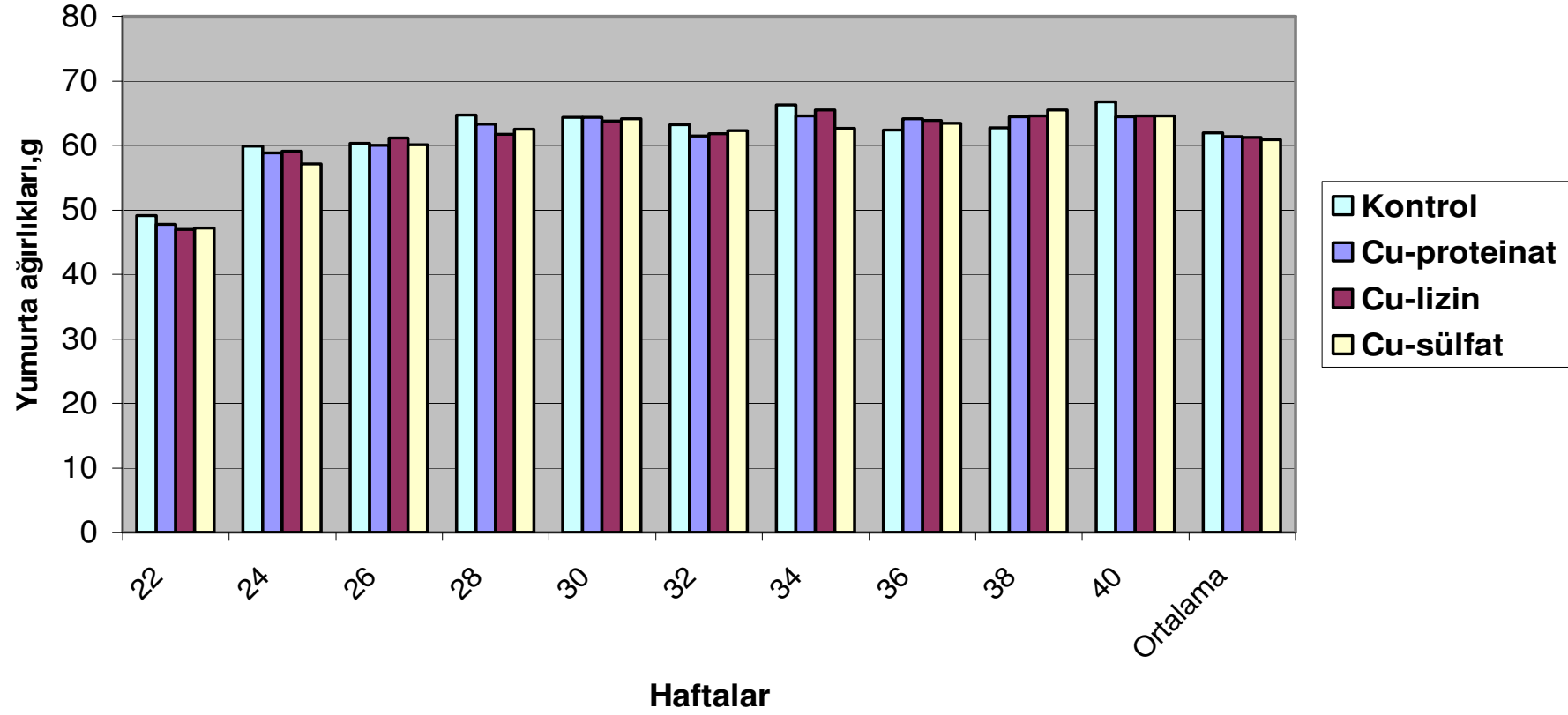
(\*\*\*): p < 0.001



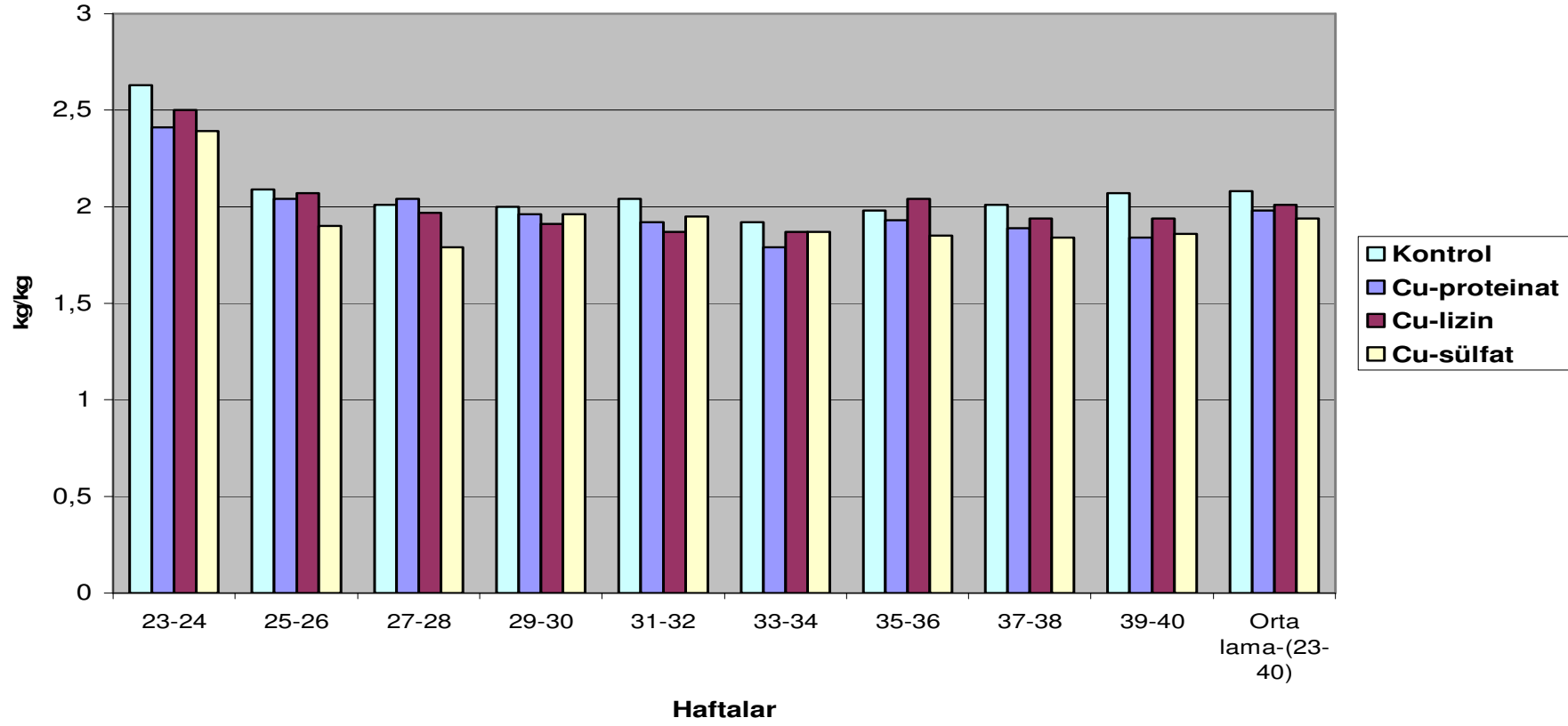
Şekil 4-1: Yem tüketimleri, g/gün.



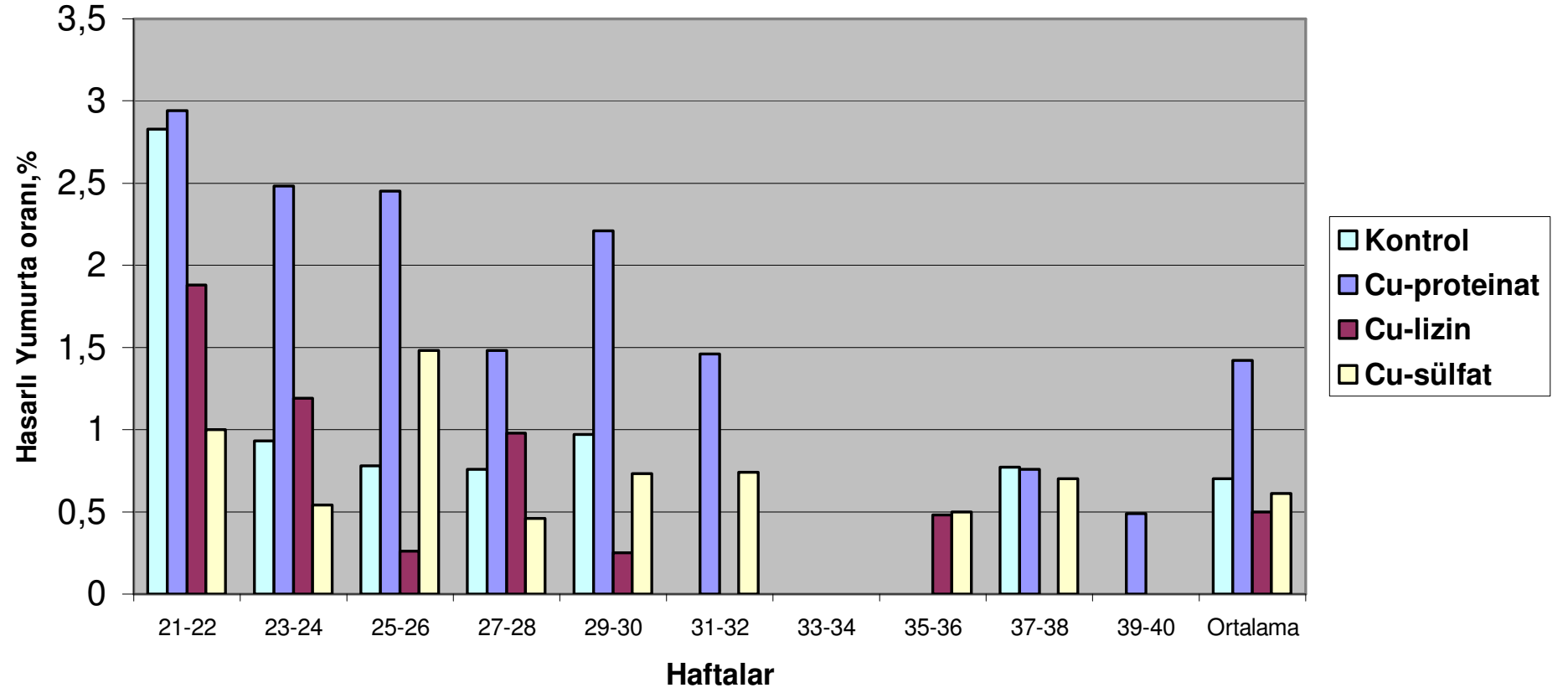
Şekil 4-2: Yumurta verimleri, %.



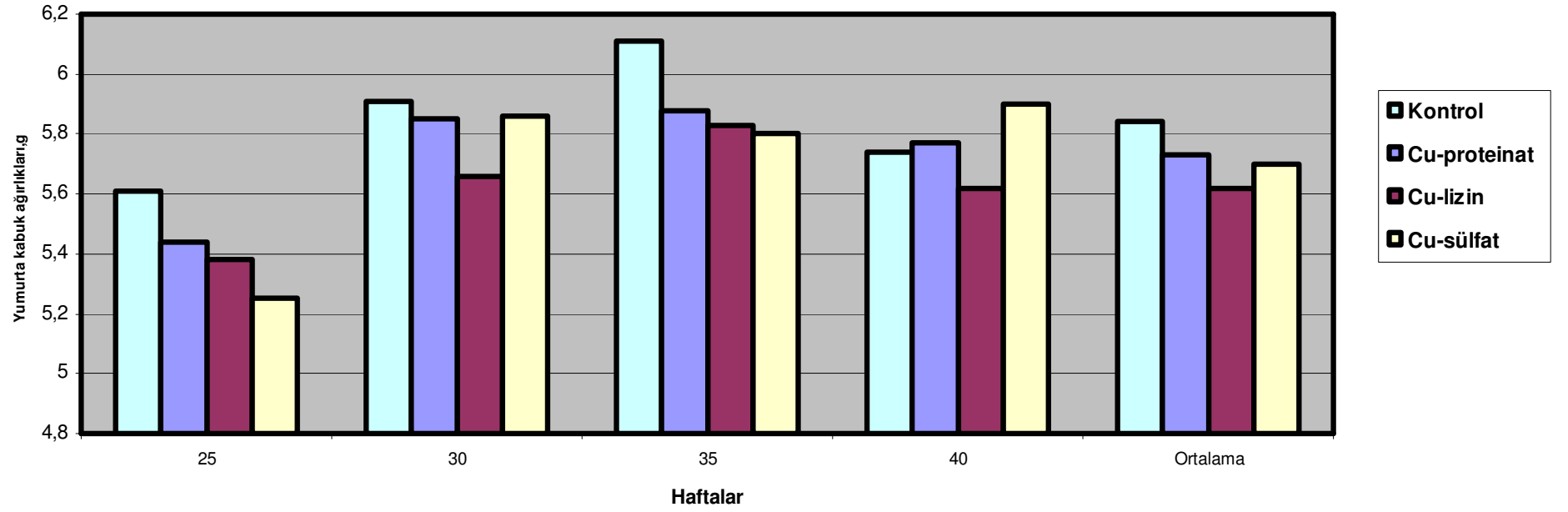
Şekil 4-3: Yumurta ağırlıkları, g.



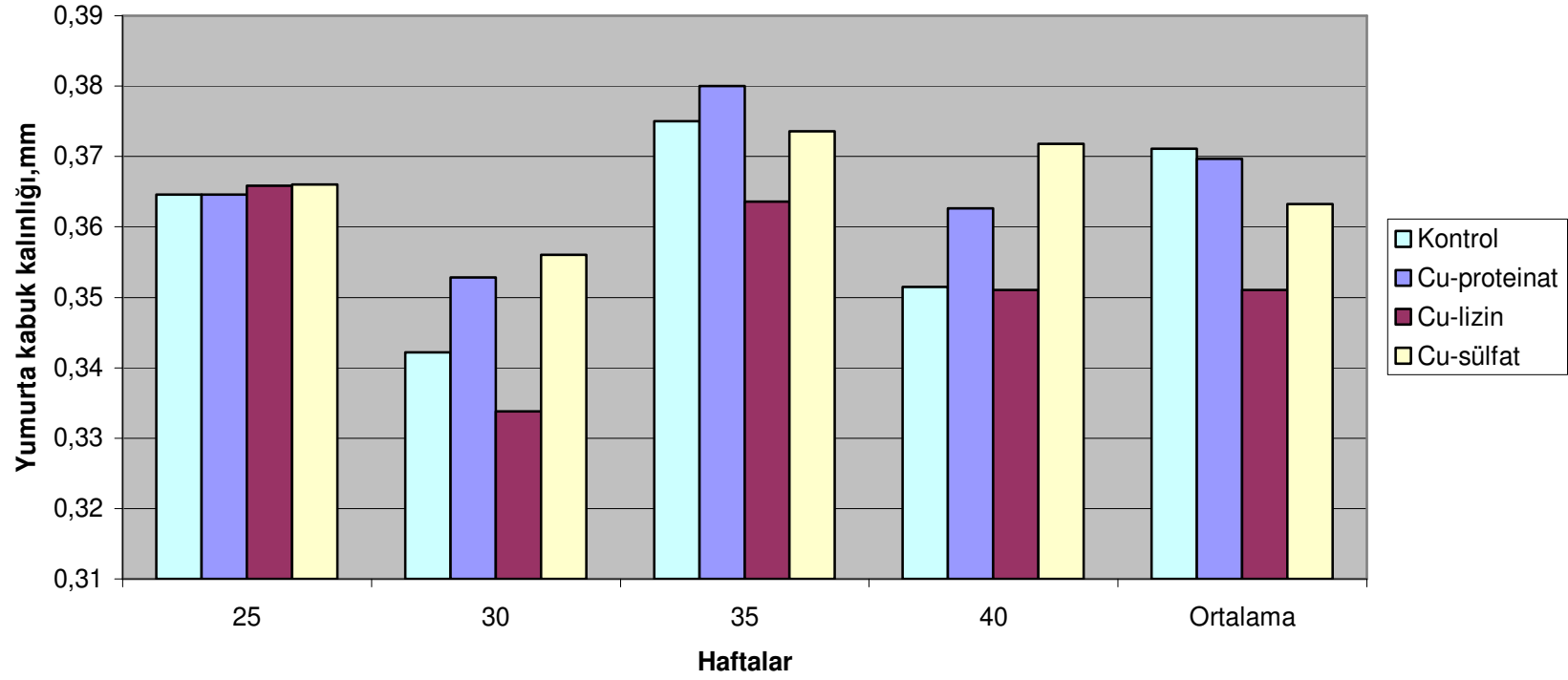
Şekil 4-4: Yemden yararlanma oranları, kg yem/kg yumurta.



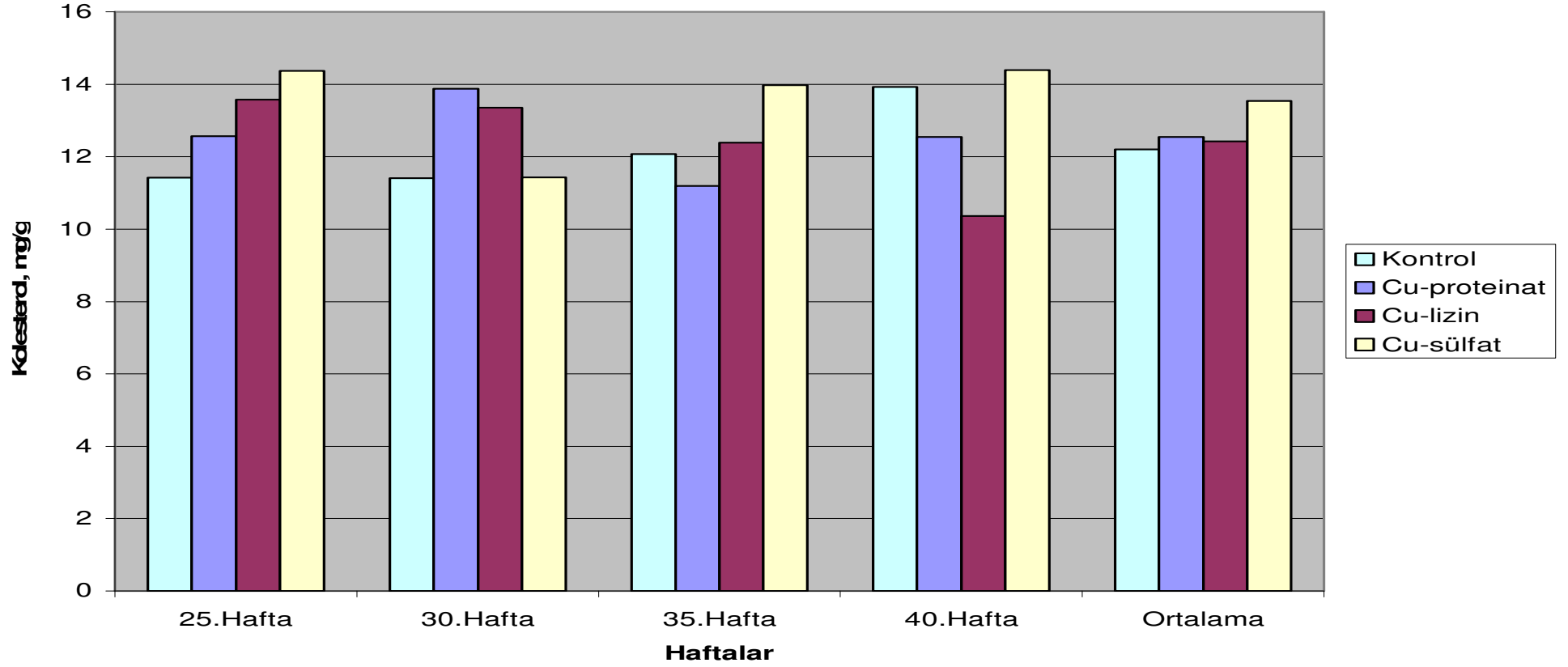
Şekil 4-5: Hasarlı yumurta oranları, %.



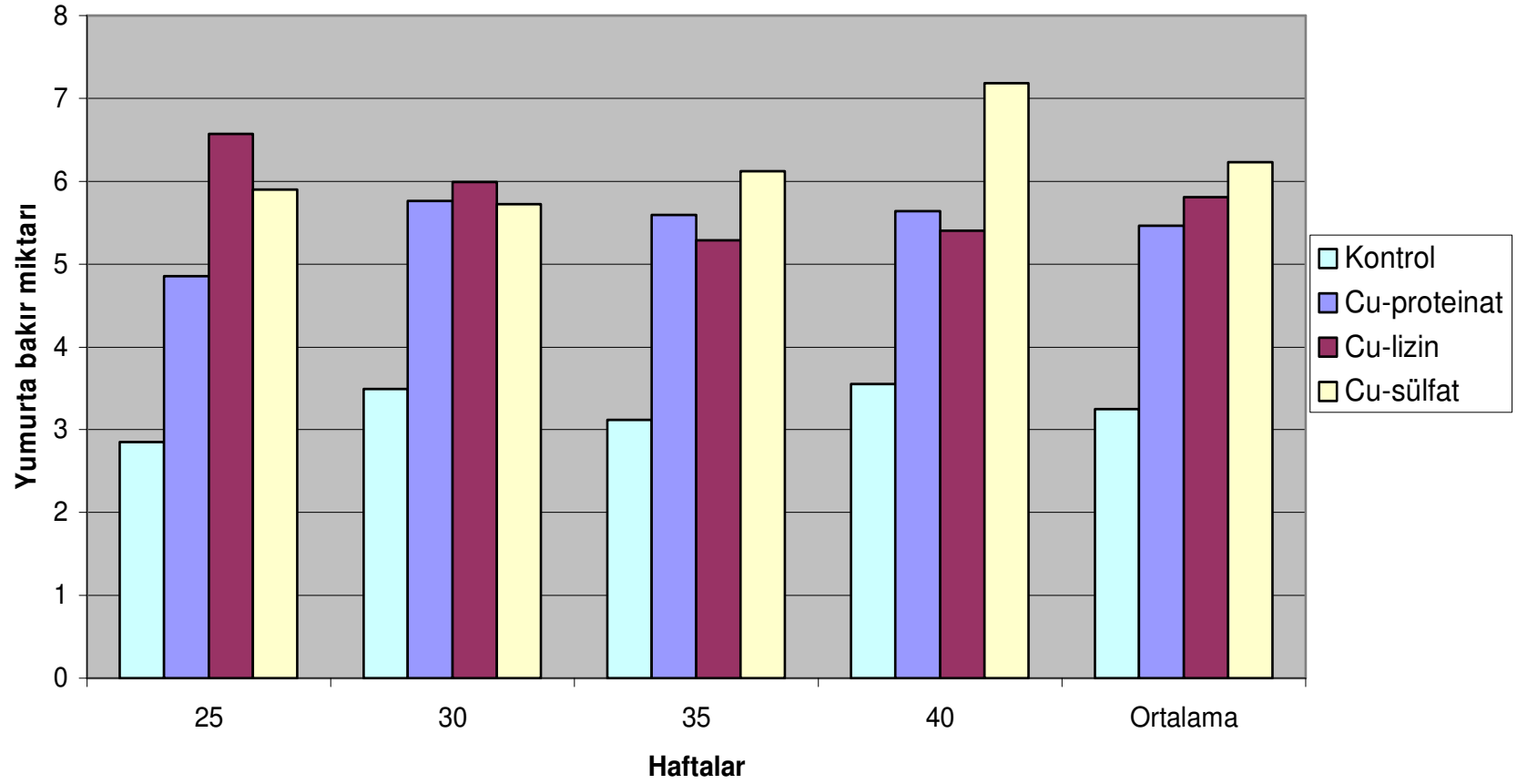
Şekil 4-6: Yumurta kabuk ağırlıkları, g.



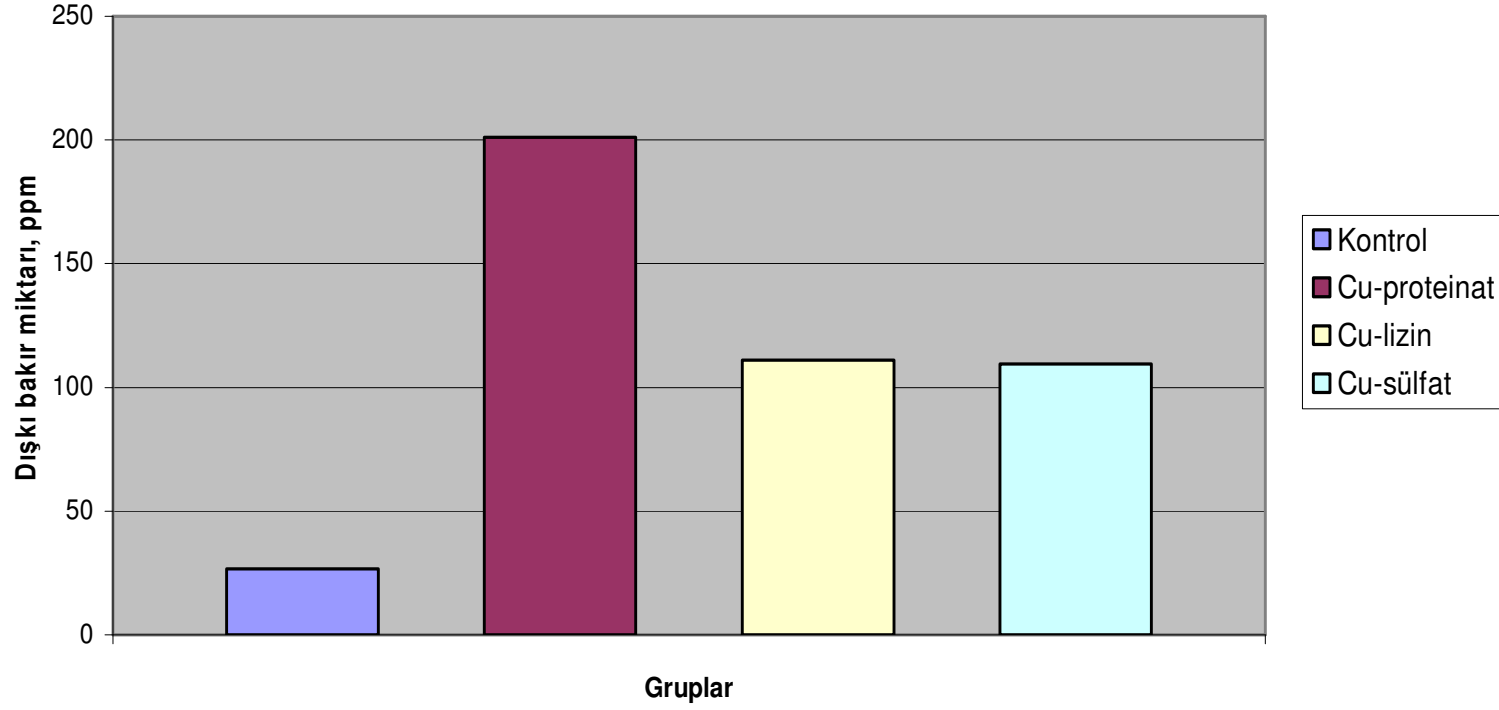
Şekil 4-7: Yumurta kabuk kalınlıkları, mm.



Şekil 4-8: Yumurta sarısı kolesterolü, mg/g.



Şekil 4-9: Yumurta bakır konsantrasyonları, µg/g.



Şekil 4-10: Dışkı bakır miktarları,  $\mu\text{g/g}$  (Doğal halde).

## 5. TARTIŞMA

### 5.1. Yem Tüketimi

Araştırma sonucunda 21.-40. hafta yaşlar arası ortalama yem tüketimlerinin Cu-sülfat ve Cu-proteinat gruplarında kontrole göre istatistik önemde azaldığı (Şekil 4.1) saptanmıştır.

Ankari ve ark. (1998), 25 haftalık yaştaki yumurta tavuğu rasyonuna bakır sülfat ve bakır asetat kaynaklı 0, 50, 150 ve 250 mg/kg bakır ilavesinin yumurta verimi ve yumurta sarısı kolesterolü ile serum kolesterolüne etkisini inceledikleri çalışmalarında, kullanılan bakır kaynakları ve düzeyleri arasında yem tüketimleri bakımından bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Bu sonuca göre, rasyona bakır ilavesinin yemin lezzetini değiştirmedini ifade etmişlerdir.

Banks ve ark. (2004), rasyona farklı bakır kaynakları ilavesinin broyler ve yumurta tavuklarında fosfor retensiyonu üzerine etkisini inceledikleri iki ayrı deneme yapmışlardır. Yumurta tavukları ile yapılan denemede, rasyona bakır sülfat, bakır klorit, tribazik bakır klorit ve bakır lizin kaynaklı 250 mg/kg bakır ilave edilmiştir. Bu çalışmada, 250 mg/kg tribazik bakır klorür kaynaklı bakır alan grupta yem tüketimi, kontrol ve bakır klorür alan gruplara göre önemli derecede düşmüştür ( $p<0,05$ ). Cu-sülfat ve Cu-lizin gruplarında ise, istatistik önemde olmamakla birlikte kontrol grubuna göre yem tüketiminde düşüş olduğu gözlenmiştir.

Chiou ve ark. (1997), 28 haftalık yaştaki yumurta tavuğu rasyonuna 0, 200, 400, 600 veya 800 mg / kg bakır sülfat kaynaklı bakır ilavesinin zehirlilik, doku, yumurta ve dışkıda birikim oranlarını inceledikleri çalışmalarında, yem tüketiminin rasyon bakır miktarından etkilendiğini bildirmişlerdir. Bu sonuç, yeme 200 ppm'in üzerinde bakır katılmasının yem tüketimini düşürdüğü ve bunun da NRC (1994)'ün tavuklar için verdiği maksimum tolere edilebilir doz olan 300 ppm düzeyi ile uyum içinde olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Bunun nedeni olarak da bakırın güçlü bir oksidan olması

dolayısı ile taşlık ve ağız boşluğunda erozyona yol açabileceği ve buna bağlı olarak da yem tüketimini baskılayabileceği gösterilmiştir. Ancak 600 mg/kg ve üzeri düzeylerde yem tüketiminin azaldığını bildirmişlerdir. Her ne kadar yüksek düzeyde bakırın bu etkiyi nasıl meydana getirdiği bilinmese de, ya bakır sülfattan ayrılan bakır veya sülfatın tek tek asidik tabiatı dolayısı ile ya da her ikisinin birden asidik etkisinden meydana geldiği tahmin edilmektedir.

Pesti ve Bakalli (1998), 30 ve 31 haftalık yaştaki yumurta tavuklarıyla yaptıkları çalışmada, yeme 0, 125 ve 250 mg/kg bakır sülfat kaynaklı bakır eklenmesinin etkilerini, aynı anda yürüttükleri iki ayrı denemede incelemişlerdir. Denemelerden birinde, rasyona 250 mg/kg bakır eklendiğinde, yem tüketiminde kontrol grubuna göre istatistik önemi olmayan bir artış saptanırken; diğesinde, denemenin 5.-8. haftaları arasında yem tüketiminin, 250 mg/kg bakır alan grupta kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde düştüğü ( $p < 0,05$ ) öne sürülmüştür.

Paik ve ark (1999),  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  ve metiyoninin reaksiyonu sonucu Cu-metiyonin elde etmişler ve bu nedenle de Cu-metiyoninin, bakır sülfattan kaynaklanan tüm asidik yapıyı taşıyabileceğini ve buna bağlı olarak da taşlık erozyonuna neden olabileceğini bildirmişlerdir. Bunun sonucu yaptıkları çalışmada da Cu-metiyoninin taşlık erozyonuna neden olduğunu ispatlamışlardır. Ancak Chowdhury ve ark (2004), broyler rasyonuna aynı şekilde elde edilen Cu-metiyonin şelatı ilavesinin 200 ppm'e kadar katılmasının taşlık erozyonuna neden olmadığını bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada ise yem tüketimi organik kaynaklardan biri olan Cu-proteinat grubunda da Cu-sülfat grubunda olduğu gibi kontrole göre düşük bulunmuştur. Bunun nedeni olarak Paik ve ark (1999)'nın belirttiği şekilde asidik yapının korunması gösterilebilir. Ancak çalışmada gene organik kökenli bir mineral olan Cu-lizin grubunda ise yem tüketimi kontrole göre farklı bulunmamıştır. Cu-lizin için bulunan bu sonuç ise Banks ve ark (2004)'nın bildirdiği sonuç ile benzerlik göstermektedir.

Yapılan çalışmada, rasyona bakır katkısına piliçler 16 haftalık yaşta iken, yem tüketimi verilerininin kaydedilmesine ise, yumurta veriminin başlangıcı olan 21. haftadan itibaren başlamıştır. Yem tüketimine ilişkin, 16.-21. hafta yaşlar arasında veri bulunmamakla birlikte, 21.-22. haftada bakır verilen tüm gruplarda yem tüketimlerinin

kontrole göre önemli düzeyde ( $p<0,01$ ) düşük bulunması, yeme yüksek miktarda bakır katılmasının yumurta veriminin başlamasından önceki dönemde yem tüketiminde düşüğe neden olduğunu göstermektedir. Yem tüketimi değerlerinin, 23.-24. haftadan itibaren bakır alan gruplarda artarak kontrol grubuna yaklaşması, artan yumurta verimi ile birlikte besin maddeleri ve enerji gereksinmesinin de artmasına bağlanabilir. Sonuç olarak, bakırın yüksek düzeyde yeme katılmasının, kısa vadede yem tüketimini fazla etkilemediği, ancak yumurta veriminin pik dönemini içine alan 20 haftalık dönemde ise kaynak farklılığına bakılmaksızın yem tüketimini etkileyebildiğini göstermektedir.

## 5.2. Yumurta Verimi

Araştırmada 23.- 40. haftalar arası ortalama yumurta verimleri ele alındığında sadece Cu-sülfat grubunda yumurta veriminin kontrole göre istatistik olarak önemli oranda ( $p<0,05$ ) arttığı saptanmıştır (Şekil 4.2). Ancak, ikişer haftalık değerler göz önüne alındığında, bazı haftalarda da grupların yumurta verimleri arasında istatistik önemde farklılıklar gözlenmektedir. Özellikle yumurta veriminin en yüksek düzeye çıktığı 23.-24. hafta yaşlarda Cu-sülfat grubunun yumurta veriminin kontrol ve Cu-lizin gruplarından daha yüksek ( $p<0,01$ ) çıkmış olması, Cu-sülfatın yumurta pikine çıkışta olumlu bir etki yaptığını düşündürmektedir. Organik bakır kaynaklarının ise yumurta verimi üzerine ortalama değerler bakımından bir farklılık yaratmadığı belirlenmiştir.

Ankari ve ark. (1998), 25 haftalık yaştaki yumurta tavuğu rasyonuna bakır sülfat ve bakır asetat kaynaklı 0, 50, 150 ve 250 mg/kg bakır ilavesinin 28 günlük bir deneme süresinde yumurta verimini belirgin bir şekilde etkilediğini bildirmişlerdir ( $p<0,01$ ). Rasyona 250 mg/kg bakır ilavesinin yumurta verimini kontrol grubuna göre yaklaşık % 6 oranında azalttığını gözlemlemişlerdir ( $p<0,01$ ). Asetat kaynaklı bakırın yumurta verimini sülfata göre anlamlı düzeyde arttırdığı gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Bu bulgular yapılan çalışma ile uyumlu gözükmemektedir. Sözü edilen araştırmada, yumurta verimlerinin 28 gün gibi kısa bir sürede değerlendirmesi buna neden olarak gösterilebilir.

Balevi ve Coşkun (2004), 27 haftalık yaştaki yumurta tavuğu rasyonuna sırası ile 0, 50, 100, 150 ve 200 mg/kg bakır sülfat pentahidrat kaynaklı bakır ilavesi ile 90 gün boyunca kontrol grubunda yumurta verimi günlük hayvan başı % 86,87 olurken 200 mg/kg bakır alan grupta bu değer % 86,28 olmuştur. Bu sonuçlara bakarak rasyona bakır ilavesinin yumurta verimi üzerine belirgin bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

Chiou ve ark. (1997), 28 haftalık yaştaki yumurta tavuğu rasyonuna 0, 200, 400, 600 veya 800 mg/kg bakır sülfat kaynaklı bakır ilavesi ile yaptıkları çalışmalarında yumurta verimleri sırası ile % 84,7 , % 87,3 , % 83,5 , % 43,3 ve % 28,5 olarak gerçekleşmiştir. Bu sonuçlara göre rasyona 200 mg/kg bakır ilavesi ile yumurta veriminin kontrol grubuna göre istatistik önemde arttığını öne sürmüşlerdir ( $p < 0,05$ ). Bunun tam tersi olarak 400 mg/kg düzeyinden itibaren yumurta veriminin belirgin olarak azaldığı saptanmıştır. Bu sonuçlara göre, düşük düzeyde bakırın yumurta tavuğu performansını olumlu etkilediğini, fakat bu etkinin ancak yemleme periyodu uzun olduğu zaman görülebildiğini ifade etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada da uzun bir yemleme periyodu sayılabilecek 20.-40. haftalar arasında yumurta verimlerinin Cu-sülfat grubunda benzer şekilde arttığı saptanmıştır. Bu sonuç da Chiou ve ark. (1997) nin tespiti ile uyum içerisinde gözükmektedir.

Lien ve ark. (2004), 45 haftalık yumurta tavuklarında (Leghorn) rasyona bakır ve krom ilavesinin yumurta verimi ve bazı serum parametrelerine etkisini incelemişlerdir. Sadece bakır verilen gruplarda (125 mg/kg ve 250 mg/kg bakır) yumurta verimleri, kontrol grubuna göre istatistiksel olarak bir farklılık göstermemiştir.

Mendonca ve ark. (1999), yaptıkları çalışmada yumurta tavuğu rasyonuna 400 mg/kg'a kadar bakır ilavesinin yumurta verimi üzerine belirgin bir etkisinin olmadığını; ancak 600 ve 800 mg/kg düzeylerinde yumurta veriminin belirgin olarak düştüğünü bildirmişlerdir.

Pesti ve Bakalli (1998), 30 ve 31 haftalık yaştaki yumurta tavuklarında rasyona 0, 125 ve 250 mg/kg bakır sülfat kaynaklı bakır ilavesinin etkilerini inceledikleri iki ayrı çalışma yapmışlardır. Yapılan her iki çalışmanın ikinci 4 haftalık periyodunda, rasyonuna 250 mg/kg bakır ilave edilen gruplarda yumurta verimlerinin istatistik

önemde arttığı saptanmıştır ( $p<0,05$ ). Birinci çalışmada yumurta verimi kontrol grubunda % 86,8 iken 250 mg/kg bakır alan grupta % 91,8 olmuş; ikinci çalışmada ise, kontrol grubu % 90,7 iken 250 mg/kg alan grupta bu oran % 93,8'e çıkmıştır ( $p<0,05$ ). Pesti ve Bakalli (1998), bakır ve metiyoninin antagonist etkili olduğunu ve kendi hazırladıkları bazal rasyonda metiyonin düzeyinin 0,6 g/kg gibi yüksek bir düzeyde olmasının, bakırın yumurta verimini artırıcı etkisini belirginleştirdiğini öne sürmüşlerdir.

Bu araştırmada, Cu-sülfat dışında, diğer iki deneme grubunu oluşturan organik kökenli bakır kaynakları olan Cu-proteinat ve Cu-lizinin yumurta verimini artırmadığı saptanmıştır (Tablo 4.3). Rasyona profilaktik düzeyde bakır katılmasının performansa etkileri konusunda literatürde belirgin farklılıklar görülmektedir. Hem bakırın rasyona değişik düzeylerde katılması hem de mineral kaynaklarının farklı olması ayrıca belirlenemeyen stres veya subklinik hastalıklar gibi faktörler sonuçları değerlendirmeyi güçleştirmektedir. Ancak yapılan çalışma ile bakırın etkilerinin uzun süreli incelendiğinde daha net olarak ortaya çıktığı belirlenmiştir.

### 5.3. Yumurta Ağırlığı

Araştırmada yumurta ağırlıklarının Cu-sülfat grubunda kontrole göre istatistiksel olarak önemli oranda ( $p<0,05$ ) düşük olduğu saptanmıştır. Organik bakır kaynakları olan Cu-proteinat ve Cu-lizin gruplarında ise yumurta ağırlığı bakımından bir farklılığa rastlanmamıştır (Şekil 4.3).

Ankari ve ark. (1998), yumurta tavuğu rasyonuna 0, 50, 150 ve 250 mg/kg düzeyinde sülfat ve asetat kaynaklı bakır ilavesi yaptıkları çalışmalarında yumurta ağırlıklarını sırası ile 58,45 g; 59,20 g; 57,68 g; 59,18 g olarak bulmuşlardır. Bu sonuçlara göre sadece 150 mg/kg grubunda yumurta ağırlığının kontrol grubuna göre belirgin olarak düşük olduğu belirlenmişken, diğer gruplarda herhangi bir farklılığa rastlanmamıştır.

Lien ve ark. (2004) 45 haftalık yumurta tavukları ile yaptıkları çalışmalarında rasyona 125 ve 250 mg/kg bakır ilavesinin yumurta ağırlığı üzerine her hangi bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

Pesti ve Bakalli (1998) 30 ve 31 haftalık yaştaki yumurta tavuklarında rasyona 0, 125 ve 250 mg/kg bakır sülfat kaynaklı bakır ilavesinin etkilerini inceledikleri iki ayrı çalışmada da, bu düzeylerde bakır ilavesinin yumurta ağırlığı üzerine herhangi bir etkisinin olmadığını ifade etmişlerdir.

Yapılan bu araştırmada, tüm veri toplama döneminde Cu-sülfat grubunun yumurta ağırlığının kontrol grubuna göre düşük olması, bu grubun aynı dönemdeki yem tüketiminin düşük olmasına karşılık yumurta veriminin artmış olması ile ilişkilendirilebilir. Buradan da Cu-sülfat grubunda azalan yem tüketimine bağlı olarak besin maddesi ve enerji alımındaki azalma nedeni ile yumurta ağırlığı azalırken, genetik olarak yüksek miktarda yumurta veriminin devam etme eğiliminde olduğu anlaşılmaktadır.

#### **5.4. Yemden Yararlanma**

Araştırmanın veri toplama dönemlerinde elde edilen gruplara ait ortalama yumurta ağırlığı ve yem tüketimi verilerinden hesaplanan yemden yararlanma oranları, Cu-sülfat ve Cu-proteinat gruplarında, kontrole göre istatistik önemde yüksek, Cu-lizin grubu ile benzer bulunmuştur (Şekil 4.4).

Ankari ve ark. (1998), 25 haftalık yaştaki yumurta tavuğu rasyonuna bakır sülfat ve bakır asetat kaynaklı 0, 50, 150 ve 250 mg/kg bakır ilave etmişlerdir. Kontrol ve deneme gruplarında yemden yararlanma oranları sırası ile 2,435; 2,476; 2,649; 2,636 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre bakır kaynağına bakılmaksızın 150 mg/kg ve 250 mg/kg bakır alan gruplarda yemden yararlanmanın belirgin olarak ( $p<0,05$ ) kötüleştiği görülmektedir. Bakır kaynaklarına göre yemden yararlanma ise bakır sülfat ve bakır asetat alan gruplarda sırası ile 2,610 ve 2,488 olmuştur.

Bu sonuçlara göre bakır asetat kaynaklı bakır alan grupta yemden yararlanmanın bakır sülfat kaynaklı bakır alan gruba göre belirgin olarak ( $p<0.05$ ) daha iyi olduğu bildirilmiştir.

Balevi ve Coşkun (2004), 27 haftalık yaştaki yumurta tavuğu rasyonuna sırası ile 0, 50, 100, 150 ve 200 mg/kg bakır sülfat pentahidrat kaynaklı bakır ilavesinin yemden yararlanma oranını etkilemediğini saptamışlardır.

Bu çalışmada, yemden yararlanma oranlarının Cu-sülfat ve Cu-proteinat gruplarında kontrole göre daha iyi olduğu bulgusu, 250 ppm düzeyinde bakırın bu kaynaklardan rasyona katılmasının yem tüketimini (Tablo 4.1) düşürüp yumurta verimini (Tablo 4.3) artırdığı bulguları ile örtüşmektedir. Cu-sülfat grubunun yumurta ağırlığının, kontrole göre istatistik önemde düşük olmasına karşılık, yumurta veriminin en yüksek olduğu grup olması nedeniyle yemden yararlanmanın fazla etkilenmediği anlaşılmaktadır. Cu-lizin grubunda ise kontrole göre bir iyileşme olmakla beraber istatistik önemde bir farklılık bulunmamıştır.

Elde edilen sonuçlara bakarak organik ve inorganik bakır kaynakları arasında, yumurta tavuklarının yemden yararlanmaları bakımından her hangi bir farklılık olmadığı söylenebilir.

### **5.5. Hasarlı Yumurta Oranı**

Lizil oksidaz enzimi bakır içeren bir enzimdir ve lizinin çapraz bağlı desmozin ve izodesmozine çevrilmesinde rol alır. Bu bileşiklerde kabuk oluşumunu sağlayan liflerin düzgün dağılımından sorumludur. Bakırın bu fonksiyonu nedeniyle, yumurta tavuklarında bakır eksikliği anormal yumurta kabuğu oluşumu ile sonuçlanmaktadır (Mabe ve ark. 2003).

Balevi ve Coşkun (2004) yumurta tavuğu rasyonlarına inorganik bir mineral olan Cu-sülfat kaynaklı 0, 50, 100 ve 200 mg / kg bakır ilave etmişler ve çalışma süresi olan 90 gün boyunca hasarlı yumurta oranları bakımından gruplar arasında her hangi bir farklılığa rastlanmadığını ifade etmişlerdir.

Bu araştırmada ise, ortalama hasarlı yumurta oranları bakımından sadece organik bir mineral olan Cu-proteinat verilen grupta diğer gruplara göre istatistik önemde ( $p<0,05$ ) bir artış saptanmıştır (şekil 4.5). Elde edilen bu sonuca göre, organik ve inorganik bakır kaynaklarının yumurta kabuğu sağlamlığına etkisi hakkında bir yorum yapmak mümkün olamamaktadır. Cu-proteinatın yumurta kabuk kalitesine olumsuz etkisi, üretimine bağlı, bilinmeyen bir nedenden kaynaklanabilir.

### **5.6. Yumurta zgl Ağırlığı**

Ankari ve ark. (1998) 25 haftalık yaştaki yumurta tavuğu rasyonuna bakır sülfat ve bakır asetat kaynaklı 0, 50, 150 ve 250 mg/kg bakır ilavesi yapmışlardır. Yapılan alışma sonunda kontrol ve deneme grupları arasında yumurta özgül ağırlığı bakımından her hangi bir farklılık bulunmamıştır. Ancak kullanılan bakır tuzlarından bakır asetatın, bakır sülfat alan gruba göre yumurta özgül ağırlığını belirgin ( $p<0,05$ ) olarak düşürdüğünü ifade etmişlerdir.

Bu araştırmada ise, rasyona organik ve inorganik kökenli 250 ppm bakır ilavesinin yumurta özgül ağırlığını istatistik önemde etkilemediği; bununla birlikte, tüm deneme gruplarında yumurta özgül ağırlığının kontrole göre düşük olduğu bulunmuştur (Tablo 4.6).

### **5.7. Yumurta Kabuk Ağırlığı**

Araştırma sonucunda yumurta kabuk ağırlıkları tüm deneme gruplarında kontrole göre azalmış ancak istatistiksel olarak önemli tek azalma Cu-lizin grubunda olmuştur (şekil 4.6). Yumurta tavuklarının yemine yüksek miktarda bakır katılmasının yumurta kabuk ağırlığına etkisini araştıran başka bir çalışmaya rastlanamamıştır. Bu çalışmada belirlenen yumurta kabuk ağırlığındaki azalma, yumurta ağırlıklarındaki azalmanın da bir nedeni olabilir.

### 5.8. Yumurta Kabuk Kalınlığı

Lien ve ark. (2004) 45 haftalık yumurta tavuklarında (Leghorn) yaptıkları çalışmada yumurta kabuk kalınlığının rasyona 125 ve 250 mg/kg bakır ilavesinden etkilenmediğini belirtmişlerdir. Griminger 1977'deki makalesinde (Kaynak: Mabe ve ark. 2003 pp. 1908 -1909) ise, rasyon bakır düzeyi 200 mg/kg'ın üzerine çıktığında yumurta kabuk kalınlığının azaldığını bildirmiştir.

Yapılan bu çalışmada, 25.- 40.hafta yaşlar arasında yumurta kabuğu kalınlıkları bakır lizin ve bakır sülfat alan gruplarda kontrole göre istatistiksel olarak belirgin bir azalma ( $p<0,001$ ) göstermiştir (Şekil 4.7). Bakır kaynakları arasında kabuk kalınlığı bakımından en büyük azalmanın ise organik bir mineral olan bakır lizin alan grupta olduğu belirlenmiştir. Cu-lizin verilen grubun yumurta kabuk ağırlığının da diğer gruplara göre düşük olması, bu katkı maddesinin yumurta kabuğu oluşumu üzerine olumsuz bir etkisi olduğunu göstermektedir. Ancak, hasarlı yumurta oranının farklı olmaması bir çelişki olarak dikkat çekmektedir.

### 5.9. Canlı Ağırlık Düzeyleri

Ankari ve ark. (1998) 25 haftalık yaştaki yumurta tavuğu rasyonuna bakır sülfat ve bakır asetat kaynaklı 0, 50, 150 ve 250 mg/kg bakır ilave etmişlerdir. Bakır sülfat ilave edilen deneme grupları ile kontrol grubu arasında canlı ağırlık bakımından herhangi bir farklılık bulunmamıştır. Ancak bakır sülfat grubunun canlı ağırlığı bakır asetat alan gruba göre düşük bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Balevi ve Coşkun (2004) 27 haftalık yaştaki yumurta tavuğu rasyonuna 0, 50, 100, 150, 200 mg/kg bakır sülfat pentahidrat kaynaklı bakır ilave etmişlerdir. Tavukların gruplara göre canlı ağırlıkları 90 gün sonunda sırası ile 1878; 1865; 1860; 1878; 1848 g olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre canlı ağırlık bakımından gruplar arasında istatistik önemde bir farklılığın olmadığı bildirilmiştir.

Chiou ve ark. (1997) yumurta tavuğu rasyonlarına bakır sülfat kaynaklı yüksek miktarda bakır katılmasının performans ile yumurta ve dışkıda bakır birikimini inceledikleri bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada 0, 200, 400, 600, 800 mg/kg bakır verilen gruplarda 4 hafta sonunda canlı ağırlık değerleri sırası ile 1384; 1414; 1427; 1313; 1395 g olarak gerçekleşmiştir. Bu sonuçlara göre sadece 600 mg/kg bakır verilen grupta canlı ağırlığın kontrol grubuna göre belirgin ( $p<0,05$ ) olarak düştüğü belirtilmiştir. Canlı ağırlıktaki bu azalma, azalan yem tüketimine bağlanmıştır.

Pesti ve Bakalli (1998) 30 ve 31 haftalık yaştaki yumurta tavuklarında rasyona 0, 125 ve 250 mg/kg bakır sülfat kaynaklı bakır ilavesi yaptıkları çalışmalarında, dört veya sekiz hafta sonunda canlı ağırlık bakımından gruplar arasında istatistik önemde bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir.

Bu araştırmada yeme 250 ppm düzeyinde organik ya da inorganik kaynaklı bakır ilavesinin yumurta tavuklarının canlı ağırlığı üzerine bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Tablo 4.9). Ergin tavuklarla yapılan bu çalışmada, yeme 250 ppm düzeyinde bakır ilavesinin, çalışmadan beklenen olumlu etkilerin yanı sıra canlı ağırlıkta olumsuz bir etki göstermemiş olması bakımından önemlidir. Çünkü ergin canlı ağırlık düzeyinin altına inilmesi hayvanın verim performansını da düşürecektir.

### **5.10. Yumurta Sarısı Kolesterolü**

Hiperkolesterolemi'nin bakır eksikliğinin iyi bilinen bir belirtisi olduğu bilinmektedir. Yapılan bir çalışmada bu tür rasyonların hiperkolesterolemiye neden olduğu belirtilmiştir (Pesti ve Bakalli 1998). Özellikle bakır sülfatın büyüme ilerletici olarak kullanılmaya başlanmasından sonra bu bileşiğin lipid metabolizmasına olan etkisi de incelenmeye başlanmıştır. Ayrıca bakır eksikliği çeken ratlarda hiperkolesteroleminin geliştiği de bilinmektedir. Buna neden olarak da bakırın karaciğerde hepatik glutasyon konsantrasyonunu düşürmesi gösterilmektedir (Kim ve ark. 1992; Bakalli ve ark. 1995; Ankari ve ark. 1998). Bakalli ve ark. (1995), broyler rasyonlarına 250 ppm bakır sülfat kaynaklı bakır katılmasının plazma ve göğüs kası kolesterolünü önemli oranda düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Ankari ve ark. (1998), 25 haftalık yaştaki yumurta tavuğu rasyonuna bakır sülfat ve bakır asetat kaynaklı 0, 50, 150 ve 250 mg/kg bakır ilavesi yapmışlardır. Kontrol ve deneme gruplarında yumurta sarısı kolesterolü sırası ile 9,75 mg/ml; 9,24 mg/ml; 8,83 mg/ml; 8,37 mg/ml olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre rasyona ilave edilen bakır miktarı arttıkça yumurta sarısı kolesterolünün önemli ölçüde ( $p<0,05$ ) düştüğü görülmektedir. Özellikle 250 mg/kg bakır verilen grupta yumurta sarısı kolesterolünün kontrol grubuna göre yaklaşık % 14 düzeyinde daha düşük olduğu bildirilmiştir. Bu düşüşün rasyon bakır miktarı arttıkça daha belirgin ( $p<0,01$ ) olduğu da bildirilmiştir. Yumurta sarısı kolesterolü 28., 56., ve 84. günlerde sırası ile 10,17 mg/ml; 9,12 mg/ml; 7,84 mg/ml olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlardan da yumurta sarısı kolesterolünün çalışma süresi ilerledikçe belirgin olarak ( $p<0,05$ ) düştüğü sonucuna varılmıştır.

Lien ve ark. (2004), 45 haftalık yumurta tavukları ile (Leghorn) yaptıkları çalışmalarında yumurta sarısı kolesterolünün rasyona bakır ve krom ilavesi ile etkilenip etkilenmediğini incelemiştir. Rasyonuna 250 mg / kg bakır sülfat kaynaklı bakır ilavesi ile yumurta sarısı kolesterolünün önemli derecede ( $p<0,01$ ) düştüğünü bildirmişlerdir. Yapılan denemede 0, 125 ve 250 mg/kg bakır alan gruplarda yumurta sarısı kolesterolü sırası ile 15,38 mg/g; 15,51 mg/g; 12,11 mg/g olarak bulunmuştur. Bu değerlerden de anlaşılacağı gibi yumurta sarısı kolesterolü 125 mg/kg bakır alan grupta bir azalma göstermemesine karşılık, 250 mg/kg bakır alan grupta önemli ölçüde ( $p<0,01$ ) düşüş göstermiştir. Yumurta sarısı kolesterolündeki bu azalmanın nedeni olarak, bakırın karaciğerde glutasyon oluşumunu azaltmasını göstermişlerdir. Glutasyon düzeyindeki bu düşüşün de, kolesterol sentezini uyaran 3-hidroksi-3-metilglutaril koenzim A redüktazın sentezini azaltmasına bağlamıştır. Konjufca ve ark. (1997) ise, rasyona bakır ilavesi ile kolesterol 7  $\alpha$  hidroksilaz enzimini artırıp bu şekilde kolesterolün metabolizmasını hızlandırarak yumurta sarısı kolesterolünü düşürdüğünü iddia etmişlerdir.

Pesti ve Bakalli (1998), 30 ve 31 haftalık yaştaki yumurta tavuklarında rasyona 0, 125 ve 250 mg/kg bakır sülfat kaynaklı bakır ilavesinin etkilerini inceledikleri iki ayrı çalışmadan birincisinde hem mg / yumurta sarısı olarak hem de mg / g yumurta sarısı olarak kolesterol düzeyinin 8 hafta sonra belirgin olarak düştüğünü ifade etmişlerdir ( $p<0,05$ ). Aynı şekilde yapılan ikinci çalışmada da, birinci çalışmaya benzer bir şekilde

yumurta sarısı kolesterolünün hem mg / g yumurta sarısı hem de mg / yumurta sarısı olarak belirgin olarak düştüğünü bildirmişlerdir ( $p<0,05$ ). Birinci çalışmada mg / yumurta sarısı olarak kolesterol düzeyleri kontrol, 125 ve 250 mg/kg bakır alan gruplarda sırası ile 192,9 mg; 153,8 mg ve 138,6 mg olarak gerçekleşmiştir. Yapılan ikinci çalışmada da bu değerler aynı sıra ile verildiğinde 176,24 mg; 123,18 mg ve 116,41 mg olmuştur. Birinci çalışmada mg/g yumurta sarısı olarak kolesterol değerleri kontrol grubunda 11,6 mg; 125 mg/kg bakır alan grupta 9,0 mg ve 250 mg/kg bakır alan grupta 8,0 mg olmuştur. Yapılan ikinci çalışmada da bu değerler aynı sıra ile 11,7 mg; 8,2 mg ve 7,7 mg olarak gerçekleşmiştir ( $p<0,05$ ). Elde edilen sonuçlara göre rasyona 125 mg / kg bakır ilavesi ile yumurta sarısı kolesterolünün belirgin olarak düştüğü (Yumurta sarısı kolesterolü her iki çalışmanın ortalaması alındığında 11,7 mg/g'dan 8,6 mg/g'a düşmüştür) belirlenmiştir. Rasyona 250 mg/kg bakır ilavesi ile de bu düşüşün devam ettiği ancak 125 mg/kg'a göre istatistiksel olarak önemli bir düşüş olmadığı da belirtilmiştir.

Yapılan bu araştırmada yumurta sarısı kolesterolü ortalama değerleri bakımından gruplar arasında bir fark bulunmamıştır (Şekil 4.8). Sadece 40.hafta yaşta Cu-lizin grubunda kontrole ve Cu-sülfat grubuna göre istatistiksel olarak önemli ( $p<0,05$ ) bir düşüş gerçekleşmiştir (Tablo 4.10). Yumurtanın kolesterol içeriğinin genetik faktörler, rasyon kompozisyonu, yetiştirme yoğunluğu, hayvanın yaşı ve medikal uygulamalar gibi faktörler tarafından etkilendiği çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. (Ankari ve ark. 1998; Pesti ve Bakalli 1998; Vorlova ve ark. 2001). Araştırma sonunda yumurta sarısı kolesterolü açısından gruplar arasında bir fark bulunmaması yukarıdaki faktörlerin bu çalışmada etkili olmadığını göstermektedir.

### **5.11. Yumurta Bakır Düzeyi**

Araştırmada farklı bakır kaynaklarının tüm yumurtanın bakır düzeyine etkisi incelenmiştir. Örnek alınan dönemlerin hepsinde yumurta bakır düzeyi tüm gruplarda kontrol grubundan önemli derecede yüksek; farklı bakır kaynakları verilen gruplar arasında benzer bulunmuştur (Şekil 4.9).

Ankari ve ark. (1998), 25 haftalık yaştaki yumurta tavuğu rasyonuna bakır sülfat ve bakır asetat kaynaklı 0, 50, 150 ve 250 mg/kg bakır ilavesi yaptıkları çalışmalarında, bakır kaynağına bakılmaksızın kontrol ve deneme gruplarında yumurta sarısı bakır miktarlarını sırası ile 4,335; 4,343; 4,480; 4,730 µg/g olarak saptamışlardır. Bu sonuçlara bakarak rasyona bu düzeylerde ve farklı bakır ilavelerinin yumurta sarısı bakır miktarı üzerine her hangi bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

Chiou ve ark. (1997) yumurta tavuğu rasyonuna 0, 200, 400, 600 ve 800 ppm bakır sülfat kaynaklı bakır ilave etmişler ve yumurta bakır konsantrasyonunun düzeye bağlı olarak lineer bir şekilde artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Pesti ve Bakalli (1998), 30 ve 31 haftalık yaştaki yumurta tavuklarında rasyona 0, 125 ve 250 mg/kg bakır sülfat kaynaklı bakır ilavesinin etkilerini inceledikleri çalışmalarında yumurta akı, sarısı ve kabuğunda bakır düzeylerinin arttığını saptamışlardır. Ancak bu artış sadece yumurta sarısı için istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Bir yumurta sarısındaki ortalama bakır miktarı kontrol, 125 mg/kg ve 250 mg/kg grupları için sırası ile 9,43 µg; 11,88 µg ve 13,87 µg olarak gerçekleşmiştir. Bu değerler arasındaki farklılıklar, bakır verilen gruplarla kontrol grubu arasında önemli; bakır verilen grupların kendi arasında önemsiz bulunmuştur. Kabuk hariç tüm yumurtada bakır düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Yumurta kabuğu da dâhil olmak üzere tüm yumurta ele alındığında, sırası ile 57,51 µg; 61,43 µg; 66,70 µg olarak saptanan bu değerler arasındaki farklar istatistik önemde bulunmamıştır.

Bu çalışmada, yem ile alınan bakırın esas olarak yumurta kabuğunda biriktiği dikkate alındığında, yüksek miktarda bakır verilen gruplarda toplam yumurta bakır düzeyinin kontrol grubundan yüksek bulunması beklenen bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte toplam yumurta bakır düzeyi üzerine bakır kaynakları arasındaki farklılıkların önemli olmadığı da belirlenmiştir.

## 5.12. Plazma Total Kolesterol, HDL Kolesterol, Trigliserit Düzeyleri

### 5.12.1. Plazma Total Kolesterol Düzeyi

Ankari ve ark. (1998) 25 haftalık yaştaki yumurta tavuğu rasyonuna bakır sülfat ve bakır asetat kaynaklı 0, 50, 150 ve 250 mg/kg bakır ilavesi yapmışlardır. Kullanılan bakır kaynakları ve miktarları arasında plazma kolesterol düzeyi yönünden her hangi bir etkileşim bulunmamıştır. Ancak miktar ve kaynaklar tek başına ele alındığında etki belirgin ( $p<0,05$ ) olmuştur. Bakır kaynağına bakılmaksızın kontrol ve deneme gruplarında elde edilen plazma total kolesterol değerleri sırası ile 189,67 mg/dl; 178,40 mg/dl; 170,12 mg/dl; 152,26 mg/dl olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre bakır miktarı 0'dan 250 mg/kg'a kadar arttıkça plazma total kolesterol miktarının % 20 kadar azaldığı ( $p<0,01$ ) bildirilmiştir. Buna neden olarak da yumurta sarısında olduğu gibi bakırın karaciğer glutasyon konsantrasyonunu düşürmesi ve buna bağlı olarak da kanda kolesterol miktarının azalmasını göstermişlerdir.

Lien ve ark. (2004) 45 haftalık yumurta tavukları ile yaptıkları çalışmalarında, rasyona 125 ve 250 mg/kg bakır ilavesinin serum total kolesterolünü belirgin olarak düşürdüğünü ( $p<0,05$ ) bildirmişlerdir. Kontrol, 125 mg/kg ve 250 mg/kg bakır sülfat kaynaklı bakır alan gruplarda serum total kolesterolü sırası ile 139,56 mg/dl; 117,50 mg/dl; 125,19 mg/dl olarak bulunmuştur.

Pesti ve Bakalli (1998), 30 ve 31 haftalık yaştaki yumurta tavukları ile rasyona 0, 125 ve 250 mg/kg bakır sülfat kaynaklı bakır ilavesi yaptıkları çalışmalarında plazma kolesterol düzeylerinin kontrole göre, yapılan her iki denemede de istatistiksel olarak önemli derecede ( $p<0,05$ ) düştüğünü bildirmişlerdir. Sonuç olarak bu çalışmada yumurta tavuğu rasyonuna bakır ilavesinin plazma total kolesterolünü düşürdüğü ancak 250 mg / kg bakır ilavesinin, 125 mg / kg düzeyine göre önemli bir farklılık oluşturmadığı saptanmıştır.

Yapılan bu çalışmada, 20. - 40. hafta yaşlar arasında ortalama plazma total kolesterol düzeyinin gruplar arasında herhangi bir farklılık oluşturmadığı; sadece 30.hafta yaşta Cu-proteinat grubunda kontrole göre istatistik önemde bir düşüş ( $p<0,05$ ) gösterdiği saptanmıştır (Tablo 4.12). Konjufca ve ark. (1997) kolesterol havuzunda meydana gelen hızlı değişimlere bağlı olarak plazma kolesterolünün sıklıkla değişimler gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu durum, bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla da desteklenmektedir.

### **5.12.2. Plazma HDL Kolesterol Düzeyi**

Lien ve ark. (2004) yaptıkları çalışmada yumurta tavuğu rasyonuna 125 ve 250 mg/kg bakır ilavesi ile serum HDL kolesterol düzeyinin istatistik önemde ( $p<0,001$ ) arttığını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada kontrol ve deneme gruplarında serum HDL kolesterol düzeyleri sırası ile % 65,91; % 74,52; % 72,91 olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada ise, plazma HDL kolesterol düzeyi sadece 30.haftada Cu-sülfat grubunda kontrole göre istatistik önemde ( $p<0,01$ ) bir artış göstermiş, diğer haftalarda ve ortalama değerde ise herhangi bir farklılığa rastlanmamıştır (Tablo 4.13). Bu sonuç, Lien ve ark. (2004)'ün sonuçları ile uyum göstermemektedir. Buna neden olarak, Lien ve ark.'nın yaptıkları çalışmada hem farklı yaşda (45 haftalık) tavuk kullanılması hem de daha kısa süre ile (28 gün) çalışmaları gösterilebilir.

### **5.12.3. Plazma Trigliserit Düzeyi**

Ankari ve ark. (1998) 25 haftalık yaştaki yumurta tavuğu rasyonuna bakır sülfat ve bakır asetat kaynaklı 0, 50, 150 ve 250 mg/kg bakır ilavesinin plazma trigliserit düzeyine etkisini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada kaynağına bakılmaksızın rasyona bakır ilavesinin plazma trigliserit düzeyini belirgin olarak ( $p<0,05$ ) düşürdüğü belirlenmiştir. Kontrol ve deneme gruplarında plazma trigliserit düzeyleri sırası ile 68,76; 64,79; 60,30; 52,47 mg/dl olarak gerçekleşmiştir. Bu da, 250 mg/kg bakır alan grupta plazma trigliserit düzeyinin kontrol grubuna göre yaklaşık % 24 daha düşük ( $p<0,05$ ) olduğunu göstermektedir. Ancak bakır sülfat ve bakır asetat arasında plazma trigliserit düzeyi bakımından her hangi bir farklılık bulunmamıştır.

Lien ve ark. (2004), yaptıkları çalışmada yumurta tavuğu rasyonuna 125 ve 250 mg/kg bakır ilavesi ile serum trigliserit düzeyinin düşüş eğilimine girdiğini ancak istatistik önemde bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Yapılan denemede kontrol ve deneme gruplarında serum trigliserit düzeyleri sırası ile 1637,44; 1453,88; 1498 mg / dl olarak bulunmuştur. Düşüş eğilimine neden olarak da bakırın karaciğer lipojenik enzim aktivitesi ve lipit sentezini uyaran estradiol düzeyini düşürmesini göstermiştir.

Yapılan bu çalışmada, plazma trigliserit düzeyi 25.haftada Cu-sülfat, 35.haftada ise Cu-proteinat grubunda kontrole göre istatistik olarak anlamlı ( $p<0,05$ ) bir düşüş göstermiş, diğer ölçüm dönemlerinde ve tüm dönemin ortalamasında ise herhangi bir farklılığa rastlanmamıştır (Tablo 4.14). Organik kökenli minerallerin, 20.-40. hafta yaşlar arasında plazma trigliserit düzeyine bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Konjufca ve ark. (1997) rasyona bakır ilavesinin yağ asiti sentezini azalttığını ve buna bağlı olarak da trigliserit sentezinin de azaltılabileceğini belirtmişler, ancak broylerlerde yaptıkları çalışmalarında plazma trigliserit düzeyinin değişmediğini bildirmişlerdir. Konjufca ve ark (1997) ile Lien ve ark. (2004)'ün bulguları bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

### **5.13. Plazma Glutasyon Peroksidaz Düzeyi**

Bakalli ve ark. (1995), rasyona yüksek düzeyde bakır ilavesinin hepatik glutasyon oluşumunu azalttığını ve buna bağlı olarak da kolesterol oluşumunun azaldığını bildirmişlerdir. Broylerlerde yapılan çalışmada rasyona 250 ppm bakır sülfat kaynaklı bakır ilave edilmiş ve kan GSH düzeyi 216,09 mg/100 ml den 131,05 mg/100 ml' e düşmüştür. Kan glutasyon düzeyindeki bu düşüşün rasyona yüksek düzeyde bakır ilavesi ile oluştuğu ve bununla HMG-CoA redüktaz aktivitesini azalttığı ve buna bağlı olarak da kolesterol sentezinin azaldığını bildirmişlerdir.

Bu araştırmada, yeme yüksek düzeyde katılan organik ve inorganik bakır kaynaklarının, yumurta tavuklarında plazma glutasyon peroksidaz enzimi düzeyi üzerine etkisi de incelenmiştir.

Örnek alınan haftalara ait plazmalarda yapılan analiz sonuçlarına göre, bakır verilen gruplarda plazma enzim düzeyi genel olarak kontrol grubundan düşük bulunmuş, sadece 40.hafta yaştaki değerlerin istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Ancak, tüm deneme ortalaması dikkate alındığında, plazma enzim düzeyinin yeme bakır ilavesinden etkilenmediği görülmektedir. Bu durum, Bakalli ve ark. (1995)'nin verileri ile çelişkili görünmekle birlikte; çalışmada elde edilen plazma ve yumurta kolesterol düzeylerinin yapılan uygulamadan etkilenmemesi nedeniyle, bu üç sonucun uyum içerisinde olduğu söylenebilir.

#### **5.14. Dışkı Bakır Düzeyleri**

Chiou ve ark. (1997) yumurta tavuğu rasyonlarına bakır sülfat kaynaklı yüksek miktarda bakır katılmasının performans ile yumurta ve dışkıda bakır birikimini inceledikleri bir çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışmada 0, 200 mg/kg, 400 mg/kg, 600 mg/kg, 800 mg/kg alan gruplarda dışkı bakır miktarları sırası ile 101 mg/kg, 724 mg/kg, 1503 mg/kg, 1931 mg/kg, 2444 mg/kg olarak gerçekleşmiştir. Bu sonuçlara göre rasyona bakır ilavesinin kontrol grubuna göre dışkı bakır içeriğini önemli ölçüde ( $p<0,05$ ) artırdığı bildirilmiştir. Bu sonucun, hayvanda bağırsaklardan bakır emilimini sınırlandıran bir bariyer mekanizması olmasına ya da böbreklerden bakırın ekskresyonunun artmasına bağlı olduğu bildirilmiştir.

Pesti ve Bakalli (1998) 30 ve 31 haftalık yaştaki yumurta tavuklarında rasyona 0, 125 ve 250 mg/kg bakır sülfat kaynaklı bakır ilavesi yaptıkları çalışmalarında, yumurtada çok az miktarda bakır birikmesine karşılık, dışkıda bakır miktarının önemli derecede ( $p<0,05$ ) yükseldiğini bildirmişlerdir. Gruplarda dışkı bakır miktarları kuru maddede sırası ile 35,7 µg/g; 539,9 µg/g; 937,4 µg/g olarak bulunmuştur.

Yapılan bu çalışmada, bakır verilen gruplarda dışkı bakır miktarları kontrole göre istatistik önemde ( $p<0,001$ ) artış göstermiştir. Ancak organik kökenli bir mineral olan bakır proteinat verilen grupta dışkı bakır miktarı hem diğer bakır kaynaklarına hem de kontrole göre en fazla artışı göstermiştir. Yumurta tavuklarında yemle alınan bakırın vücuttan atılışının yumurta ve dışkı yoluyla olması nedeniyle, çalışmada saptanan dışkı bakır miktarındaki artış beklenen bir sonuçtur.

Sonuç olarak, yumurta tavuğu rasyonuna biri inorganik (Cu-sülfat) ikisi organik kökenli (Cu-proteinat ve Cu-lizin) 250 ppm bakır katılmasının performans ile yumurta sarısı kolesterolü ve bazı kan parametreleri üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada; Cu-sülfat grubunda yem tüketimlerinin düştüğü, yumurta veriminin arttığı, yumurta ağırlıklarının ve yumurta kabuk kalınlığının azaldığı, yemden yararlanmanın arttığı belirlenmiş; Cu-lizin grubunda, yumurta kabuk kalınlığı ve ağırlığının kontrole göre belirgin olarak düşük olduğu saptanmış; Cu-proteinat grubunda yem tüketimi düşerken, yemden yararlanmanın ve hasarlı yumurta oranının arttığı görülmüştür. Deneme gruplarında, ortalama plazma total kolesterolü, HDL kolesterolü, trigliserit ve glutasyon peroksidaz (GSH-Px) düzeyleri bakımından kontrole göre istatistik olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Aynı şekilde canlı ağırlık, yumurta özgül ağırlığı ve yumurta sarısı kolesterolü düzeylerinin de, bakır kaynağına bakılmaksızın tüm deneme ortalaması dikkate alındığında, değişiklik göstermediği belirlenmiştir. Yumurta ve dışkı bakır miktarlarının ise kaynak farkı olmaksızın arttığı saptanmıştır. Dışkı bakır miktarının Cu-proteinat grubunda, diğer iki deneme grubuna göre daha fazla arttığı da görülmüştür. Belirtilen bulgular ışığında, hem organik kökenli hem de inorganik kökenli bakırın 250 ppm düzeyinde yeme katılmasının yumurta sarısı ve plazma kolesterolü üzerine bir etkisinin bulunmadığı, performansı arttırmada Cu-sülfatın organik kaynaklara göre daha etkili olabileceği sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKLAR

AAFCO (1998). *Official Publication of the Association of American Feed Control Officials Incorporated*, Washington D.C.

Acda, S.P. ve Chae, B.J. (2002). A Review on the Applications of Organic Trace Minerals in Pig Nutrition. *Pakistan Journal of Nutrition*, 1, (1): 25-30.

Ammerman, C.B., Baker, D.H. ve Lewis, A.J. (1995). *Bioavailability of Nutrients for Animals. Amino Acids, Minerals, and Vitamins*. New York: Academic Press.

Ankari, A.A., Najib, H. ve Hozab, A.A. (1998). Yolk and serum cholesterol and production traits, as affected by incorporating a supraoptimal amount of copper in the diet of the leghorn hen. *British Poultry Science*, 39, 393-397.

AOAC (1994). *Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists*, Washington DC.

Aoyagi, S. ve Baker, D.H. (1993a). Bioavailability of copper in analytical-grade and feed-grade inorganic copper sources when fed to provide copper at levels below the chick's requirement. *Poultry Science*, 72, 1075-1083.

Aoyagi, S. ve Baker, D.H. (1993b). Nutritional evaluation of a copper-methionine complex for chicks. *Poultry Science*, 72, 2309-2315.

Aoyagi, S., Baker, D.H. ve Wedekind, K.J. (1993). Estimates of copper bioavailability from liver of different animal species and from feed ingredients derived from plants and animals. *Poultry Science*, 72, 1746-1755.

Aoyagi, S. ve Baker, D.H. (1995). Effect of high copper dosing on hemicellulose digestibility in cecectomized cockerels. *Poultry Science*, 74, 208-211.

Bakalli, R.I., Pesti, G.M., Ragland, W.L. ve Konjufca, V. (1995). Dietary copper in excess of nutritional requirement reduces plasma and breast muscle cholesterol of chickens. *Poultry Science*, 74, 360-365.

Baker, D.H., Odle, J., Funk, M.A. ve Wieland, T.M. (1991). Research note: Bioavailability of copper in cupric oxide, cuprous oxide, and in a copper-lysine complex. *Poultry Science*, 70, 177-179

Baker, D.H. (1999). Cupric oxide should not be used as a copper supplement for either animals or humans. *Journal of Nutrition*, 129, 2278-2279.

Balevi, T. ve Coşkun, B. (2004). Effects of dietary copper on production and egg cholesterol content in laying hens. *British Poultry Science*, 45, 530-534.

Banks, K.M., Thompson, K.L., Rush, K.J. ve Applegate, T.J. (2004). Effects of copper source on phosphorus retention in broiler chicks and laying hens. *Poultry Science*, 83, 990-996.

Bülbül, T. (2004). Yumurta tavuğu rasyonlarına organik ve inorganik çinko katılmasının yumurta verimi ve kalitesi ile bazı kan parametreleri üzerine etkisi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

CFNP (2003, Şubat). Proteinated and chelated mineral complexes. Erişim 02.11.2006, <http://www.ams.usda.gov/nop/NationalList/MineralChelatesComplexesFinal.pdf>

Chiou, P.W.S., Chen, K.L. ve Yu, B. (1997). Toxicity, tissue accumulation and residue in egg and excreta of copper in laying hens. *Animal Feed Science and Technology*, 67, 49-60

Chowdhury, S.D., Paik, I.K., Namkung, H. ve Lim, H.S. (2004). Responses of broiler chickens to organic copper fed in the form of copper-methionine chelate. *Animal Feed Science and Technology*, 115, 281-293

Dozier, W.A., Davis, A.J., Freeman, M.E. ve Ward, T.L. (2003). Early growth and environmental implications of dietary zinc and copper concentrations and sources of broiler chicks. *British Poultry Science*, 44, 726-731.

Du, Z., Hemken, R.W., Jackson, J.A. ve Trammell, D.S. (1996). Utilization of copper in copper proteinate, copper lysine, and cupric sulfate using the rat as an experimental model. *Journal of Animal Science*, 74, 1657-1663.

EC (2003, Şubat). Health & Consumer Protection Directorate-General: Opinion of the scientific committee for animal nutrition on the use of copper in feedingstuffs.

Ewing, H.P., Pesti, G.M., Bakalli, R.I. ve Menten, J.F.M. (1998). Studies on the feeding of cupric sulfate pentahydrate, cupric citrate, and copper oxychloride to broiler chickens. *Poultry Science*, 77, 445-448.

Funk, MA. ve Baker, DH. (1991). Toxicity and tissue accumulation of copper in chicks fed casein and soy-based diets. *Journal of Animal Science*, 69, 4505-4511.

Gaetke, M.L. ve Chow, C.K. (2003). Copper toxicity, oxidative stress, and antioxidant nutrients. *Toxicology*, 189, 147-163.

Guo, R., Henry, P.R., Holwerda, R.A., Cao, J., Littell, R.C., Miles, R.D. ve Ammerman, C.B. (2001). Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic copper sources for poultry. *Journal of Animal Science*, 79, 1132-1141.

Hamilton, RMG. (1982). Methods and factors that affect the measurement of eggshell quality. *Poultry Science*, 61, 2022-2039.

Hammad, S. M., Siegel, H. S. ve Marks, H. L. (1996). Dietary cholesterol effects on plasma and yolk cholesterol fractions in selected lines of Japanese quail. *Poultry Science*, 75, 933-942.

Hempe, J.M., Lauxen, R.C. ve Savage, J.E. (1988). Rapid determination of egg weight and specific gravity using a computerized data collection system. *Poultry Science*, 67, 902-907

Kaya, S., Keçeci, T. ve Haliloğlu, S. (2001). Effects of zinc and vitamin A supplements on plasma levels of thyroid hormones, cholesterol, glucose and egg yolk cholesterol of laying hens, *Research in Veterinary Science*, 71, 135-139.

Kim, S., Chao, P.Y. ve Allen, G.D.A. (1992). İnhibition of elevated hepatic glutathione abolished copper deficiency cholesterolemia. *FASEB journal*, 6, 2467-2471.

Konjufca, V.H., Pesti, G.M. ve Bakalli, R.I. (1997). Modulation of cholesterol levels in broiler meat by dietary garlic and copper. *Poultry Science*, 76, 1264-1271.

Leeson, S. ve Summers, J.D. (2001). *Nutrition of the Chicken*. Ontario: University Books.

Lien, T.F., Chen, K.L., Wu, C.P. ve Lu, J.J. (2004). Effects of supplemental copper and chromium on the serum and egg traits of laying hens. *British Poultry Science*, 45, 535-539.

Mabe, I., Rapp, C., Bain, M.M. ve Nys, Y. (2003). Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. *Poultry Science*, 82, 1903-1913

Mendonca C.X., Watanabe, C., Mori, A.V., Santos, C.O.F ve Almeida, C.R.M. (1999). Effects of high supplemental dietary copper on laying performance, egg yolk cholesterol and blood plasma lipids. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 36, 1413-9596. Abstract.

Miles, R.D., O'Keefe, S.F., Henry, P.R., Ammerman, C.B. ve Luo, X.G. (1998). The effect of dietary supplementation with copper sulfate or tribasic copper chloride on broiler performance, relative copper bioavailability, and dietary prooxidant activity. *Poultry Science*, 77, 416-425.

Muehlenbein, E.L., Brink, D.R., Deutscher, G.H., Carlson, M.P. ve Johnson, A.B. (2001). Effects of inorganic and organic copper supplemented to first-calf cows on cow reproduction and calf health and performance. *Journal of Animal Science*, 79, 1650-1659.

NRC (1994). *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev. Ed. National Academy Press, Washington, DC.

Opinion of the scientific committee for animal nutrition on the use of copper in feedingstuffs(2003).Erişim03.11.2006,[http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scan/out115\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scan/out115_en.pdf)

Paik, I.K., Seo, S.H., Um, J.S., Chang, M.B. ve Lee, B.H. (1999). Effects of supplementary copper-chelate on the performance and cholesterol level in plasma and breast muscle of broiler chickens. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 12, 794-798. (Abstract)

Patton, R. (1997). Efficacy of chelated minerals; review of literature. Erişim 02.11.2006,<http://www.nagonline.net/Proceedings/NAG1997/Chelated%20Minerals.pdf>

Pesti, G.M. ve Bakalli, R.I. (1996). Studies on the feeding of cupric sulfate pentahydrate and cupric citrate to broiler chickens. *Poultry Science*, 75, 1086-1091.

Pesti, G.M. ve Bakalli, R.I. (1998). Studies on the effect of feeding cupric sulfate pentahydrate to laying hens on egg cholesterol content. *Poultry Science*, 77, 1540-1545.

Pleban, P.A., Munyani, A. ve Beachum, J. (1982). Determination of selenium concentration and glutathione peroxidase activity in plasma and erythrocytes. *Clinical Chemistry*, 28/2, 311-316.

Skrivan, M., Skrivanova, V., Marounek, M., Tumova, E. ve Wolf, J. (2000). Influence of dietary fat source and copper supplementation on broiler performance, fatty acid profile of meat and depot fat, and on cholesterol content in meat. *British Poultry Science*, 41, 608-614.

SPSS (1993). *SPSS for Windows. Version 6.01*. SPSS Inc., Chicago, IL.

Vorlova, I., Siglova, E., Korpiskova, R. ve Kopriva, V. (2001). Cholesterol content in eggs during the laying period. *Acta Veterinaria Brno*, 70, 387-390.

Wedekind, K.J., Hortin, A.E. ve Baker, D.H. (1992). Methodology for assessing zinc bioavailability: efficacy estimates for zinc-methionine, zinc sulphate, and zinc oxide. *Journal of Animal Science*, 70, 178-187.

## **ETİK KURUL KARARI**

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

<b>Adı</b>	Ahmet Yavuz	<b>Soyadı</b>	PEKEL
<b>Doğ.Yeri</b>	Ankara	<b>Doğ.Tar.</b>	22.01.1977
<b>Uyruğu</b>	T.C.	<b>TC Kim No</b>	18332120662
<b>Email</b>	pekel@istanbul.edu.tr	<b>Tel</b>	0532 242 33 47

### Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mez. Yılı
<b>Doktora</b>	İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi	2007
<b>Yük.Lis.</b>	Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi	2001
<b>Lisans</b>	Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi	2001
<b>Lise</b>	Şehit Mehmet Gönenç Lisesi, Bandırma / Balıkesir	1994

### İş Deneyimi (Sondan geçmişe doğru sıralayın)

	Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
<b>1.</b>	Araş.Gör.	İ.Ü.Veteriner Fakültesi	2001-2006
<b>2.</b>			-
<b>3.</b>			-

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*	KPDS/ÜD S Puanı	(Diğer) Puanı
<b>İngilizce</b>	İyi	İyi	İyi	70.00	-

\*Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
<b>LES Puanı</b>	52.453	54.767	57.080
<b>(Diğer) Puanı</b>			

### Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi
Microsoft Office Programları	İyi

**Yayımları/Tebliğleri Sertifikaları/Ödülleri**

**Özel İlgi Alanları (Hobileri):**

