

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KEÇİLERDE YÜKSEK ÇİNKO TÜKETİMİNİN HEMATOLOJİK
VE BİYOKİMYASAL PARAMETRELER İLE
RUMEN FERMENTASYONUNA ETKİSİ**

Elmas ULUTAŞ

**VETERİNER FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Abdullah ERYAVUZ**

**Bu Tez TÜBİTAK
tarafından 113O164 proje numarası ile desteklenmiştir.**

Tez No: 2015-001

2015– AFYONKARAHİSAR

KABUL ve ONAY

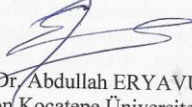
Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Veteriner Fizyoloji Anabilim Dalı Doktora Programı
çerçevesinde yürütülmüş bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından

Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

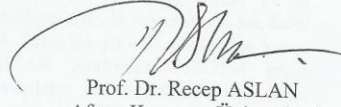
Tez Savunma Tarihi: 30/12/2014



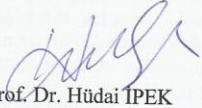
Prof. Dr. Nalan BAYŞU SÖZBİLİR
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Jüri Başkanı



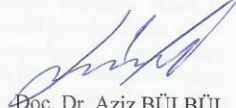
Prof. Dr. Abdullah ERYAVUZ
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Üye



Prof. Dr. Recep ASLAN
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Üye

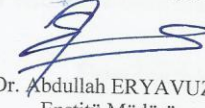


Prof. Dr. Hüdaî İPEK
Balıkesir Üniversitesi
Üye



Doç. Dr. Aziz BÜLBÜL
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Raportör

Veteriner Fizyoloji Anabilim Dalı Doktora Programı öğrencisi Elmas ULUTAŞ'ın
"Keçilerde Yüksek Çinko Tüketiminin Hematolojik ve Biyokimyasal Parametreler
ile Rumen Fermentasyonuna Etkisi" başlıklı tezi 08.01.2015 günü saat 14:00'da
Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca
değerlendirilerek kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Abdullah ERYAVUZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

İnsanların beslenmesinde hayvanlardan elde edilen ürünler büyük önem arz etmektedir. Dünya nüfusundaki artışla birlikte yeterli ve dengeli beslenmenin temelini oluşturan hayvansal proteine olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bu ihtiyacın büyük bölümü et ve süt olarak ruminant hayvanlardan sağlanmaktadır. Bu ürünlerle birlikte yapağı, kıl ve tiftik gibi ürünlerin kullanımı, hayvansal üretimin yüksek düzeye çıkarılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu bakımdan ruminantlardan yüksek verim elde edilebilmesi için verim özelliklerine göre rasyon hazırlanması, günlük vitamin, mineral ve iz element ihtiyaçlarının tam olarak karşılanması gerekmektedir.

Ruminant hayvan türleri arasında sığır ve koyunlara göre keçilerde iz mineral metabolizmalarına yönelik günümüze kadar yapılmış araştırma sayısı oldukça yetersiz olup, yapılanlar da yetersizliklerinin keçilerde yol açtığı etkiler ya da minimum gereksinimleri tespit etmek üzerine odaklanmıştır. İz minerallerin keçilerin yeminde maksimum tolere edilebilir veya toksik düzeyine yönelik günümüze kadar yapılmış çalışmalar bulunmamaktadır. TÜBİTAK tarafından 1130164 proje numarası ile desteklenen bu tez çalışmasında keçilerin yemine yüksek düzeylerde çinko ilavesinin hematolojik ve biyokimyasal parametreler ile rumen fermentasyonu ve canlı ağırlığa etkileri araştırıldı. Çalışmada elde edilen bulguların; yeme yüksek düzeyde çinko katılmasının ruminant hayvanların, özellikle keçilerin, verim ve sağlığında yol açtığı olumlu ve olumsuz etkilerinin araştırıldığı çalışmalara destek olması ve daha ekonomik ve etkin hayvansal üretimin gerçekleşmesi için beklenen yararların elde edilmesine yeni bilgi sağlaması ile keçilerde maksimum tolere edilebilir çinko düzeyine yönelik literatür boşluğunun giderilmesi açısından önemlidir.

Tezimin hazırlanması süresince danışmanlığımı yapan, her konuda bilgi ve desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Abdullah ERYAVUZ başta olmak üzere tecrübeleri ile bu süreçte bana yol gösteren tez izleme komitesindeki saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Recep ASLAN ve Prof. Dr. Nalan BAYŞU SÖZBİLİR'e, laboratuvar çalışması ve istatistik hesaplamalar gibi pek çok alanda değerli yardımlarıyla her zaman şahsıma destek olan Fizyoloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Doç. Dr. Aziz BÜLBÜL'e, bilgi ve yardımlarını samimiyetle sunan hocalarım Yrd. Doç. Dr. İsmail KÜÇÜKKURT, Yrd. Doç. Dr. Cangir UYARLAR ve Yrd. Doç. Dr. Tuba BÜLBÜL'e, yardımlarıyla yanımda olan Arş. Gör. Eyüp Eren GÜLTEPE, Arş. Gör. Mustafa EVCİMEN, Arş. Gör. Yağmur Nil DEMİREL ve Arş. Gör. Dr. Özlem ÖZDEN AKKAYA'ya, sevgili öğrencim Müesser YILMAZ'a, kardeşim Sinan ULUTAŞ başta olmak üzere bütün aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Elmas ULUTAŞ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
Kabul ve onay	ii
Önsöz	iii
İçindekiler.....	iv
Simgeler ve Kısaltmalar.....	vi
Tablolar.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Çinko.....	3
2.1.1. Genel Özellikleri.....	3
2.1.2. Emilimi ve Biyoyararlanımı.....	4
2.1.3. Vücutta Dağılımı.....	5
2.1.4. Çinko İhtiyacı.....	6
2.1.5. Çinkonun Fizyolojik Fonksiyonları.....	7
2.1.5.1. Çinkonun Enzimler ile Olan İlişkili.....	7
2.1.5.2. Çinko ve Antioksidan Özelliği.....	8
2.1.5.3. Çinko ve İmmun Fonksiyon.....	8
2.1.5.4. Çinko ve Hormonal Fonksiyon.....	9
2.1.6. Çinkonun Diğer Minerallerle Etkileşimi.....	9
2.1.7. Çinko Yetersizliği.....	10
2.1.8. Çinko Fazlalığı.....	11
2.2. Ruminantlarda Sindirim Fizyolojisi.....	12
2.3. Ruminantlarda Yüksek Çinko Tüketimi.....	15
2.3.1. Rumen Fermentasyonuna Etkisi.....	15
2.3.2. Hematolojik ve Biyokimyasal Etkileri.....	18
2.3.3. Dokulara Etkisi.....	22
2.3.4. Hayvansal Verimlere Etkisi.....	24
2.4. Keçilerde Çinko Gereksinimi.....	25
2.5. Ankara Keçisi.....	26
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	29
3.1. Hayvan Materyali ve Uygulama.....	29
3.2. Metot.....	32
3.2.1. Örneklerin Alınması.....	32
3.2.2. Rumen Numunelerinin Analizi.....	32
3.2.3. Hematolojik Parametrelerin Analizi.....	33
3.2.4. Tam Kan ve Plazmada Bazı Biyokimyasal Parametrelerin Analiz.....	34
3.2.5. Hayvanların Canlı Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	35
3.2.6. İstatistiksel Analizler.....	35

4. BULGULAR.....	36
5.TARTIŞMA.....	49
6. SONUÇ.....	62
ÖZET.....	63
SUMMARY.....	64
KAYNAKLAR.....	65

SİMGELER ve KISALTMALAR

AOA: Antioksidan Aktivite

Cu:Bakır

dl: Desilitre

EDTA: Etilen Diamin Tetra Asetik Asit

ELISA: Enzim İlişkili İmmün Test (Enzyme-linked immunosorbent assay)

Fe: Demir

FT3: Serbest Triiyodotironin

FT4: Serbest Tiroksin

g : Gram

GSH: Glutatyon

HCO₃⁻: Bikarbonat

HP: Hamprotein

HY : Ham Yağ

kcal : Kilo Kalori

kg: Kilogram

L: Litre

MDA: Malondialdehid

ME: Metabolize Olabilir Enerji

mg : Miligram

mmol: Milimol

NH₃: Amonyak

NRC:National Research Council

OH: Hidroksil

T3 : Triiyodotironin

T4: Tiroksin

TT3: Total Triiyodotironin

TT4: Total Tiroksin

µg : Mikrogram

µmol: Mikro Mol

ppm : Parts per Million

Zn: Çinko

TABLULAR

Tablo 3.1.1. Çalışmada kullanılan rasyonun içeriği (% kuru madde bazında).....	30
Tablo 3.1.2. Çalışmada kullanılan konsantre yem karmalarının kompozisyonu (%)	31
Tablo 3.1.3. Çalışmadaki rasyonların çinko düzeyleri	31
Tablo 4.1. Keçilerde yeme değişik düzeylerde çinko ilavesinin canlı ağırlığa etkisi (kg)	37
Tablo 4.2. Keçilerde yeme değişik düzeylerde çinko ilavesinin rumen içeriği pH, amonyak azotu (mg/dl), protozoon sayısı (10^3 /ml), Zn, Cu ve Fe (ug/ml) düzeylerine etkisi	38
Tablo 4.3. Keçilerde yeme değişik düzeylerde çinko ilavesinin alyuvar (10^6 /mm ³), hemoglobin (gr/dl), hematokrit (%), akyuvar (10^3 /mm ³), nötrofil (%), lenfosit (%), monosit (%), eozinofil (%), bazofil (%) üzerine etkisi	41
Tablo 4.4. Keçilerde yeme değişik düzeylerde çinko ilavesinin plazma Kolesterol (mg/dl), Glukoz (mg/dl), Üre-N (mg/dl),AOA (mmol/L); tam kan GSH (μ mol/L), MDA (nmol/L) ile serum Zn, Cu ve Fe (ug/dl) düzeylerine etkisi	44
Tablo 4.5. Keçilerde yeme değişik düzeylerde çinko ilavesinin Serbest T3 (FT3), Serbest T4 (Serbest Tiroksin, FT4), Total triiyodotironin (TT3), Total Tiroksin (TT4), İnsülin ve Leptin hormonlarına etkisi.....	46
Tablo 4.6. Keçilerde yeme değişik düzeylerde çinko ilavesinin tiftik, karaciğer, böbrek ve pankreas dokularında Zn, Cu ve Fe düzeylerine etkisi	48

1.GİRİŞ

Ruminantlardan istenilen maksimum verimin elde edilebilmesinde mineraller büyük rol oynamaktadır (Arthur, 2000). Hayvanların mineral madde ihtiyacı; tür, ırk, yaş, cinsiyet, büyüme, sağlık, gebelik, süt verimi gibi fizyolojik faktörlere göre değişmekle birlikte alınan mineral maddelerin miktarları ve biyoyararlılıklarına da bağlıdır. Ruminantlar metabolizmaları için gerekli olan mineral maddelerin tamamına yakın bir kısmını dışarıdan besin maddeleriyle almak zorundadır (Spears, 1996). Bu nedenle, ruminant beslenmesinde esansiyel olarak kabul edilen on beş kadar elementin rasyondaki dengesizlik veya yetersizlikleri hayvancılık ekonomisinde yüksek oranda verim düşüklüğüne yol açarak hem yetiştiricilere hem de ülke ekonomisinin gelişimine olumsuz etkisi olmaktadır (McDowell, 1992). Bu minerallerden biri olan ve dünyada pek çok ülkede hem toprakta (Bagci ve ark., 2007) hem de insan ve hayvanlarda eksikliğiyle en fazla karşılaşılan çinko (Walker ve ark., 2005), vücutta birçok enzimin yapısına girmekte, birçok metabolik olayı etkilemekte ve kıl folliküllerinin gelişmesinde önemli rol oynamaktadır (McDowell, 1992; Spears, 2003).

Çinko eksikliğini engellemek için yetiştiriciler genellikle hayvanların yemine çinkoyu ilave etmektedir. Bununla birlikte, son yıllarda hayvanların yemine katılması tavsiye edilen düzeyin üzerinde yapılan ilavelerin hayvanlarda hem sağlık hem de verimlerinde olumlu bir etki oluşturduğu gözlenmektedir (Durmuş ve Eryavuz, 2012). Örneğin rasyona yüksek düzeyde (2500 ppm) çinko ilavesinin domuzlarda diyare olgusunu azalttığı (Katouli ve ark., 1999), tavuk diyetine yüksek düzeyde katıldığı zaman (1000 ppm) ise dışkıdan çevreye verilen amonyak gazı miktarının azaldığı (Kim ve Patterson, 2005) ve normalden (34 ppm) 10 kat daha yüksek (340 ppm) çinko içeren yemle beslenen sığırcılarda canlı ağırlığın arttığı (Jing ve ark., 2007) gösterilmiştir. Ruminant hayvanlarda ise rasyonda bulunması gerekli çinko düzeyinin 35-50 ppm, maksimum tolere edilebilir düzeyinin 1000 ppm ve bu miktardan fazlasının toksik olduğu ifade edilmektedir (McDowell, 1992; NRC, 2001). Son yıllarda yapılan araştırmalarda tavsiye edilen düzeyden (35-50 ppm) 6 kat ya da daha fazla düzeylerde rasyona çinko ilave edilmesinin, ruminantlarda ruminant

olmayan hayvanlardakine benzer şekilde verim artışına yol açtığı ve sağlıklarına olumlu etkisi olduğu ortaya konmuştur (Rodriguez ve ark., 1995; Hatfield ve ark., 1995; Kincaid ve ark., 1997; Puchala ve ark., 1999; Aksoy ve ark., 2002; Salama ve ark., 2003; Kellog ve ark., 2004; Wilde, 2006; Jia ve ark., 2008; Gaafar ve ark., 2010; Sobhanirad ve ark., 2010; Sobhanirad ve Naserian, 2012). Bununla birlikte yemlere yüksek düzeyde çinko katılmasının emilen çinko düzeyini azaltması (Spears, 2003) ve dışkıdaki çinko düzeyini de artırması (Wright ve Spears, 2004) nedeniyle, çevre üzerine olumsuz etkisi olabileceği ileri sürülmektedir (Case ve Carlson, 2002). Diğer taraftan, dünyadaki pek çok ülkede olduğu gibi ülkemiz topraklarında da çinko eksikliğinin olduğu (Aslan, 1997; Munyan, 2007) göz önünde bulundurulursa, dışkıdaki çinko düzeyinin yükseltilmesi, ruminant hayvanların dışkılarının gübre olarak bu topraklarda kullanılması nedeniyle bir avantaj da sağlayabilir.

Yeme yüksek çinko ilavesinin sığır ve koyunlarda metabolizmaya ve verime etkisine yönelik yukarıda da verildiği gibi çok sayıda çalışma yapılmış olmasına rağmen keçilerde yapılan çalışma sayısı oldukça yetersizdir. Bu durum keçilerde yapılacak besleme çalışmalarında karar vermede güçlüğü yol açmaktadır. Nitekim, Meschy (2000) keçilerin yeminde bulunması gereken çinko düzeyinin koyunlardan daha yüksek olduğunu bildirmiş ve daha sonra yapılan araştırmada (Jia ve ark., 2008) da bu durum teyit edilmiştir. Pechova ve ark. (2009) sütçü keçilerde hayvan başına oral olarak günde 500 mg çinkonun organik ve inorganik formlarını kullanarak yaptıkları çalışmada, plazma çinko düzeyi yüksek bulunurken; çinko ilavesi yapılmadan çalışılan hayvanlarda plazma bakır düzeyleri ile sütteki çinko düzeyinin değişmediğini saptamışlardır. Çalışmada, sütçü keçilerin çinkonun plazma düzeyine ilave edilen çinkonun inorganik ve organik formları arasında fark olmadığı tespit edilmiş, bu bulguyla çinkonun organik ve inorganik formlarıyla yapılan koyun ve sığırlardaki bulgularla (Spears, 2003) farklılık göstermiştir.

Bu tez araştırmasının amacı, yüksek düzeyde çinkonun yeme ilave edilmesinin keçilerin rumen fermentasyonu, hematolojik ve biyokimyasal parametrelere olan etkileri belirlenerek literatürlerdeki boşluğun giderilmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Çinko

İz elementler, enzim sistemlerinin aktivasyonunda kofaktör olarak veya organik bileşiklerin bileşeni olarak görev almaktadır (Shena ve ark., 2005). Bu elementler organizmada düşük miktarlarda bulunmalarına rağmen; vitamin sentezi, hormon üretimi, enzim aktivitesi, hücre ozmotik basıncı sağlama, kollagen oluşumu, doku sentezi, oksijen taşınımı, enerji üretimi ile büyüme, dölleme ve bağışıklık gibi pek çok önemli fizyolojik işleyişin sürekliliği için gerekli maddelerdir (Spears, 1996; Suttle, 2010). Tüm organizmalar için esansiyel olan iz elementlerden biri de çinko (Zn) olup, normal büyüme ve düzenli bir metabolizma için gereklidir (Bayşu Sözbilir ve Bayşu, 2008). Ayrıca beyinde de bol miktarda bulunan çinko, proteinlere sıkı şekilde bağlanarak yapısal olarak veya enzimlerin katalitik bileşeni olarak görev almaktadır. Beyindeki toplam çinkonun %10'u sinaptik veziküllerde bulunmakta ve uyarım halinde salınarak sinaptik sinyalin düzenlenmesinde de rol oynamaktadır (Frederickson ve ark., 2006).

2.1.1. Genel Özellikleri

İlk tanımlanması 1509 yılında Erasmus Ebener tarafından yapılan çinko; periyodik tabloda 11B grubu elementlerinden olup, atom numarası 30, atom ağırlığı 65,409 g/mol'dür. Simgesi Zn olan çinko tabiatta her zaman ZnS, ZnCO₃ gibi bileşikleri halinde bulunur. Mavimsi beyaz renkli ve parlak görünümde olan çinko biyolojik sistemlerde sadece (+) 2 değerlikte olup reaksiyonlarda okside ve redükte olmamaktadır (Rerry ve ark., 2003). Çinko doğada bol bulunmamasının yanında temini de zor bir metaldir (Ceylan ve ark., 1998).

Çinkonun canlı organizmalarda önemi, 1869'da Raulin isimli bir bilim adamının *Aspegillus niger* adlı siyah ekmek mantarının büyümesi için gerekli olduğu belirlenerek ortaya konulmuştur. İlerleyen yıllarda daha yüksek organizmalarda ve

1934'de sıçanların gelişmesinde gerekli olduğu ifade edilmiştir. Keilin ve Mann'ın 1940 yılında karbonik anhidrazın çinko içerdiğini bulmalarıyla ilk spesifik biyolojik işlevi saptanmıştır (Ackland ve Michalczyk, 2006). Sonraları çinkonun domuzlarda (Tucker ve Salmon, 1955), kanatlılarda, sığırlarda ve insanlarda gıda kaynaklı yetersizliği belirlenmiş ve bu yaşamsal öneme sahip elementle ilgili çalışmalar artmıştır (Kaneko, 1989).

2.1.2. Emilimi ve Biyoyararlanımı

Çinko homeostazisini sürdürmenin ilk yolağı gastrointestinal sistemden emiliminin ve sekresyonunun düzenlenmesidir. Çinkonun emilimi ince barsaklarda gerçekleşmekte ve bu emilim büyük oranda ve en hızlı şekilde duodenum ve proksimal jejunumda olmaktadır. Diyetle alınan çinkonun ancak % 20-30 civarında emildiği düşünülmektedir (Ülger ve Coşkun, 2003; Tapiero ve Tew, 2003). Emilimin ilk basamağı çinkonun barsak lumeninden mukoza hücrelerine transferidir. Emilim, hem pasif difüzyonla hem de aktif transport yoluyla olmaktadır. Çinko bağırsak duvarından emilip hücrelere girdikten sonra, bu hücreler çinkoyu kendi metabolizmalarında kullanılır ya da çinko kana geçerek karaciğere gönderilir (Vallee, 1993).

Çinko metabolizmasında başlıca karaciğer rol oynamakta, emilim sonrası ilk olarak karaciğere taşınmakta ve buradan bütün vücuda yayılmaktadır (Ülger ve Coşkun, 2003). Bu transfer karaciğer tarafından üretilen metal bağlayıcı bir protein olan metallothionein tarafından düzenlenmektedir (Johannes ve ark., 1994). Doymamış durumdaki metallothionein diyetle alınan çinkoyu barsak lumeninde bağlayıp emilimi kolaylaştırmaktadır. Metallothionein sentezini ise diyet ve plazmadaki çinko miktarı belirlemektedir (Çakatay ve ark., 2003). Plazma çinkosunun yaklaşık 2/3'si gevşek bir şekilde albumine bağlanmakta, geri kalanın büyük bir bölümü ise sıkı bir şekilde α -2 makroglobuline bağlanmaktadır. Albumine bağlanan çinko ise kolayca dokulara geçebilmektedir (King ve ark., 2000).

Vücudun ihtiyacı başta olmak üzere, alınan gıdaların özellikleri emilimin hızını ya da miktarını etkilemektedir (Saner, 2002). Çinkonun emilim ve boşaltımı gereksinimin karşılanmasına bağımlı olduğundan çinkonun yetersiz tüketilmesi durumunda %100'e varan emilim oluşmaktadır. Buna karşılık çinkonun fazla alındığı durumlarda emilimin bir miktar azaldığı görülmektedir (Kirchgessner, 1985). Diyetle protein, laktaz, kazein pikolinik asit, EDTA, prostaglandin E2, sitrik asit, D vitamini gibi bağlayıcılar çinko emilimini kolaylaştırırken proteinden yoksun diyet, fitat ve selüloz gibi yapılar, fosfor, demir, bakır, kadmiyum, krom ve kalay ihtiva eden besinler emilimi azaltmaktadır (Whitney ve ark., 1990; Ülger ve Coşkun, 2003). Çinkonun en hızlı birikimi pankreas, karaciğer, böbrek ve dalakta gerçekleşmektedir. Sıçanlarda radyoaktif çinko hızlı bir şekilde pankreas ve dorsolateral prostatta biriktiği belirtilmektedir (Ülger ve Coşkun, 2003). Çinko; saç, tırnak, yapağı ve tiftik gibi metabolik olarak aktif dokuların gelişiminde önemli rol oynamakta ve diyetteki çinko düzeyi bu yapılardaki çinko düzeyini etkilemektedir (Özdemir ve ark., 2006).

Başlıca atılım yolu dışkı olan çinko idrar, terleme, ölü mukoza hücreleri, mukoz sıvısı gibi metabolik sıvılarıyla olduğu gibi saç ve tırnak ile de vücuttan uzaklaştırılmaktadır. Dışkıyla atılan bu çinkonun kaynağı absorbe olmayan rasyon çinkosu ve deskuamoz hücreler ile pankreas, karaciğer ve barsak salgılarının oluşturduğu endojen kaynaklı çinkodur (Uyanık, 1998). İdrarla atılan çinko miktarı ise çok düşüktür (Underwood, 1977).

2.1.3. Vücutta Dağılımı

Çinko vücutta demirden sonra en fazla oranda bulunan iz mineraldir (Asi, 1996; Underwood, 1977; Ülger ve Coşkun, 2003). Genel olarak saç, yün, kemik, kas, erkek cinsiyet organları, tükrük bezleri, karaciğer, dalak, böbrek, pankreas ve timus yüksek çinko düzeyine sahiptir (Uyanık, 2000). Çinkonun dokulardaki düzeylerinin incelendiği çalışmalarda, bu mineralin en yüksek oranda karaciğerde, daha sonra ise sırası ile kemik, böbrek ve beyinde biriktiği bildirilmiştir (Rerry, 2003). Kan dokusunda çinkonun %80'i eritrositlerdeki karbonik anhidraz enzimi içerisinde,

%12-22'si plazmada, %3'ü lökositlerde ve az miktarda da trombositler içerisinde (Taylor, 1994).

Çiftlik hayvanlarının türüne göre plazma çinko düzeylerinin 80-319 µg/dl aralığında değiştiği bildirilmiştir (Altıntaş ve Fidancı, 1993). Plazma çinko düzeyi diyetle alım ile ilişkili olup hormonal kontrol (glukokortikoidler, glukagon, epinefrin) altındadır ve stres durumlarına karşı hassastır (Tapiero ve Tew, 2003). Örneğin, glukokortikoid hormonlar, bakteriyel endotoksinler ve interlökinler plazma çinko düzeyini azaltmaktadır (Etzet ve ark., 1979). Ayrıca çinkonun böbreklerden atılımı insülin tarafından önlenmekte glukagon tarafından ise artırılmaktadır (Tapiero ve Tew, 2003).

2.1.4. Çinko İhtiyacı

Birçok biyolojik aktivitede görev alan, insanlar ve hayvanlar için önemli bir iz element olan çinko büyümenin normal devam etmesi ve düzenli bir metabolizma için gereklidir (Bayşu Sözbilir ve Bayşu, 2008). Çinkonun toksisitesi düşük olup vücutta belirgin bir depo yeri yoktur. Bu nedenle diyetle düzenli olarak alınması gerektiği bildirilmektedir. Çinko vücutta geniş bir dağılım göstermekle birlikte, hayvanların çinkoyu çabuk mobilize olabilen bir formda sınırlı depolama kapasitesine sahip olduğu bilinmektedir (Leonard ve ark., 1986; Fraker ve ark., 1987).

Evcil hayvanlar ve kanatlılar için rasyondaki çinko düzeyinin 40-100 ppm (NRC, 1980), daha açık bir ifadeyle ; besi sığırı, süt inekleri, domuz, at, koyun, tavuk ve hindilerin rasyonlarında sırasıyla 30, 40, 50, 40, 20-33, 40-50 ve 40-75 ppm miktarlarında çinko bulunması gerekmektedir (Yousef ve ark., 2002). İnsanlarda ise günlük çinko alımının 7-15 mg arasında olmalıdır (Arcasoy, 2002). Görgül ve ark. (1997) ruminantlar için rasyondaki çinko gereksiniminin 10-40 ppm arasında olduğunu; Çamaş ve ark. (1998) ise koyunlar için rasyondaki çinko ihtiyacının 35-50 ppm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Keçilerde çinko ihtiyacı koyunlarla benzer olduğu 37-52 ppm arasında değiştiği ifade edilmiştir (Jia ve ark., 2008).

2.1.5. Çinkonun Fizyolojik Fonksiyonları

Çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik süreçlerin optimal fonksiyonu için organizma tarafından düzenli olarak alınması gerekli olan çinko, tüm organlar, dokular, vücut sıvılarında ve hücre içinde demirden sonra en çok oranda bulunan esansiyel bir elementtir (Arcasoy, 2002; Tomlinson, 2004). Çinkonun 300'den fazla enzimatik reaksiyonda ve gen ekspresyonunda rolü olan 2000'den fazla proteinin yapısında bulunduğu bilinmektedir (Cousins ve ark., 1998; Barceloux, 1999; Beyersmann, 2002). Çinko; hücre membranı ve damar endotelinin stabilizasyonunda, fetal gelişimde, büyümede, kemik formasyonunda, deri ve yara iyileşmesinde, üremede, immün sistemde, A vitamininin plazma düzeyinin ayarlanmasında nörofizyolojik fonksiyonlarda yer almaktadır (Mocchegiani ve Muzzioli, 2000).

2.1.5.1. Çinkonun Enzimler ile Olan İlişkisi

Çinko organizmada birçok enzim aktivitelerini etkileyerek, bütün metabolizmayı düzenlemektedir (Bayşu Sözbilir ve Bayşu, 2008). Karbonik anhidraz, alkalen fosfataz, alkol dehidrojenaz, karboksi peptidaz, laktik dehidrojenaz, glutamik dehidrojenaz, aldolaz, ribonükleaz, DNA ve RNA polimeraz ile süperoksit dismutaz gibi nükleik asit, karbonhidrat, protein ve lipid metabolizmasında görevli birçok enzim yapısında çinko barındırmaktadır (Sandstead, 2000; Saner, 2002).

Çinkonun katalitik fonksiyonu karbonik anhidraz enzimi ile ortaya konulmuş olup, bu enzim karbondioksitin dönüşümlü hidrasyonunu katalizleme görevine sahiptir. Karbonik anhidrazdaki çinko iyonu katalitik reaksiyonun ilk aşamasında işlev göstermektedir. Temel olarak, çinko elektron alıcı olarak görev yapar ve H_2O (su) molekülüne bağlanır. Enzimin nötral imidazol ligandları pH 7'de H_2O 'nun OH^- (hidroksil)'e iyonizasyonunu sağlayarak, $Zn(H_2O)$ kompleksi maksimum asiditeye ulaşır. Sonuç olarak, son ürün HCO_3^- (bikarbonat) şekillenir. Çinko taşıyan diğer metalloenzimlerde de bu olay aynı şekilde meydana gelmektedir (Johannes ve ark., 1994). Aynı zamanda çinko hem sentezinde görev alan alfa-aminolevülinik asit dehidrataz enzim aktivitesinde katalitik rol oynamaktadır (Arcasoy, 2002).

2.1.5.2. Çinko ve Antioksidan Özelliği

Serbest radikallerle ilgili yapılan pek çok çalışma çinkonun antioksidan ve tedavi edici ajan olarak önemini vurgulamaktadır. Redoks stabil olan çinko, kritik sellüler ve ekstrasellüler bölgede demir ve bakır gibi redoks reaktif olan metallerin yerine geçmektedir. Organizmayı serbest radikallerden koruyan sülfhidrilden zengin proteinler olan metalloproteinlerin sentezini indükleyerek antioksidan özelliğini ortaya koymaktadır (Marttila ve ark., 1988; Saggi ve ark., 1989; Fridovich, 1995). Çinkonun organizmada oksidatif stresi azalttığı (Jing ve ark., 2007); ancak yüksek düzeylerinin ise artırdığına ilişkin bilgiler (Yanagisawa ve ark., 2004) bulunmaktadır.

2.1.5.3. Çinko ve İmmün Fonksiyon

Çinkonun hem hücreSEL hem de humoral bağışıklıkta etkileri olduğu bildirilmiştir (Chadra ve McBean, 1994). Spesifik antikorların şekillenmesi için gereklidir. Bu nedenle çinko immün yeteneğin gelişmesinde, immün sistemin düzenlenmesinde ve mikroorganizmalara karşı savaşta çok önemli rol oynamaktadır (Uyanık ve ark., 2000). Çinko, hücrelere taşınırken bağlandığı protein çeşitlerinden biri olan α -2 makroglobulinin yapısını değiştirip sitokinler ve proteazlar ile etkileşimlerini arttırabilmektedir. Bu özelliği ile bağışıklık sistemini dolaylı olarak etkilemektedir. Çinko, hücreSEL immün sistemin normal fonksiyonları için gerekli bir hormon olan ve timustan salgılanan timulinin aktivitesi için de gereklidir (Ülger ve Coşkun, 2003; Stafanidou ve ark., 2006). Lenfosit poliferasyonu ve differansiyondaki rolünün sonucu olarak immün fonksiyon üzerine kesin bir etkisi vardır (Sturniolo ve ark., 2000). Çinko eksikliğinde immün sistem bozuklukları görülmekte (Underwood ve Suttle, 1999) humoral bağışıklıkta görev alan B hücrelerinin antikor yapma yetenekleri belirgin olarak bozulmaktadır (Sberman, 2000). Farklı çinko kaynaklarının kuzularda immün sistemi etkilemediği ve 28 ppm çinkonun kuzularda büyüme desteklemede yeterli olduğu bildirilmektedir (Droke ve ark., 1998).

2.1.5.4. Çinko ve Hormonal Fonksiyon

Çinko, büyümenin normal seyri ve düzenli bir metabolizma için gereklidir. Çinko, somatomedin-c, osteokalsin, testosteron, tiroid hormonları ve insülin gibi kemiklerin büyümesi ile ilişkili önemli hormonlarla etkileşim içindedir (Salguerio ve ark., 2002; Belgemen ve Akar, 2004). Çinko, insülin-benzeri büyüme faktörü-I' in aktivitesini etkileyerek büyüme olayına aracılık yapmaktadır (Salguerio ve ark., 2002). Hipofiz bezinde hormonal fonksiyon için elzem olan çinkonun düzeyi diğer organlara göre daha yüksektir. Büyüme hormonunda çinkonun bağlandığı bir bölge bulunmakta (Roth ve Kirchgessner, 1997), çinko eksikliğinde büyüme hormonunun hipofiz bezinden salgılanması ve dolaşımdaki miktarı azalmaktadır (Ülger ve Coşkun, 2003).

Çinko ile pankreas ve insülin arasındaki ilişki uzun zamandır bilinmektedir. Çinko insülinin sentez ve salımında etkilidir. Çinko pankreasın beta ve alfa hücrelerinde bulunur ve bilhassa beta hücrelerinde insülin yapımı, depo edilmesi ve ve salınmasında çinkonun rolü olduğu bilinmektedir (Chausmer, 1998).

Çinko ilave edilen ratlarda tiroid sitümülan hormon düzeyinin yükseldiği bazı çalışmalarda ifade edilmiştir. Hipertiroidizmlı hastalarda yüksek hipotiroidizmlı hastaların ise düşük plazma çinko düzeylerine sahip olması çinko ile tiroid hormonları arasındaki ilişkiyi açıklayabilir (Baltacı ve ark., 2004a).

2.1.6. Çinkonun Diğer Minerallerle Etkileşimi

Çinko ve bakır emilimi arasında bir antagonizma vardır. Diyetle birlikte alınan fazla miktardaki çinko, bakırın absorpsiyonunu ve alımını zıt olarak etkileyebilir. Enfeksiyonların Cu/Zn oranlarında değişikliklere sıklıkla yol açtığı iyi bilinmektedir. Bu değişiklik; bakır düzeyinde artış, çinkoda azalış veya hem bakırda artış hem de çinkoda azalışın bir arada olmasından kaynaklanır (Eaton ve Eaton, 2000; Lin ve ark., 2006). Nitekim; safra tıkanıklarına bağlı karaciğer bozukluklarında, serum bakır düzeyi artarken, çinko düzeyinin azaldığı bildirilmektedir (Aliosmanoğlu ve ark., 2013).

Demirin (Fe) insanlarda Zn emilimi üzerine uyguladığı önemli düzeyde bir inhibisyona neden olduğu bildirilmiştir. Rasyonda Fe/Zn oranında artış yaşandıkça inhibisyonun belirginleştiği ifade edilmiştir (Whitney ve ark, 1990). Yapılan araştırmalarda Fe/Zn emilim oranı 2:1 şeklinde olduğu gösterilmekte ve demirin çinkoya oranı 3:1 üstüne çıktığında çinko emilimi azalmaktadır (Baysal, 2002). Kadmiyumun, hem çinko hem de bakır emiliminde negatif etki gösterdiği, kalsiyum ve magnezyumun da çinkonun barsaklardan absorpsiyonunu azalttığı ortaya konmuştur (Sarı ve ark., 2008).

2.1.7. Çinko Yetersizliği

Çinkonun canlılarda pek çok enzim sisteminde görev almasından dolayı yetersizliğinde doku ve organların fizyolojik işleyişi bozulmaktadır. Birçok hayvan yeminde çinkonun biyoyararlılığını azaltan faktörlerin bulunması veya besinde düşük miktarda çinko bulunmasından dolayı çoğu hayvan yemine çinko ilavesine gerek duyulmaktadır. Çinko yetersizliği; patolojik anormallik, büyümenin durması ve enfeksiyon hastalıklarının artmasına neden olur (Nelson ve ark., 1984; Vallee ve Falchuk, 1993).

Evcil hayvanlar için yeme ilave edilen çinkonun kritik önemi, 1955 yılında yetersiz düzeyde çinko alan domuzlarda parakeratosis görülmesi ile anlaşılmıştır (Tucker ve Salmon, 1955). Hafif çinko yetersizliğinin erken belirtileri; yem alımı, yemden yararlanma, büyüme, üreme ve süt üretiminde azalma ile enfeksiyon ve strese karşı direncin azalmasıdır (Başoğlu ve Sevinç, 2004). İnsan ve hayvanlarda çinko eksikliğinin genel belirtileri büyümede yavaşlama, iskelet yapısında bozulma, seksüel gelişimin gecikmesi, alopesi, dermatit, anormal tüylenme ve hem dişi hem de erkeklerde üreme performansının zayıflamasıdır (Baker ve Ammerman, 1995; Bayşu Sözbilir ve Bayşu, 2008).

Çinko yetersizliğinde, çinko içeren enzim aktivitelerinde düşme görülmektedir. Bu nedenle alkalen fosfataz, karbonik anhidraz, laktat dehidrojenaz ve ribonükleaz

gibi enzimler tanıya yardımcı olarak kullanılmaktadır (Antaplı, 1990). Çinko yetersizliği, glukoz metabolizmasını olumsuz etkilemektedir. Glukoz metabolizmasındaki bozulma, insülin salınımında azalma, glutatyonun insülin transhidrojenaz ile yıkımlanması ve periferik insülin direncinden kaynaklanmaktadır (Chausmer, 1998).

2.1.8. Çinko Fazlalığı

Çinko geniş bir güvenilirlik sınırına sahip olduğu için kurşun ve arsenik gibi diğer elementlerle karşılaştırıldığında rölatif olarak toksik değildir (Uyanık, 1998). Çiftlik hayvanları çoğu türlere göre yüksek düzeyde çinko alımından nispeten etkilenmemektedir (Suttle, 2010). Çeşitli türlerin yemlerine 600 ppm'den daha az miktarda ilave edilen çinkonun, hayvanların fizyolojisi üzerine ters bir etki yapmadığı saptanmıştır. Ayrıca tavukların yemlerinde 1200-1400 ppm'e kadar bulunan çinkoya yüksek tolerans gösterdikleri ifade edilmiştir (McDowell, 1992).

Yemdeki aşırı çinko düzeyinin toksik etkisi yem tüketiminde azalma gibi klinik belirtilerle kendini göstermektedir (Underwood and Suttle, 1999). Ruminantlarda karakteristik akut çinko toksisite bulguları esas olarak epitelyal organlarda görülmektedir. Mide-barsak kanalı, böbrekler, karaciğer, pankreas ve akciğerler şiddetli olarak etkilenmektedirler. Çinko buharının solunması; akut metal duman humması, boğaz tahrişi, öksürme, solunum güçlüğü, adale ve eklem ağrıları, midede peptik ülserler ve çeşitli karaciğer bozukluklarına yol açmaktadır (Şanlı ve Kaya, 1991).

Aşırı çinko tüketiminin toksik etkisi diğer minerallerin biyoyararlanımının bozulması şeklinde de ortaya çıkabilir. Bu durum diyetin yapısındaki bakır, demir, kalsiyum ve kadmiyum miktarıyla da ilişkili olmaktadır. Örneğin çinko ile bakır aynı bağlayıcı proteine bağlanarak hücresel transportta rekabet etmekte ve bu da aşırı çinko tüketiminde bakır alımını olumsuz etkilemektedir (Underwood and Suttle 1999).

2.2. Ruminantlarda Sindirim Fizyolojisi

Ruminantlar, insanlarca değerlendirelemeyen düşük kalitedeki bitkileri, sindirim kanallarında bulunan mikroorganizmalar sayesinde kullanabilmekte, et ve süt gibi hayvansal ürünlere çevirerek insanlığın yararına sunmaktadır. Tüketilen besin maddelerinin sindirim kanalında bazı mekaniksel ve kimyasal olaylar sonucu değişikliklere uğratarak emilebilir bir hale getirilmesi ‘sindirim’ olarak tanımlanmaktadır. Besinlerin ağza alınması, çiğnenmesi, yutulması, geviş getirilmesi, mide-bağırsak hareketleri ve dışkılama, hayvanlarda mekaniksel olayları; mikroorganizma ve bitki enzimleri yanında abomasum ve ince bağırsakta salgılanan enzimlerin etkinlikleri de kimyasal olayları oluşturmaktadır (Bölükbaşı, 1989).

Sindirim fizyolojisi bakımından ele alındığında; herbivor hayvanların enerji kaynağı olarak yalnızca bitki ve kaba yemleri kullanabilmeleri, bu hayvanların sindirim kanallarının değişik bölgelerine yerleşmiş olan mikroorganizmalar sayesinde olmaktadır. Herbivorlar mikrobiyel sindirimin gerçekleştiği yere göre pregastrik (ön mide) ve postgastrik (arka mide) fermentörler olarak ikiye ayrılmaktadır. Sığır, koyun ve keçi gibi dünyada en fazla bulunan herbivor türleri arasında yer alan ruminant hayvanlar, dört odacıklı mideye (rumen, retikulum, omasum ve abomasum) sahip pregastrik fermentörlerdir. Ruminantlarda fermentasyon rumen, retikulum ve omasumda yerleşmiş mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilirken dördüncü bölme (abomasum) tek midelilerde olduğu gibi enzimatik yapıya sahiptir. Ruminant hayvanların sindirim sistemi fermentasyon için ideal bir yer olup, sindirim faaliyetlerinin %60'ından fazlası retikulumunda gerçekleşmektedir (Garipoğlu ve Sariçiçek, 2000; Russell ve Rychlik, 2001).

Mikroorganizma popülasyonunun işlev yapabilmesi için gerekli besin maddeleri; protein, karbonhidrat, yağ, vitamin ve minerallerdir. Bu besin maddelerinin herhangi birinin yetersizliği karşısında mikrobiyal gelişim ve üreme zayıflamaktadır. Ruminant beslenmesinde rumen mikroorganizmalarının esas rolü konakçı hayvanın tükettiği yeme göre gelişen spesifik mikroorganizma türleri ve bunların esansiyel amino asit sentezi gibi değişik aktivitelerine bağlı olarak hayvan veriminde artışa yol

açmalarıdır. Ayrıca bu mikroorganizmalar, bitkilerde bulunan bazı toksik maddeleri parçalayarak hem konakçı hayvanın sağlığının hem de rumende bulunan diğer mikroorganizmaların korunmasını sağlamaktadır Mikroorganizma popülasyonundaki değişim, sindirimi ve hayvanın performansını olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Özel, 2005). Mikroorganizma sayılarındaki değişiklikler; yemin niteliğine, öğün sayısına, yemleme öncesi ve sonrası geçen zamana bağlı olabileceği gibi aynı şartlar altında tutulan hayvanlarda bilinmeyen faktörlerle de yakından ilişkilidir (Eryavuz, 2000).

Rumen mikroorganizmaları; bakteriler (rumen florası), protozoonlar (rumen faunası), mantar ve mayalar olmak üzere üç grupta toplanmaktadır. Rumen sindiriminde mikroorganizmalar arasında en önemli yeri tutan bakteriler, rumendeki toplam mikrobiyal kitlenin %68-82'sini oluşturmaktadır (Garipoğlu ve Sarıçiçek, 2000). Genel olarak rumen bakterileri anaerob obligat özelliktedir. Ancak yemlerle alınan aerob ve fakültatif bakteriler de rumende bulunabilmektedir. Rumen bakterileri arasında selülitik, hemiselülitik, amilolitik, ksilanolitik, pektinolitik, dekstrinolitik, glikolitik, proteolitik, aminolitik, lipolitik, hidrojenize edici, üreolitik ve metanojenik karakterde olanlar bulunmakta (Bölükbaşı, 1989) ve rumen sıvısındaki bakteri sayısının ortalama 10^9 - 10^{11} /ml olduğu bildirilmektedir (Kamra, 2005; Kumar ve ark., 2009). Eryavuz ve Dehority (2009) koyunlara çeşitli dozlarla *Yucca schidigera* verdikleri çalışmada bakteri sayısında herhangi bir değişiklik saptamadıklarını ve 1 ml rumen sıvısında $10.16 - 10.59 \times 10^{10}$ bakteri bulunduğunu teyit etmişlerdir.

Mikrofauna adı da verilen protozoon popülasyonu birçok türü içermekte ve popülasyonun büyük bir kısmını erişkinlerde siliata; gençlerde ise flagellata sınıfı oluşturmaktadır. Siliat protozoonlar; nişasta ve kolay sindirilebilir karbonhidratları parçalayan enzimlere sahip Holotirch'ler ile selüloz ve hemiselülozu sindirebilen enzimlere sahip Entodiniomorphid olmak üzere ikiye ayrılır (Kamra, 2005). Bakterilere nazaran sayıları daha az olmasına rağmen rumen içeriği ağırlığının yaklaşık %2'sini ve mikrobiyal kitlenin %40-80'ini oluşturmaktadırlar. Bakteriler gibi protozoonlar da rumen sıvısında serbest halde, bitki partiküllerine bağlanmış ve

retikulorumen mukoza membranı epitelyumuna tutunmuş olmak üzere üç durumda bulunmaktadır (Bonhomme, 1990; McAllister, 1994). Birçok araştırıcı rumen içeriği protozoon sayısını çeşitli sayılarla bildirmekte birlikte, 1 ml rumen sıvısında genelde 10^4 - 10^6 civarında olduğu ifade edilmektedir (Kamra, 2005). Kocabatmaz (1980), koyunlarda protozoon sayısını; 5.7 - 11.6×10^5 /ml, Jouany ve ark. (1992) 3.8×10^5 /ml, Sulu ve ark. (1988) ise 3.8 - 9.7×10^5 /ml olarak bildirmiştir. Ankara keçilerinin rasyonlarına üre eklenerek yapılan bir çalışmada kontrol grubu protozoon sayıları üre düzeyine ve zamana göre artış gösterdiği ve sayıların 1 ml rumen sıvısında 3.33×10^5 - 7.09×10^5 arasında olduğu ifade edilmiştir (Kaya ve Kocabatmaz, 1998). Eryavuz ve ark. (2002) Ankara keçilerinin rasyonlarına ilave ettikleri 250 ppm çinko ilavesinde sekizinci ay örneklemelelerinde 1ml rumen sıvısında 4.61×10^5 - 5.45×10^5 protozoon olduğunu belirtmişlerdir. Froetsche1 ve ark. (1990) 1000 ppm çinkonun rumen ortamına ilavesinin protozoon sayısını (1.54×10^5 /ml) azalttığını, bulmuşlardır.

Rumen ortamını değiştiren çeşitli faktörler protozoon varlığını etkilemektedir. Protozoon sayılarındaki bu farklılıkların sayma yöntemlerinden, hayvanların farklı rasyonla beslenmelerinden, farklı coğrafik bölgeden, örnekleme zamanlarının ve mevsimlerin farklı olmasından kaynaklanabileceği vurgulanmaktadır (Dehority, 1984; Bonhomme, 1990; Eryavuz ve ark., 2002). Bununla birlikte ruminant hayvanların verimlerini artırmak maksatıyla çeşitli yöntemler kullanılarak rumen ortamındaki protozoonlar elimine edilmektedir. Bu protozoonları yok etme işlemine defaunasyon adı verilmektedir (Eryavuz, 2000).

Mantarlar, bakterilere oranla sayıları az olup, proteolitik bakterilerde olduğu gibi azotlu maddeleri aminoasitlere kadar parçalarlar. Oksijeni kullanarak karbondioksit ürettikleri için rumendeki anaerobik ortamı hazırlar. Ayrıca B grubu vitaminlerin sentezlenmesinde önemli rolleri vardır. Kaba yemler ve silo yemlerin bu mikroorganizma sayısını artırdığı bilinmektedir (Bölükbaşı, 1989). Sindirime dirençli arpa samanı gibi lifli yem maddelerinin sindiriminde etkin rol oynamaktadır. Rumendeki mantar sayısı diğer mikroorganizma türlerine oranla daha az olmakla birlikte (10^3 - 10^5 /ml) ve toplam rumen biyokütlesinin %8'lik kısmını oluşturmaktadır

(McAllister, 2000; Kamra, 2005). Kumar ve ark. (2009) rumen mantar sayısını 1×10^6 /ml rumen içeriği olarak belirtirken, kaba yem oranını değiştirerek yaptıkları *in vitro* bir başka çalışmada (Kumar ve ark., 2013) bakteri-fungal ortak kültürü hariç mantar sayısının değişmediğini gözlemlemişlerdir.

2.3. Ruminantlarda Yüksek Çinko Tüketimi

2.3.1. Rumen Fermentasyonuna Etkisi

Ruminant rasyonlarının rumen ortamı üzerine büyük etkisi olduğu, yem kompozisyonu, fiziksel işleme derecesi ve yem katkı maddelerinin varlığı gibi faktörlerin sindirim aktivitelerini ve dolayısıyla verimi etkilediği bildirilmektedir (McAllister, 2000; Kutlu ve Serbester, 2014). Ruminantların beslenmesinde optimum verim için gerekli besin madde ihtiyacının karşılanmasında gerek rumen şartlarının gerekse yemlerdeki besin maddeleri içeriğinin uygun oranda olması gerekmektedir. Bu besin maddelerinden biri de iz minerallerden olan çinkodur (McDowell, 1992).

Ruminantların metabolik fonksiyonları için rasyonda bulunması gereken çinko, rumen mikroorganizmaları tarafından da kullanılmaktadır. Rumen mikroorganizmalarındaki çinko oranının rasyonda bulunan çinkodan %10-500 oranında daha yüksek olduğu, rasyon çinko oranı arttırıldığında mikroorganizmalardaki çinko oranının da arttığı bildirilmektedir (Bonhomme, 1990; Kennedy ve ark., 1993). Eryavuz ve ark. (2002) Ankara keçilerinde rasyona 250 ppm çinko ilavesinin rumen sıvısı çinko oranında artış sağlarken protozoon sayısı ve rumen pH değerinde değişiklik olmadığını kaydetmişlerdir. Buna karşın Froestchel ve ark. (1990) rasyona 1000 ppm çinko ilavesinin, rumen protozoon sayısını önemli düzeyde azalttığını bulmuşlardır.

Rumen mikroorganizmalarının rumen sıvısı çinko düzeyi yükseldiğinde verdikleri reaksiyon farklı olmaktadır. Yapılan *in vitro* bir çalışmada 50, 100 ve 150 ug/ml çinko ilave edilen rumen sıvısında bakteri sayısının değişmediği ifade edilmiştir (Eryavuz ve Dehority, 2009). Sonawane ve Arora (1976) yaptıkları *in vitro*

çalışmada çinko klorür ve çinko sülfat gibi çinko kaynakları ortama ilave edildiğinde rumen sıvısında amonyak düzeyinin azaldığını ve bu durumun mikrobiyel protein sentezindeki artışa işaret ettiğini bildirmişlerdir.

Rumen protozoonlarının çinko tüketimini düzenleme mekanizmasına sahip olmadıkları ve ortamda yüksek düzeyde çinko bulunması halinde, kendileri için toksik bile olsa, aşırı çinko alarak parçalandıkları bildirilmektedir (Bonhomme ve ark., 1979, 1980). Rasyona düşük düzeyde inorganik çinko (sülfat şekli) ilavesinin (250 ppm) rumen protozoon sayısını etkilemediği (Eryavuz ve ark., 2002); ancak yüksek düzeyde (1000 ppm) çinko ilavesinin koyunlar (Bonhomme ve ark., 1980) ve sığırlarda (Froetschel ve ark., 1990) yapılan araştırmalarda, rumen protozoonlarının yok olduğu ya da azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, yemdeki yüksek düzey çinko ilavesi rumende selüloz sindirimini azalttığı ve bunun da muhtemelen bakteriler üzerine olan olumsuz etkisinden dolayı olduğu ileri sürülmüştür (Ott ve ark., 1966; Arelovich ve ark., 2000). Bonhomme (1979)'nin yaptığı çalışmada rumen mikrobiyal popülasyonun çinko varlığında gösterdiği tepkinin farklı olduğunu belirtmektedir. Protozoonların yüksek düzeyde çinkoyu (25 ug/ml) kolaylıkla yapılarına alıp tolere edebildiğini, aynı miktar çinkonun bakterilerin üreaz aktivitesinde azalmaya yol açtığı ve selüloz yıkılımında şiddetli bir şekilde düşürdüğü ifade edilmektedir. Bu bulgular, protozoonların aksine bakterilerin çinko tüketimini kontrol etme mekanizmasına sahip olduklarını göstermektedir. Nitekim, bakterilerin hücreye çinko alınımını düzenleyen mekanizmalara sahip oldukları ve ihtiyaç ile toksisite arasında hassas bir denge kurabildikleri bildirilmektedir (Hantke, 2005).

Çözünebilir proteinleri çöktürmesinden dolayı bazı çalışmalarda yüksek düzeyde çinko yemin besinsel özelliklerini arttırmak amacıyla da kullanılmıştır (Dass ve ark., 2009). Örneğin, ilave çinkonun yem proteinlerinin rumende sindirilebilirliğini azalttığı gösterilmiş (Froetschel ve ark., 1990; Eryavuz ve ark., 2002; Bateman ve ark., 2004) ve çinkoyla muamele edilmiş soya proteini içeren yemlerin rumenden sindirilmeden alt sindirim organlarına geçen (by-pass) protein miktarını artırdığı tespit edilmiştir (Cecava ve ark., 1993). İlave çinkonun *in vitro*

şartlarda üreaz aktivitesini inhibe ettiği ifade edilmektedir (Hatfield ve ark., 1995). Rasyondaki 470 ppm çinkonun rumende ürenin yıkılımını azaltarak ani amonyak birikimini önleyerek rumen mikroorganizmalarının üreden daha fazla yararlanmalarına götürebileceği ileri sürülmektedir (Arelovich ve ark., 2000). Yüksek düzeyde çinkonun rumendeki protein ve üre yıkılımı üzerine gözlenen bu etkilerinin, bakterilerin proteolitik (Karr ve ark., 1991) ve üreolitik (Bonhomme ve ark., 1979) enzimlerini inhibe ederek gerçekleştirdiği öne sürülmektedir. Bu bilgiler, rasyona yüksek düzeyde katılacak çinkonun rumen fermentasyonunu manipule edebileceğini ve bakterilerin proteolitik enzim aktivitesinde bir azalmaya yol açarak rasyon proteinlerinden konakçının daha fazla yararlanmasına katkı sağlayabileceğine işaret etmektedir (Durmuş ve Eryavuz, 2012).

Ruminant hayvanlarda yüksek çinko tüketimin yol açtığı olumsuzluklardan birisi de yem tüketiminde görülen azalmadır (McDowell, 1992). Bununla birlikte, yeme hangi düzeyde çinko katılmasının buna yol açtığına yönelik çalışmalar arasında farklı bildirimler bulunmaktadır. Malcolm-Callis ve ark. (2000), yeme 100 ve 200 ppm çinko ilave edildiğinde sığırların yem tüketiminde bir azalma olduğunu kaydetmektedirler. Buna karşın, Miller ve ark. (1989); 1000 ppm çinko ilavesinde düvelerin yem tüketiminde herhangi bir fark gözlemezlerken, yeme 2000 ppm çinko ilave ederek besledikleri düvelerde ilk birkaç gün herhangi bir olumsuzluk olmadığını fakat 2 haftadan sonra yem tüketimlerinin azaldığını bildirmişlerdir. Benzer bir bulguyu Campbell ve Mills (1979) 750 ppm çinko ilave edilmiş yemle beslenen koyunlarda gözlemişlerdir.

Eryavuz ve Dehority (2009), *in vitro* 25 µg/ml çinko içeren ortamın yemdeki yaklaşık 1000 ppm çinkoya karşılık geldiğini ve bu düzeyin hem selüloz sindirimi hem de bakteri sayısı üzerinde herhangi bir değişikliğe yol açmadığını ifade etmişlerdir. Bu bildirim dikkate alınırsa, 1000 ppm çinko içeren bir yemin rumende hem selüloz sindirimi hem de bakteri sayısına olumsuz etkilemediği ileri sürülebilir. Nitekim *in vivo* yapılan araştırmalarda, yüksek düzeyde inorganik çinkonun (500 ve 1000 ppm, çinko sülfat ve çinko klorür şeklinde) rumende lif sindirimi sonucu oluşan uçucu yağ asiti düzeylerini etkilemediği, propiyonik asit düzeyini artırarak asetik

asit/propiyonik asit oranını düşürdüğü ve bu etkileriyle iyonofor grubu antibiyotiklerin etkilerine benzediği kaydedilmektedir (Froetschel ve ark., 1990; Arelovich ve ark., 2000; Bateman ve ark., 2004).

2.3.2. Hematolojik ve Biyokimyasal Etkileri

Çiftlik hayvanlarının beslenmesinde esansiyel olan çinkonun yetersizlik ya da fazlalığında çeşitli fizyolojik bozukluklar meydana gelebilmektedir (Olgun, 2014). Nitekim, çinkonun bazı hematolojik parametreler üzerinde etkilerinin olduğu ve bu etkinin; söz konusu elementlerin rasyondaki miktarlarına, uygulanma şekillerine ve hayvanın türüne bağlı olarak farklılık gösterebileceği bildirilmektedir (Gupta ve ark., 1985; Cordova ve ark., 1993; Singh ve ark., 1994). Subklinik çinko ve bakır yetersizliğinin oldukça yaygın olduğu düşünüldüğünden, söz konusu iz elementler sıklıkla hayvan yemlerine ilave edilmektedir (McDowell, 1992; Uyanık, 2000; Özkul ve ark., 2003).

Yapılan araştırmalarda bazı ruminantlarda kan çinko düzeyleri; koyunlarda 76-140 µg/dl (Pastrana ve ark., 1991) ve 94.88-289.10 µg/dl (Doğanay ve ark., 1996), kuzularda (2-4 haftalık) 270-415 µg/dl (Koper ve Zamorsky, 1990) ve keçilerde 62-120 µg/dl (Reuter ve ark., 1987; Altıntaş ve Fidancı, 1993) olarak bildirilmektedir. McDowell (1992) çiftlik hayvanlarının diyetlerine çinkonun geniş doz aralığında ilave edilmesinin kan ve plazma çinko düzeyini önemli ölçüde yükselttiğini bildirmektedir. Farklı keçi türlerinin yemlerine çinko ilave edilerek yapılan çalışmalarda Eryavuz ve ark. (2001), Puchala ve ark. (1999) ile Jia ve ark. (2008) keçilerde plazma çinko düzeyinin yükseldiğini ifade etmişlerdir. Eryavuz ve ark. (2002) Ankara keçilerinin rasyonlarına çinko ilave ettikleri gruplarda plazma çinko düzeylerini 94-107 ug/dl olduğunu ortalama değerlerin üst düzeyine yakın olduğuna dikkat çekmektedirler. Ankara keçilerinde yapılan bir başka çalışmada 40 baş keçi 22 ppm çinko içeren bazal diyetlerine günlük olarak bir, üç ve beş gram (g) çinko metiyonin ile 150 mg çinko oksit ilave edilen dört grup ve çinko ilave edilmeyen kontrol grubuyla beş gruba ayrılarak 120 gün beslenmişlerdir. Çinko metiyonin ilave edilen gruplarda plazma çinko düzeyinin (72-92 ug/dl) arttığını, ancak çinko oksit

ile çinko metiyonin uygulanan gruplar arasında plazma çinko düzeyi bakımından bir farklılığın olmadığı bildirilmiştir (Puchala, 1999). Avcı ve ark. (2013), bir ay boyunca farklı ırk koyunların yemlerine 250 ppm çinko ilave ettikleri çalışmada plazma çinko düzeyini uygulama gruplarında 95-111 µg/dl arasında değişmekle birlikte kontrol grubundan (86 µg/dl) yüksek bulmuşlardır. Kuzularda yapılan diyetle çinko ilave edilen pek çok çalışmada serum çinkosunun arttığı ifade edilmiştir (Rojas ve ark., 1995; Aksoy ve ark., 2002; Garg ve ark., 2008). Keçeci ve Keskin (2002) toplam 12 Merinos ırkı kuzu ve 12 Ankara keçisinde yaptıkları çalışmada hayvanları kontrol ve deneme grubu olarak iki gruba ayırdıklarını, 250 ppm çinko ilave edilen rasyonla beslediklerini ve haftalara göre plazma çinko düzeyinin kontrol grubuna göre (112-116 µg/dl) deneme grubunda daha yüksek (144-161 µg/dl) olduğunu bildirmişlerdir.

Hayvanlar ciddi çinko eksikliğine maruz değillerse plazma çinko düzeyi; vücuttaki çinko durumunun güvenli bir göstergesi olmamaktadır (Pavlatı ve ark., 2011). Şiddetli bir çinko eksikliğinde bile plazma çinko düzeyi değişmeyebilir (Krebs ve Hambidge, 2001). Koyunlara yeme 75 ve 150 ppm çinko ilavesinin yapıldığı bir çalışmada plazma çinko düzeyinin değişmediği (Ryan, 2002), Salama Ahmed ve ark. (2003) tarafından sütçü keçilerin kuru maddesinde 447 ppm içeren diyetlerine bir g çinko metiyonin ilavesinde de serum çinko düzeyinde bir farklılık olmadığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, tavsiye edilenden on kat daha yüksek (500 ppm) çinko tüketimi sığırların sütünde (Sobhanirad ve ark., 2010) çinko düzeyini yükseltirken, keçilerde günde oral yolla 500 mg çinko verilmesinin (Pechova ve ark., 2009) süt çinko düzeyine etkisinin olmadığı ifade edilmektedir.

Yüksek çinko tüketiminin plazma bakır (Cu) ve demir (Fe) düzeyine etkilerine yönelik bildirimler arasında farklılıklar bulunmaktadır. Aksoy ve ark. (2002) haftada bir kez olmak üzere toplam 12 hafta boyunca oral olarak 500 mg çinko oksit verdikleri kuzularda serum Cu düzeylerinin önemli oranda düştüğünü, buna karşın demir, kalsiyum ve magnezyum düzeylerinde herhangi bir değişimin olmadığını bildirmektedirler. Bununla birlikte, Ankara keçilerinde yapılan çalışmalarda (Puchala ve ark., 1999; Eryavuz ve ark., 2001) yeme çinko ilavesinin plazma Cu düzeylerine

etkisinin olmadığı kaydedilmektedir. Benzer şekilde kuzularda (Garg ve ark., 2008) ve besi sığırlarında (Malcolm-Callis ve ark., 2000) yapılan çalışmalarda yeme çinko ilavesinin bakır düzeyini değiştirmediği bildirilmektedir. Jia ve ark. (2008) Kaşmir keçilerinde yaptıkları çalışmada; plazma Cu düzeyinin azalma eğiliminde olduğunu, demirin ise değişmediğini ileri sürmüşlerdir. Yine Pechova ve ark. (2009) yemlerine 500 mg çinko ilave ettikleri süt keçilerinde, Cu metabolizmasında herhangi negatif bir durumla karşılaşmadıklarını bildirmişlerdir. Rojas ve ark. (1995) besi kuzularında farklı çinko preparatları kullandıkları çalışmada serum Cu düzeyinin çok az düştüğünü ifade etmişlerdir. Miller ve ark. (1989) 30 süt ineğini üç gruba ayırarak diyetlerine 0, 1000 ve 2000 ppm çinko sülfat ilave ettikleri çalışmada; plazma çinko düzeyinin kontrol grubuna göre önemli ölçüde yüksek, Cu düzeyinin ise 2000 ppm grubunda daha düşük olduğunu, 1000 ppm çinko ilavesinin ise herhangi bir parametre üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmadığını bildirmişlerdir. Garg ve ark. (2008) diyete çinko ilavesinin serum Fe düzeyini olumsuz etkilediğini bildirmesine rağmen, Mandal ve ark. (2007) sütü ineklerde diyetdeki çinko düzeyinin serum demiri üzerine herhangi bir etkisi olmadığını kaydetmişlerdir.

İnsanlarda uzun süre yüksek dozda (75–300 mg) çinko kullanılmasının mikrositik anemi ve nötropeniye yol açtığı, kısa süreli günde 50 mg çinko alınması bakır ve demir metabolizmasını olumsuz etkilediği ifade edilmektedir (Arcasoy, 2002). Bununla birlikte, yapılan farklı çalışmalarda yeme 250 (Dönmez ve Keskin, 1999) ve 500 (Sobhanirad ve Naserian, 2012) ppm düzeyde çinko ilavesinin keçi ve sığırlarda eritrosit sayısını, hemoglobin miktarını ve hematokrit değeri artırdiğı, akyuvar sayıları üzerine etkisinin olmadığı bulunmuştur. Buna karşın, Miller ve ark. (1989), sığırlarda alyuvarlarda dahil hematolojik değerlerin hiçbirinin 1000 ppm çinkoyla uzun süre beslemede dahi etkilenmediğini bildirmektedirler. Mandal ve Dass (2010), melez buzağıda yaptıkları bir çalışmada, 32.5 ppm Zn/kg içeren kontrol diyetine, bir gruba 35 ppm çinko sülfat diğer gruba ise 35 ppm düzeyinde çinko propiyanat ilave etmişlerdir. 0, 30, 60, 90, 120, 150 ve 180. günlerde aldıkları kanlarda hemoglobin ve hematokrit değerde herhangi bir farklılık bulmadıklarını, hematokrit değerdeki günler arasındaki farkın ise gruplar arasındaki farkı açık bir şekilde ortaya koymadiğını ifade etmişlerdir.

Çinko vücutta enerji metabolizmasında önemli etkilere sahip hormonların kan düzeylerini etkilemektedir. Çinkonun metabolizmada önemli rol oynayan leptin, insülin ve tiroid hormonlarının aktivitesi ile iştahın düzenlenmesinde etkilere sahip olduğu ifade edilmektedir (Avcı ve ark., 2013). Çinkonun insulin hormonunun sentezi, depolanması ve salıverilmesinde önemli olduğu ve plazma çinko düzeyi düştüğünde insulin salgılanması ile dokuların insuline duyarlılıklarının azaldığı bildirilmektedir (Gomez-Garcia ve ark., 2006).

Çinko yağ asiti metabolizmasında önemli aktivite üstlenmekte ve eksikliğinde lipit metabolizmasının bozulduğu bildirilmektedir (Li ve ark., 2013). Hayvanlarda yem tüketimi ile enerji harcanması yanında üremenin düzenlenmesinde de görev alan leptin hormonu da yağ dokudan salgılanmakta ve vücut yağ depoları hakkında merkezi sinir sistemine bilgi vermektedir (Eryavuz ve ark., 2007). Leptin hormonu üretimine çinkonun direkt etkisinin olduğu, çinko eksikliğinin yağ dokudan salgılanan leptin düzeyini azalttığı ve çinko içeriği yeterli diyetle çinko ilavesinin kan leptin düzeyini artırdığı gösterilmiştir (Kwun ve ark., 2007).

Ruminantlarda yapılan çalışmalarda, yeme yüksek çinko ilavesinin tiroid hormonları üzerine etkilerine yönelik çelişkili bildirimler bulunmaktadır. Nazifi ve ark. (2008) koyunlarda plazma çinko düzeyiyle tiroid hormonları arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu bildirmiştir. Çinko içeriği yeterli yemle beslenen sığırcılara periton içi 3 ppm dozda çinko uygulamasının tiroid hormon düzeylerini artırdığı hatta melatonin hormonunun tiroid hormonlarına olan olumsuz etkisini ortadan kaldırdığı ifade edilmiştir (Baltacı ve ark., 2004a). Yeme 250 ppm çinko (sülfat şekli) ilavesinin koyun ve Ankara keçilerinin kanında tiroid hormon düzeylerini azalttığı ileri sürülürken (Keçeci ve Keskin, 2002), % 1 ve % 2 çinko sülfatla muamele edilmiş soya unu yedirilen mandalarda kan tiroksin ve insulin düzeylerinin yükseldiği, plazma glikoz ve kolesterol düzeylerinin düştüğü (Dass ve ark., 2009), 250 ppm çinko içeren yemle beslenen koyunlarda (Avcı ve ark., 2013) ve 500 ppm çinko içeren yemle beslenen sığırlarda (Sobhanirad ve Naserian, 2012) kan leptin, insulin ve tiroid hormon düzeylerinin etkilenmediği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, tiroid hormon düzeyleri bakımından ruminant türleri arasında farklılıkların

olması ve keçilerin bazal metabolizmalarının ve kan tiroksin hormonu düzeylerinin koyun ve sığırlara göre daha yüksek olması (İnal, 1997) nedeniyle, çinkonun yüksek düzeylerinin keçilerde de insulin, leptin ve tirod hormonları üzerine etkilerine yönelik yeterli veri bulunmamaktadır.

Lipid peroksidasyonu oksidatif stresin en önemli göstergesi olup, stres durumlarında artmaktadır (Dündar ve Aslan, 2000). Çinkonun lipid peroksidasyonunu önlemesi (Cortose ark., 2008) ve antioksidan enzimlerin yapısında yer almasından dolayı, serbest radikallerin hücreye vereceği zararı azaltmaktadır. Bu sebeple sağlığı korumak amacıyla hem insan hem de hayvanlarda diyetlere ilave edilmesi tavsiye edilmektedir (Miller ve ark. 1993; Chien ve ark., 2006). Nitekim çinko düzeyi yüksek yemle beslenen sığanlarda antioksidan aktivitenin arttığı bildirilmektedir (Jing ve ark., 2007). Klinik ve subklinik mastitisli sığırlarda yapılan araştırmalarda; lipid peroksidasyonunun arttığı (Dündar ve ark., 2004) ve kan çinko düzeyinin azaldığı (Ranjan ve ark., 2005) gözlenmiştir. Bununla birlikte, Avcı ve ark. (2013) 250 ppm çinko ilave edilmiş yemle koyunları beslemenin lipid peroksidasyonu, total antioksidan ve glutasyon üzerine herhangi bir etkisinin olmadığını ve vitamin A düzeylerini değiştirmediğini bulmuşlardır. Diğer taraftan Yanagisawa ve ark. (2004) aşırı çinko tüketiminin oksidatif stresi artırdığını ileri sürmüşlerdir. Bu bilgiler, yüksek çinko tüketimine bağlı olarak çinkonun antioksidan etkisinin kaybolabileceğine işaret etmektedir.

2.3.3. Dokulara Etkisi

Çinko, tüm doku ve vücut sıvılarında demirden sonra en yaygın olarak bulunan esansiyel bir iz elementtir (Asi, 1996; Ülger ve Coşkun, 2003). Genel olarak sağ, yün, tırnak, kemik, kas, erkek cinsiyet organları, tükrük bezleri, karaciğer, dalak, böbrek, pankreas ve timus çinko yönünden zengindir (Uyanık, 2000). Salgueiro ve ark. (2002) büyümekte olan hayvanlarda, diğer organlara oranla kemiklerin daha fazla çinko içerdiğini bildirmektedirler.

Yüksek düzeyde çinko ilave edilmiş yemle beslenen keçi ve koyunlarda yapılan çalışmalarda; kıl (Eryavuz ve ark., 2002; Pavlata ve ark., 2011), karaciğer, dalak ve böbrek (Henry ve ark., 1997) çinko düzeylerinin de yükseldiği gözlenmiştir. Sandoval ve ark. (1997) 0, 700, 1400 ve 2100 ppm çinko ilave ederek besledikleri koyunlarda pankreas çinko düzeyini 1224 ppm, böbrekte 101.498, 1177 ve 1850 ppm, karaciğerde ise sırasıyla 97.355, 468 ve 524 ppm olarak bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu bulgulardan yola çıkarak yemdeki çinko düzeyindeki artışın doku çinko düzeyinde de linear bir artışa yol açtığını ileri sürmüşlerdir. İlave olarak çinkonun organik ve inorganik formlarının da doku çinko düzeyini etkilediği ifade edilmektedir (Sandoval ve ark., 1997). Çinko ilavesi sonucunda; karaciğer, böbrek, pankreas gibi en çok çinko ihtiva eden dokular ile kemik, kas ve deri gibi daha az çinko barındıran dokularda yüksek düzeyde depo edilmesi biyoyararlanımının güçlü bir göstergesidir (Ott ve ark., 1966).

Keratinize dokulardaki (kıl, yapağı, tırnak, boynuz) çinko miktarı, organizmadaki çinko düzeyinin belirlenmesinde önemli bir kriterdir (Özdemir ve ark., 2006). Nitekim Eryavuz ve ark. (2002) Ankara keçilerinin rasyonlarına çinko ilave ettikleri çalışmada, çalışma sonunda aldıkları tiftik numunelerinde 115.5 ile 128.67 ppm çinko olduğunu ifade etmişlerdir. Altıntaş ve ark. (1990) Akkaraman ırkı koyun ve melezleriyle yaptıkları çalışmada ortalama yapağı çinko değerlerini sırasıyla; 53.32 ve 54.43 ppm olarak kaydetmişlerdir. Kuzu yapağlarında çinko düzeyinin 66.06 ile 81.71 ppm olduğu bildirilmektedir (Özdemir ve ark., 2006). Eren ve ark. (2011) melez keçilerde yaptıkları çalışmada kıl çinko düzeylerinin 143.7 ve 145.0 ppm arasında olduğunu bulmuşlardır.

Beynin fizyolojik işlevlerinde çinkonun oynadığı role yönelik son yıllarda çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda, sinir uyarılarının oluşması ve iletilmesinde çinkonun önemli bir rol oynadığı gösterilmektedir (Sensi ve ark., 2011). Çinko homeostazisinde meydana gelen bozulmalarla insanlarda epilepsi, inme ve alzaymır gibi sinir hastalıkları arasında bir ilişki olabileceği ileri sürülmektedir (Tapiero ve Tew, 2003). Çinkonun beyinde ekzite edici sinapslarda nöromodulatör olarak etki ettiği, strese cevapta önemli bir role sahip olduğu ve bu nedenle beyin

sağlığı bakımından önemli olduğu ifade edilmektedir (Mocchegiani ve ark., 2005). Beyin omurilik sıvısında çinko düzeyi yaklaşık 100 µg/dl olup kan serumunda gözlenen düzeye benzerdir (Torres-Vega ve ark., 2012). Beyin çinko düzeyi ise 13-17 µg/g doku olarak bildirilmektedir (Grace ve Lee, 1990; Torres-Vega ve ark., 2012). Beyinde gri maddenin (50-80 µg/g) beyaz maddeden daha fazla çinko düzeyine sahip olduğu kaydedilmektedir. Merkezi sinir sistemindeki çinkonun %85-90'ı enzimatik komplekslere ve proteinlere bağlı, % 10-15'i sinaptik veziküller içerisinde depolanmış iyonik form şeklinde bulunduğu bildirilmektedir (Torres-Vega ve ark., 2012).

2.3.4. Hayvansal Verimlere Etkisi

Yeterli oranda (17 ppm) çinko içeren rasyonla beslenen hayvanlarda canlı ağırlık kazancına çinko ilavesinin etkili olmadığı (Reid ve ark., 1987; Grace ve Lee, 1990), böyle bir rasyonla beslemede çinkodan ziyade rasyondaki karbonhidrat, yağ, protein ve makromineralerin büyüme üzerinde daha etkili olabileceği (White ve ark., 1994), çinko ilavesinin canlı ağırlık artışı üzerine olan etkisinin özellikle çinko içeriği önemli oranda düşük (17 ppm'den daha az) rasyonlarla beslenen hayvanlarda gözlemlendiği bildirilmektedir (Reid ve ark., 1987; Güçüş ve ark., 1998). Merinos koyunlar dört ppm çinko içeren yemle beslendiğinde canlı ağırlık artışının azaldığı, ancak 10, 17 ve 27 ppm çinko içeren yemle beslenenlerde ise önemli bir farklılığın olmadığı kaydedilmektedir (White ve ark., 1994). Ankara keçilerinde yapılan bir çalışmada (Eryavuz ve ark., 2002), çinko içeriği yeterli diyetle çinko ilavesinin canlı ağırlık kazancı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirtilmektedir.

Daha önce yapılan çalışmalarda yemdeki 750 ppm çinkonun gebe koyunlarda olumsuz etkiler doğurduğu (Campell ve Mills, 1979) yönünde bilgiler bulunurken, daha sonraları koyunlarda (Bonhomme ve ark., 1980; Henry ve ark., 1997) ve sığırlarda yapılan (Miller ve ark., 1989; Froetschel ve ark., 1990) araştırmalarda ise yeme 1000 ppm çinko ilavesinin herhangi bir olumsuzluğa yol açmadığı tespit edilmiş ve bu nedenle 1000 ppm çinko tolere edilebilir maksimum düzey olarak kitaplara geçmiştir (McDowell, 1992; NRC, 2001). Üstelik Miller ve ark. (1989)

yaklaşık bir yıl süreyle 1000 ppm çinko içeren yemle besledikleri sığırlarda yem tüketimi, süt verimi, canlı ağırlık, sağlık ve reproduksiyonun olumsuz etkilenmediğini belirlemişler ve laktasyondaki sığırların herhangi bir olumsuzluk gözlenmeksizin 1000 ppm çinko içeren yemle uzun süre beslenebileceklerini ileri sürmüşlerdir. Ancak, yeme bu düzeyde yüksek bir çinko ilavesinin keçi ve manda gibi diğer ruminant hayvanlar üzerinde etkilerine yönelik çalışmalara rastlanılmamaktadır.

İneklerde plazma çinko düzeyiyle süt verimi arasında ilişkinin olduğu ve plazma çinko düzeyi düştüğü zaman süt veriminin de azaldığı kaydedilmektedir (Enjalbert ve ark., 2006). Nitekim, yeme 500 ppm organik çinko ilave edilen sığırlarda süt veriminin arttığı gözlenmiştir (Sobhanirad ve ark., 2010). Sütteki somatik hücre sayısı meme sağlığı hakkında bilgi veren önemli göstergelerdendir. Gaafar ve ark. (2010), mastitisli sığırlara günde beş ve on g çinko-metiyonin verilmesinin sütteki somatik hücre sayısını önemli oranda düşürdüğünü, hayvanlarda iyileşme zamanının kısaldığı ve tedavi masraflarının azaldığı bildirmektedir.

Ekonomik açıdan ele alındığında, rasyona yüksek düzeyde çinko ilavesinin; kuzularda canlı ağırlığı artırdığı (Aksoy ve ark., 2002), sığırlarda immun sistemi uyardığı, süt üretimini artırdığı, tırnak hastalıklarını azalttığı ve sütteki somatik hücre sayısını düşürdüğü (Kellog ve ark., 2004; Gaafar ve ark., 2010), fertilitiyi geliştirdiği (Wilde, 2006) ve doğumdan sonra ilk östrus görünme süresini kısalttığı (Campbell ve Miller, 1998) yönünde bildirimler bulunmaktadır.

2.4. Keçilerde Çinko Gereksinimi

Suttle (2010) laktasyonda olmayan keçilerde çinko ihtiyacının koyun ve ineklerle benzer olduğunu söylemiştir (yaklaşık kuru madde 20 ppm çinko). Kuru maddede 15 ppm çinko içeren ve büyük kısmı buğday samanı içeren rasyonun keçilere 171-200 gün boyunca yedirilmesinin klinik çinko eksikliğine neden olduğu bildirilmiştir (Chhabra ve Arora, 1993). Chhabra ve Arora (1985) temel rasyona ilave ile birlikte

kuru maddede 65 ppm çinko içeren diyetle beslenen keçilerde kontrol grubuna göre plazma çinko düzeyinin yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Melez keçilerde yapılan bir çalışmada serum çinko düzeyi 107.43- 105.33 µg/dl arasında bulunmuştur (Eren, 2011). Keçilerin kan serumunda normal çinko değerinin 80-120 µg/dl aralığında değiştiği bildirilmiştir (Altıntaş ve Fidancı, 1993).

Kaşmir ırkı keçilerde yapılabilen bir araştırmada kuru maddede 22.3 mg/kg çinkonun kıl gelişiminde yetersiz kaldığı, kaşmirin gelişim periyodu esnasında bu rasyona 30 mg/kg çinko ilavesine (toplamda 52.3 mg/kg kuru madde) gereksinim olduğu bildirilmektedir (Jia ve ark., 2008). Puchala ve ark. (1999) Ankara keçilerinin rasyonlarının kuru maddesinde 22 ppm ilave olarak günlük 40 ppm çinko verildiğinde canlı ağırlık kazancı ve tiftik veriminin olumlu etkilendiğini gözlemlemişlerdir.

Pechova ve ark. (2009) 14 gün boyunca günlük farklı çinko kaynaklarından 500 mg/Zn verdikleri keçilerin plazmasında çinko miktarının arttığını görmüşlerdir. Keçilerde farklı çinko formlarının uzun süreli olarak yeme ilave edildiği bir çalışmada gruplar oluşturulurken ölçülen plazma çinko düzeyini 100 ug/dl olarak ifade edilmiştir. Çalışmanın sonunda ise plazma düzeyinde herhangi bir değişikliğin olmadığı bildirilmiştir (Pavlata ve ark., 2011).

Keçilerde çinko ilavesinin performans, yem sindirimi ve plazma çinko seviyesi hakkında yapılan araştırmalar ve bilgiler oldukça sınırlıdır (Jia ve ark., 2008). Keçilerde yeme maksimum tolere edilebilir çinko düzeyine yönelik yeterli veri bulunmamaktadır.

2.5. Ankara Keçisi

İlk evcilleştirilen hayvan türlerinden olan keçi insan hayatında önemli bir yere sahiptir. Keçiler, yem kaynakları kapasitesinin ve özellikle sulama olanaklarının çok az bulunduğu bölgelerde mevcut yem kaynaklarını rasyonel değerlendirerek,

yetiştiricilerin ihtiyacı olan süt ve et gibi hayvansal ürünleri en ekonomik biçimde sunabilen hayvanlardır. Her türlü elverişsiz yaşam koşullarının egemen olduğu Orta Anadolu'nun zor iklim şartlarına adapte olmuş olan Ankara keçisi de bu bölgenin özel bir ırkı konumundadır ve burada yaşayan insanların en önemli ve hatta çoğu kez tek geçim kaynağını oluşturmaktadır (Aşkın, 2013)

Tüm dünyada “Angora goat” olarak tanınan başta Ankara ve çevresi olmak üzere İç Anadolu Bölgesi merkezi olmak üzere yetiştirilen Ankara keçileri geçim kaynağı olması yanı sıra aynı zamanda kültürel bir değerimizdir. Milli bir gen kaynağı olan Ankara keçilerinin ekonomik beslemenin ancak tiftik verimiyle olduğu ve bu hayvanların gerek lif gelişimi gerekse üretim miktarı yönünden dünyanın en iyi lif üreticisi olarak kabul edildiği kaydedilmektedir (Eryavuz ve ark., 2002). Başlıca tiftik veriminden yararlanan ve bu amaçla üretilen Ankara keçisi (Tiftik keçisi, *Capra hircus*) yurdumuzun öz varlığı olmasına rağmen son yıllarda sayısı giderek azalmıştır. Bu durumda sentetik liflerin ucuz olması küçükbaş hayvancılığı içindeki payı % 0.4' lere düşmüştür. 1950'li yıllarda sadece Ankara'da sayıları 5 milyonu aşarken (Şahin, 2013) günümüzde bu sayı 151.091 baş olarak bildirilmiştir (TÜİK, 2013). Parlak, beyaz, uzun ve ince olan tiftiği için yetiştirilen Ankara keçisi, evcilleştirilen keçi türlerinin en küçük ve narin yapılı olanıdır. Ankara keçilerinin ortalama ömürleri 8-15 yıl arasında olup bir keçinin ağırlığı ise 25-45 kg civarındadır. Ankara keçisine ününü veren ve tüm bedenini kaplayan, ince, sık, yumuşak, dayanıklı, yüksek yalıtım özelliğine sahip, kir tutmayan buna karşılık kolaylıkla boyanabilen ve de en belirgin özelliği olan göz alıcı parlaklıktaki tiftiğidir. Günümüz Türkiye'sinde değerini önemli ölçüde yitirmiş olsa da sahip olduğu bu özelliği ile geçmişte uluslararası tarım sektöründe Ankara keçisi uzun zaman çok özel bir konuma ve üne sahip olmuştur (Şahin, 2013).

İmmun cevap ve antioksidan aktivite bakımında önemli bir mineral olması nedeniyle çinko, sağlıklı yaşamın devamı ve korunması için gıdalarla alınması gerekli bir mineraldir. Organizmada sergilediği önemli işlevlere rağmen, toprakta çinko yetersizliğinin olduğu bölgelerde yetiştirilen hayvanlar tarafından günlük tüketimi de yetersiz olmaktadır. Bu sorunu gidermek için yapılacak müdahaleler

arasında hayvanların tükettiği yemlerin çinkoyla zenginleştirilmesi de yer almaktadır. Bununla birlikte keçilerin yeminde güvenli en yüksek çinko düzeyine yönelik günümüze kadar yapılmış çalışma sayısı oldukça yetersizdir. Bu nedenle, ülkemizde toprakta çinko yetersizliğinin en yaygın olduğu Orta Anadolu köylüsünün geçim kaynaklarından olan ve bu bölgeden dünyaya yayılan Ankara keçilerinde yüksek çinko tüketimine bağlı olarak kan ve rumen içeriğinde meydana gelebilecek değişiklikler ile canlı ağırlık üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla çalışma gerçekleştirildi.

3.GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Hayvan Materyali ve Uygulama

Bu çalışmada sağlıklı, yaklaşık bir yaş ve canlı ağırlıkları ortalama 34.85 kg olan 24 baş erkek Ankara keçisi kullanıldı. Araştırmada kullanılan hayvan materyali TİGEM Anadolu Tarım İşletmeleri Müdürlüğünden (Mahmudiye/Eskişehir) temin edildi. Hayvanlar deneme süresince, Afyon Kocatepe Üniversitesi Hayvancılık Araştırma Merkezi Müdürlüğü'nde gruplar arası temas kurmalarını engelleyecek şekilde özel olarak hazırlanan bölmelerde barındırıldı. Araştırmaya başlamadan önce keçilere gerekli sağlık kontrolleri yapılarak, iç ve dış parazitlere karşı koruyucu uygulamalar yapıldı. Bu çalışma, AKÜ Deney Hayvanları Etik Kurulu'ndan (B.30,2.AKÜ.0.A2.00.000/272) onay alınarak gerçekleştirildi.

Hayvanlar, NRC (2007)'nin keçiler için bildirildiği günlük kuru madde ve besin madde ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde hazırlanan rasyonla beslendi (Tablo 3.1.1). Keçiler, Araştırma Merkezi Müdürlüğüne nakledildikten sonra hem çalışma ortamına hem de çalışma rasyonuna adapte olabilmeleri için 15 günlük bir adaptasyon sürecine tabi tutuldu. Bu süreç boyunca tedrici artırımlar ile hayvanların çalışma rasyonuna adapte olmaları sağlandı. Rasyona giren tüm yem ham maddelerinin ham protein, ham yağ, ham selüloz, ham kül, kuru madde düzeyleri Weende analiz yöntemiyle (AOAC, 1984) belirlenirken; asit deterjanda çözülebilir lif (ADF) ve nötral deterjanda çözülebilir lif (NDF) analizleri ise Georing ve Van Soest (1970)'in bildirdikleri yöntem doğrultusunda yapıldı (Tablo 3.1.2). Elde edilen verilerden yararlanılarak net enerji düzeyi hesaplandı. Yapılan analizler sonucunda, araştırmada keçilerin beslenmesinde kullanılan karma yemlerin izokalorik ve izonitrojenik olması sağlandı (Tablo 3.1.2).

Hayvanlardan 15 günlük adaptasyon süreleri sonunda çinko düzeylerinin belirlenmesi için kan örnekleri alındı. Çinko düzeyleri birbirine yakın olacak şekilde her grupta 6 adet deneme hayvanı olmak üzere 4 gruba ayrıldı. Gruplandırma sonrası keçi grupların kan çinko düzeyleri bakımından homojenliği bilgisayar paket

programı (SPSS,16.0) kullanılarak belirlendi. Gruplardaki hayvanların başlangıç ortalama kan çinko düzeyleri 96 ve 108 µg/dl arasında (Tablo 4.4; p>0,05) olduğu ve varyansların homojen olduğu tespit edildikten sonra çalışmaya başlandı. Hayvanlar çalışmanın başlangıcında, araştırmanın 15. ve 30. gününde küçükbaş hayvan baskülü (Dikomsan, RCV-600) ile tartılarak canlı ağırlıkları belirlendi. Kontrol grubu hayvanları temel rasyonla, 1. deneme grubunda 500 ppm, 2.deneme grubunda 750 ppm ve 3.deneme grubunda 1000 ppm çinko ilave edilen rasyonla beslendi. Araştırmada çinko kaynağı olarak kullanılan çinko sülfat (Zinc sulfate heptahydrate pure, ZnSO₄.7H₂O, 1kg, Kartal Kimya) rasyonun karma yem kısmına ilave edildi. Gruplardan alınan rasyon örneklerinin çinko analizleri ICP-MS (Agilent Technologies, ASX-500, Model No. 63286A) cihazında, aletin kullanım kılavuzunda belirtilen yöntem kullanılarak, yapıldı ve sonuçlar Tablo 3.1.3'de verildi. Tüm gruplardaki hayvanların günlük yem tüketimi 1.2 kg/gün kuru madde olarak hesap edildi.

Tablo 3.1.1. Çalışmada kullanılan rasyonun içeriği (% kuru madde bazında).

Rasyon	
Kuru madde tüketimi (kg/gün)	1,2
Rasyonda Kullanılan Yemler	%
Arpa Samanı	52,74
Yonca	32,14
Konsantre Yem Karması	15,12
Rasyonun Kimyasal Kompozisyonu	
Metabolik Enerji (Mcal/kg)	2,16
Ham Protein	10,1
Metabolik Protein	7,1
Rumende Yıkılabilir Protein	3,9
ByPass Protein	2,1

Tablo 3.1.2. Çalışmada kullanılan konsantre yem karmalarının kompozisyonu (%).

Yem Hammaddeleri	KONTROL	500 PPM	750 PPM	1000 PPM
Arpa	50,7	50,7	50,7	50,7
Mısır	30	30	30	30
Ayçiçeği Tohumu Küspesi	10	9,47	9,27	9,07
Soya Fasülyesi Küspesi	7,3	7,61	7,7	7,79
Kireç Taşı	1,5	1,5	1,5	1,5
Tuz	0,5	0,5	0,5	0,5
Çinko Sülfat	0	0,22	0,33	0,44
Karma Yemlerin Kimyasal Kompozisyonu				
Metabolik Enerji (Mcal/kg)	2,68	2,68	2,68	2,68
Ham Protein	15,2	15,2	15,2	15,2
Ham Selüloz	5,3	5,3	5,3	5,3
ADF	6,8	6,9	6,9	6,9
NDF	16,7	16,6	16,6	16,7
Ca	0,6	0,6	0,6	0,6
P	0,4	0,4	0,4	0,4
Na	0,2	0,2	0,2	0,2

Tablo 3.1.3. Çalışmadaki rasyonların çinko düzeyleri.

GRUPLAR	PPM
KONTROL	31,76
500 PPM	543,24
750 PPM	802,44
1000 PPM	1057,15

Hayvanlarda uygulamaların tiftik çinko düzeyine etkilerini tespit etmek amacıyla sağ skapula bölgesinden avuç içi büyüklüğündeki alandan tiftikleri kırıldıktan sonra araştırma başlatıldı. Toplam 30 günlük deneme süresince 15. ve 30. günlerde rumen içeriği ve kan örnekleri alındı. Rumen içeriğinde protozoon sayısı, pH ve amonyak düzeyleri belirlenirken; kan örneklerinde ise alyuvar ve akyuvar sayıları, hemoglobinin miktarı, hematokrit değeri ve alyuvar formülü, plazma kolesterol, glikoz ve üre düzeyleri, çinko, demir ve bakır ile antioksidan aktivite ve malondialdehit seviyeleri, insülin, leptin ve tiroid hormon düzeyleri belirlendi.

3.2. Metot

Laboratuvarında araştırma amacıyla kullanılan bütün cam malzemelerin kirliliklerinin önüne geçilebilmesi için önce deterjanlı temizleme solüsyonlarıyla yıkandı. Daha sonra nitrik asitli solüsyonda bir gece bekletildi ve bidistile su ile yıkanarak etüvde kurutuldu.

3.2.1. Örneklerin Alınması

Araştırmanın 15. ve 30. günlerinde sabah yemlemesinden önce, rumen içeriğinin karışması amacıyla hayvanların rumen bölgesine masaj yapıldıktan sonra, iç çapı 5-6 mm olan rumen sondası ile özefagustan girilerek geniş hacimli enjektör yardımıyla rumen içeriği rumenin ventral kesesinden, yeteri kadar kan örneği de vena jugularisten jelli ve heparinli tüplere alındı. Kan örneklerinin santrifüj (Nüve, NF 1000R) işlemi (1500 g, 4 °C, 15 dk) yapılarak elde edilen plazma ve serum örnekleri ependorf tüplere alınarak analiz edilinceye kadar (-) 20 °C'de dondurucuda saklandı. Hayvanlardan deneme sonu alınan kıl örnekleri, deneme öncesi kırkılan bölgeden kırkım yapılarak elde edildi. Deneme sonunda hayvanların özel mezbahanedeki kesim işlemi yapılarak karaciğer, pankreas ve böbrek doku örnekleri alındı.

3.2.2. Rumen Numunelerinin Analizi

a) Rumen içeriği pH'sının ölçülmesi: Rumen içeriği örnekleri alındıktan hemen sonra pH'sı digital pH-metre (Hanna Instruments pHmater) ile ölçüldü.

b) Rumen içeriği amonyak azotu düzeyinin belirlenmesi: Çalışmada rumen içeriği amonyak azotu düzeyi ticari kit (Sigma, AA0100) kullanılarak ELISA cihazıyla (Thermo Scientific, Multiskan FC) belirlendi.

c) Rumen içeriği protozoon sayısının belirlenmesi: Rumen içeriği örnekleri süzöldükten sonra protozoon solüsyonu (150 ml gliserin, % 37'lik 20 ml formol, 820

ml distile su) ile 1/50 oranında sulandırılmıştır. McMaster lamında her bir örnek için protozoonların mikroskopta (Olympus marka CX21FS1) paralel sayılmasını takiben ortalaması alınmış ve aşağıdaki formül yardımıyla ml rumen içeriğindeki miktarları belirlenmiştir (Sulu ve ark., 1988).

$$\text{Protozoon sayısı/ml} = \frac{\text{Sayılan protozoon sayısı} \times \text{Sulandırma oranı}}{150} \times 1000$$

3.2.3. Hematolojik Parametrelerin Analizi

a) Alyuvar sayımı: Alyuvar sayısı, kan örneklerinin alyuvar sulandırma pipetinde Hayem eriyiği ile 200 kat sulandırılmasından sonra Thoma lamı yardımıyla ışık mikroskobunun 40'lık objektifinde hücrelerin sayılması yoluyla elde edildi (Konuk, 1981).

b) Akyuvar sayımı: Akyuvar sayısı, kan örneklerinin akyuvar sulandırma pipetinde Türk eriyiği ile 10 kat sulandırılmasından sonra Thoma lamı yardımıyla ışık mikroskobunda hücrelerin sayılması yoluyla elde edildi (Konuk, 1981).

c) Hemogloblin miktarı: Alınan kan örneklerindeki hemogloblin miktarı Drabkin metodu ile spektrofotometrik olarak ELISA cihazında belirlendi (Fairbanks ve Klee; 1987).

d) Hematokrit değeri: Hematokrit değeri örneklerin mikrohematokrit santrifüj aletinde (Elektro-mag M-19) 5 dakika süreyle 11000 devir/dk santrifüj edilmesiyle belirlendi (Konuk, 1981).

e) Akyuvar tipleri: Akyuvar tiplerinin yüzde oranları May-Grünwald-Giemsa boyama yöntemi ile boyanan sürme kan frotilerinde hücrelerin, ışık mikroskobunun immersiyon objektifinde, identifikasyonu yolu ile hesaplandı (Konuk, 1981).

3.2.4. Tam Kan ve Plazmada Bazı Biyokimyasal Parametrelerin Analizi

a) Plazma üre azotu düzeyinin belirlenmesi: Plazma üre azotu düzeyi ticari kit (Human, Germany Kat No:12013) kullanılarak spektrofotometrik (Shimadzu UV 1601) olarak belirlendi.

b) Plazma glukoz düzeyi ölçümü: Çalışmada plazma glukoz düzeyi ticari test kiti (Human, Germany Kat No: 13002) kullanılarak ELISA cihazıyla ölçüldü.

c) Plazma kolesterol düzeyi ölçümü: Plazma kolesterol düzeyleri ticari test kiti (Human, Germany Kat No:12021) kullanılarak ELISA cihazıyla belirlendi.

d) Malondialdehit (MDA), antioksidan aktivite (AOA) ve Glutasyon (GSH) düzeyinin belirlenmesi: Kan örneklerinde MDA düzeyleri Draper ve Hardley (1990)'nın, AOA Koracevic ve ark. (2001)'in ve GSH Beutler (1963)'in bildirdikleri yöntemlere göre tespit edildi.

e) Serum TT₃, ST₃, TT₄, ST₄, İnsülin ve Leptin hormonlarının ölçülmesi: Keçiye spesifik TT₃ (Mybiosource, Kat. No. MBS264631), ST₃ (Mybiosource, Kat. No. MBS260630), TT₄ (Mybiosource, Kat. No. MBS267757), ST₄ (Mybiosource, Kat. No. MBS261576), insülin (Mybiosource, Kat. No. MBS290179) ve leptin (Mybiosource, Kat. No. MBS269563) ticari test kitleri kullanılarak ELISA cihazında belirlendi.

f) Serum, rumen içeriği ve doku (karaciğer, böbrek, pankreas ve tiftik) çinko düzeylerinin belirlenmesi: Serum, rumen içeriği ve dokular asitle muamele edilerek mikrodalga fırında (Sineo Marka, MDS-10 Model) yakma işlemi uygulandı. Bu sayede ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer) cihazında ölçüme hazır hale getirildi. 0.5 ml serumun ve rumen içeriğinin üzerine 8 ml % 70' lik nitrik asit (Merck) eklendi. Dokulardan 0,2 gr tartıldı ve üzerine 8 ml % 70' lik nitrik asit ve 1 ml perklorik asit (Sigma) eklendi. Mikrodalgada belirtilen ısı derecesi ve sürede yakıldı. Yakma işleminin tamamlanması ile ICP-MS'te ölçümler gerçekleştirildi.

3.2.5. Hayvanların Canlı Ağırlıklarının Belirlenmesi

Çalışmada kullanılan hayvanlar çalışmanın başlangıcı, 15.gün ve 30. gün küçükbaş hayvan baskülü (Dikomsan, RCV-600) ile tartılarak canlı ağırlıkları kaydedildi ve grup ortalamaları belirlendi.

3.2.6. İstatistiksel Analizler

Bu araştırmada istatistik analizler için ‘‘SPSS 16.0 istatistik paket programı’’ kullanıldı. Araştırmada değerlendirilen parametrelere ait düzeyler bakımından gruplar arasında farklılığın karşılaştırılmasında ‘‘ANOVA’’, farkın kaynağının belirlenmesinde ise Tukey testi kullanıldı. Grup içi 15 ve 30 gün değerlerinin karşılaştırılmasında ise ‘‘t’’ testi uygulandı.

4. BULGULAR

Keçilerde yeme 0, 500, 750 ve 1000 ppm çinko ilavesinin canlı ağırlığa etkisi Tablo 4.1'de gösterildi. 30 günlük araştırma dönemi sonunda elde edilen ortalama canlı ağırlıklar sırasıyla; 35.71, 35.65, 35.45 ve 36.20 kg olarak bulundu ve istatistiksel açıdan bir fark gözlenmedi ($p>0,05$).

Tablo 4.1. Keçilerde yeme değişik düzeylerde çinko ilavesinin canlı ağırlığa etkisi (kg) (n=6,±SEM).

	Örnekleme					p
	Zamanı	0	500	750	1000	
Canlı	0.gün	34,98±1,18	34,90± 1,30	34,90 ±1,46	34,83±1,27	0,999
Ağırlık	15. gün	35,10±1,59	35,21±1,55	35,23±1,67	35,85±1,42	0,989
	30. gün	35,71±1,43	35,65±1,85	35,45±1,94	36,20±1,70	0,992

Keçilerde yeme değişik düzeylerde çinko ilavesinin rumen içeriği pH, amonyak azotu, protozoon sayısı, Zn, Cu ve Fe düzeylerine etkisi Tablo 4.2'de gösterilmektedir. 15. gün rumen içeriği pH değerleri 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 6.92, 6.96, 6.80 ve 6.91 düzeylerinde belirlendi. Aynı değerler 30. günde 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 6.87, 7.00, 6.76 ve 6.93 olarak bulundu. Gruplar arasında farklılık olmadığı saptandı ($p>0,05$).

Araştırmada 15. gün rumen içeriği amonyak azotu değerleri 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 15.16, 12.85, 12.31 ve 11.19 mg/dl düzeylerinde belirlendi. Kontrol grubuna göre çinko ilave edilen gruplarda amonyak azotu düzeyinin azaldığı saptandı ($p<0,01$). Aynı değerler 30. günde 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 15.37, 13.21, 12.29 ve 9.18 mg/dl olarak bulundu ve rumen içeriği amonyak azotu düzeyinde 0 ve 500 ppm grupları arasında fark yok iken 750 ve 1000 ppm gruplarındaki azalma istatistiksel açıdan önemli olduğu görüldü ($p<0,01$).

Araştırmanın 15. gününde alınan rumen içeriğinde protozoon sayısı 0 ppm, 500 ppm, 750 ppm ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 394.16×10^3 , 344.20×10^3 , 260.14×10^3

ve 247.08×10^3 ml olarak belirlendi. Araştırmanın 30. gününde alınan rumen içeriğinde Rumen protozoon sayısı 0 ppm, 500 ppm, 750 ppm ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 375.27×10^3 , 266.52×10^3 , 205.83×10^3 ve 186.11×10^3 ml olarak saptandı ve gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulundu. Kontrol grubuna göre 500, 750 ve 1000 ppm grubunda bir azalmanın olduğu ve bu azalışın 750 ve 1000 ppm gruplarında benzer olduğu görüldü ($p < 0,001$). Yine 15. ve 30. günler karşılaştırıldığında 750 ppm ($p < 0,001$) ve 1000 ppm ($p < 0,01$) gruplarında grup içinde protozoon sayısında azalmayla kendini gösteren bir fark görüldü. Bu sonuçlara göre yemdeki çinko düzeyindeki artışa paralel bir şekilde protozoon sayısının da azaldığı gözlenmektedir.

Araştırmanın 15. gününde alınan rumen içeriğinde rumen Zn düzeyi; 0 ppm, 500 ppm, 750 ppm ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 0.77, 1.04, 1.22 ve 1.57 ug/ml olarak belirlendi. Buna göre; kontrol grubuna göre 1000 ppm grubunda bu düzeyin yüksekliği istatistiksel açıdan önemliydi ($p < 0,05$). Araştırmanın 30. gününde alınan rumen içeriğinde rumen Zn düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 0.96, 1.12, 1.35 ve 1.51 $\mu\text{g/ml}$ olarak belirlendi. Buna göre; 0 ppm grubuna göre 1000 ppm grubunda bu düzeyin yüksekliği istatistiksel açıdan önemliydi ($p < 0,05$).

Araştırmanın 15. gününde alınan rumen içeriğinde rumen Cu düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 0.30, 0.32, 0.45 ve 0.40 $\mu\text{g/ml}$ olarak ölçüldü ve herhangi bir fark görülmedi ($p > 0,05$). Araştırmanın 30. gününde alınan rumen içeriğinde rumen Cu düzeyi (ug/ml); 0 ppm, 500 ppm, 750 ppm ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 0.51, 0.64, 0.87 ve 1.38 olarak ölçüldü ve bu mineralin düzeyi 1000 ppm grubunda 0 ppm grubuna göre daha yüksek olduğu bulundu ($p < 0,05$). Yine 15. ve 30. günler karşılaştırıldığında 500 ppm ($p < 0,001$), 750 ppm ($p < 0,01$) ve 1000 ppm ($p < 0,001$) grupları kendi içinde karşılaştırıldığında 30. gün değerlerinin daha yüksek olmasının istatistiksel açıdan önemli olduğu görüldü.

Tablo 4.2. Keçilerde yeme değişik düzeylerde çinko ilavesinin rumen içeriği pH, amonyak azotu (mg/dl), protozoon sayısı (10^3 /ml), Zn, Cu ve Fe (μ g/ml) düzeylerine etkisi (n=6, \pm SEM).

	Örnekleme					p
	zamani	0	500	750	1000	
pH	15.gün	6,92 \pm 0,10	6,96 \pm 0,03	6,80 \pm 0,06	6,91 \pm 0,06	0,479
	30.gün	6,87 \pm 0,04	7,00 \pm 0,05	6,76 \pm 0,07	6,93 \pm 0,03	0,056
Amonyak Azotu	15.gün	15,16 \pm 0,51 ^a	12,85 \pm 0,64 ^b	12,31 \pm 0,35 ^b	11,19 \pm 0,67 ^b	0,001
	30.gün	15,37 \pm 0,98 ^{ab}	13,21 \pm 1,40 ^b	12,29 \pm 0,53 ^c	9,18 \pm 1,02 ^d	0,003
Protozoon Sayısı	15.gün	394,16 \pm 16 ^a	345,00 \pm 42 ^a	260,14 \pm 21 ^{b†††}	247,08 \pm 24 ^{b††}	0,003
	30.gün	375,27 \pm 25 ^a	266,53 \pm 12 ^b	205,83 \pm 21 ^c	186,11 \pm 15 ^c	0,000
Zn	15.gün	0,77 \pm 0,13 ^b	1,04 \pm 0,20 ^{ab}	1,22 \pm 0,26 ^{ab}	1,57 \pm 0,16 ^a	0,048
	30.gün	0,96 \pm 0,08 ^b	1,12 \pm 0,19 ^{ab}	1,35 \pm 0,17 ^{ab}	1,51 \pm 0,11 ^a	0,037
Cu	15.gün	0,30 \pm 0,08	0,32 \pm 0,09 ^{†††}	0,45 \pm 0,10 ^{††}	0,40 \pm 0,04 ^{†††}	0,636
	30.gün	0,51 \pm 0,12 ^b	0,64 \pm 0,15 ^b	0,87 \pm 0,08 ^{ab}	1,38 \pm 0,03 ^a	0,034
Fe	15.gün	1,81 \pm 0,11 ^a	1,33 \pm 0,11 ^{ab}	1,50 \pm 0,14 ^{ab}	0,83 \pm 0,28 ^{b††}	0,038
	30.gün	1,45 \pm 0,17	1,32 \pm 0,61	1,34 \pm 0,14	1,64 \pm 0,39	0,902

^{a,b,c}: Aynı sırada farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel bakımdan önemlidir.

Aynı gruplar arasında 15. ve 30. günlerde istatistiksel olarak fark önemlidir (†: p<0,05; ††: p<0,01; †††: p<0,001).

Araştırmanın 15. gününde alınan rumen içeriğinde rumen Fe düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 1.81, 1.33, 1.50 ve 0.83 ug/ml düzeyinde ölçüldü ve 0 ppm grubuna göre 1000 ppm grubunda bu mineral yönünden meydana gelen azalma istatistiksel açıdan önemliydi ($p<0,05$). Araştırmanın 30. gününde alınan rumen içeriğinde rumen Fe düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 1.45, 1.32, 1.34 ve 1.64 ug/ml olarak ölçüldü ve gruplar arasında herhangi bir istatistiksel fark olmadığı görüldü ($p>0,05$). Yine 15. ve 30.günler karşılaştırıldığında; sadece 1000 ppm grubunda 15. güne kıyasla 30. günde bu değerlerin artışı istatistiksel yönden önemliydi ($p<0,01$).

Keçilerde yeme değişik düzeylerde çinko ilavesinin alyuvar, hemoglobin, hematokrit, akyuvar ile nötrofil, lenfosit, monosit, eozinofil ve bazofil üzerine etkisi Tablo 4.3'de gösterilmektedir.

Araştırmanın 15. gününde alınan kan örneklerinde sayılan alyuvar sayısı; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 15.87, 15.50, 1567 ve 16.25 $10^6/mm^3$ olarak belirlendi ve gruplar arasında fark gözlenmedi. Araştırmanın 30. gününde alınan kan örneklerinde alyuvar sayısı; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 12.72, 14.84, 15.46 ve 16.17 $10^6/mm^3$ olarak belirlendi ve gruplar arasındaki fark önemliydi ($p<0,001$).

Araştırmanın 15. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen hemoglobin düzeyi 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 9.28, 8.79, 9.84 ve 10.45 gr/dl olarak bulundu ve gruplar arasında fark önemsizdi ($p>0,05$). Araştırmanın 30. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen hemoglobin düzeyi 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 7.93, 8.44, 9.36 ve 9.70 gr/dl olarak bulundu ve gruplar arasında fark saptandı ($p<0,01$).

Araştırmanın 15. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen hematokrit düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 24.83, 25.33, 26.66 ve 27.16 % olarak belirlendi ve gruplar arasında fark gözlenmedi ($p>0,05$). Araştırmanın 30. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen hematokrit düzeyi; 0 500, 750 ve 1000 ppm

gruplarında sırasıyla; 24.66, 25.00, 25.83 ve 25.50 olarak belirlendi ve gruplar arasında fark gözlenmedi ($p>0,05$).

Araştırmanın 15. gününde alınan kan örneklerinde sayılan akyuvar sayısı; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 10.45, 10.80, 10.86 ve 10,75 $10^3/\text{mm}^3$ olarak belirlendi, gruplar arasındaki fark önemsizdi ($p>0,05$). Araştırmanın 30. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen akyuvar sayısı; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 8.90, 9.70, 9.61 ve 9.71 $10^3/\text{mm}^3$ olarak belirlendi, gruplar arasındaki fark önemsizdi ($p>0,05$).

Araştırmanın 15. gününde alınan kan örneklerinden hazırlanıp boyanan frotilerde nötrofil; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 31.83, 26.50, 33.16 ve 32.50 % olarak belirlendi ve gruplar arasındaki farklılık önemsizdi ($p>0,05$). Araştırmanın 30. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen nötrofil; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 26.16, 32.83, 30.00 ve 36.83 % olarak belirlendi ve gruplar arasındaki fark önemliydi. 1000 ppm çinko ilave edilen keçilerin nötrofil sayısının kontrol grubundakilere göre arttığı gözlemlendi ($p<0,05$).

Araştırmanın 15. gününde alınan kan örneklerinden hazırlanıp boyanan frotilerde lenfosit; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 65.66, 70.50, 63.50 ve 65.33 % olarak belirlendi, gruplar arasındaki fark önemsizdi ($p>0,05$). Araştırmanın 30. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen lenfosit oranı; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 71.83, 66.33, 68.66 ve 61.33 % olarak belirlendi ve gruplar arasındaki fark önemliydi ($p<0,05$).

Araştırmanın 15. gününde alınan kan örneklerinden hazırlanıp boyanan frotilerde monosit; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 0.40, 0.83, 1.16 ve 0.50 % olarak belirlendi, gruplar arasında fark önemsizdi ($p>0,05$). Araştırmanın 15. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen monosit sayısı 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 0.50, 0.33, 0.83 ve 0.33 % olarak belirlendi, gruplar arasında fark önemsizdi ($p>0,05$).

Tablo 4.3. Keçilerde yeme değişik düzeylerde çinko ilavesinin alyuvar ($10^6/\text{mm}^3$), hemoglobin (gr/dl), hematokrit (%), akyuvar ($10^3/\text{mm}^3$), nötrofil (%), lenfosit (%), monosit (%), eozinofil (%), bazofil (%) üzerine etkisi (n=6,±SEM).

Örnekleme		0	500	750	1000	P
	zamanı					
Alyuvar	15.gün	15,87±1,01†	15,50±1,01	15,67±0,51	16,25±0,84	0,951
	30.gün	12,72±0,37 ^a	14,85±0,28 ^b	15,46±0,47 ^b	16,18±0,42 ^c	0,000
Hemoglobin	15.gün	9,28±0,41	8,79±0,35	9,84±0,68	10,45±0,68	0,208
	30.gün	7,93±0,45 ^c	8,44±0,39 ^{bc}	9,36±0,21 ^{ab}	9,70±0,22 ^a	0,004
Hematokrit	15.gün	24,83±1,35	25,33±1,40	26,66±1,35	27,16±1,13	0,567
	30.gün	24,66±1,14	25,00±0,89	25,83±1,27	25,50±0,67	0,856
Akyuvar	15.gün	10,50±0,58	10,80±0,10	10,86±0,10	10,76±0,92	0,989
	30.gün	8,90±0,44	9,70±0,38	9,62±0,90	9,72±0,85	0,809
Nötrofil	15.gün	31,83±2,16†	26,50±2,62	33,16±1,37	32,50±1,99	0,129
	30.gün	26,16±1,24 ^b	32,83±2,12 ^{ab}	30,00±2,78 ^b	36,83±2,34 ^a	0,018
Lenfosit	15.gün	65,66±1,90†	70,50±2,47	63,50±1,38	65,33±2,04	0,113
	30.gün	71,83±1,16 ^a	66,33±2,04 ^b	68,66±2,88 ^{ab}	61,33±2,45 ^b	0,023
Monosit	15.gün	0,40±0,24	0,83±0,30	1,16±0,16	0,50±0,22	0,140
	30.gün	0,50±0,22	0,33±0,21	0,83±0,30	0,33±0,21	0,434
Eozinofil	15.gün	1,50±0,22	1,13±0,16	1,33±0,33	1,33±0,42	0,619
	30.gün	1,00±0,25	0,73±0,21	0,83±0,21	1,00±0,25	0,076
Bazofil	15.gün	0,66±0,33	0,50±0,22	0,83±0,30	0,33±0,21	0,612
	30.gün	0,33±0,21	0,16±0,16	0,46±0,16	0,16±0,16	0,883

^{a,b,c}: Aynı sırada farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel bakımdan önemlidir.

Aynı gruplar arasında 15. ve 30. günlerde istatistiksel olarak fark önemlidir (†: p<0,05; ††: p<0,01; †††: p<0,001).

Araştırmanın 15. gününde alınan kan örneklerinden hazırlanıp boyanan frotilerde eozinofil; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 1.50,1.83,1.33 ve 1.33 olarak belirlendi, gruplar arasında fark önemsizdi ($p>0,05$). Araştırmanın 15. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen eozinofil sayısı 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 1.00,0.33,0.33 ve 1.00 % olarak belirlendi, gruplar arasında fark önemsizdi ($p>0,05$). Araştırmanın 15. gününde alınan kan örneklerinden hazırlanıp boyanan frotilerde bazofil; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 0.66, 0.50,0.83 ve 0.33 % olarak belirlendi, gruplar arasında fark önemsizdi ($p>0,05$). Araştırmanın 30. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen bazofil sayısı 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 0.33, 0.16, 0.16 ve 0.16 % olarak belirlendi, gruplar arasında fark önemsizdi ($p>0,05$).

Keçilerde yeme değişik düzeylerde çinko ilavesinin plazma kolesterol, glukoz, üre, AOA; tam kan GSH, MDA ile serum Zn, Cu ve Fe düzeylerine etkisi Tablo 4.4'de gösterilmektedir. Araştırmanın 15. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen plazma kolestrol düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarında sırasıyla; 44.21, 42.16, 39.29 ve 42.38 mg/dl olarak bulundu ve gruplar arasındaki fark önemsizdi ($p>0,05$). Araştırmanın 30. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen kolestrol düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 40.42, 46.27, 52.48 ve 40.95 mg/dl olarak ölçüldü ve gruplar arasında istatistiksel açıdan bir fark belirlenmedi ($p>0,05$).

Araştırmanın 15. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen plazma glukoz düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 61.52, 46.16, 54.48 ve 50.66 mg/dl olarak ölçüldü ve gruplar arasındaki fark önemsizdi ($p>0,05$). Araştırmanın 30. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen glukoz düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 38.59, 47.45, 48.85 ve 47.45 mg/dl olarak ölçüldü ve gruplar arasındaki fark önemsizdi ($p>0,05$).

Araştırmanın 15. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen plazma üre azotu düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 41.16, 32.78, 34.43 ve 37.59 mg/dl olarak ölçüldü ve aralarındaki fark önemsizdi ($p>0,05$). Araştırmanın 30.

gününde alınan kan örneklerinde ölçülen plazma üre azotu düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla;38.28,46.93,52.42 ve 54.33 mg/dl olarak ölçüldü aralarındaki fark istatistiksel açıdan önemliydi ($p<0,05$). Kontrol grubunu göre plazma üre azotu düzeyinin 500 ppm grubunda değişmediği 750 ve 1000 ppm grubunda ise yükseldiği görüldü ($p<0,05$).

Araştırmanın 15. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen tam kan GSH düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 13.41, 15.27, 16.07 ve 15.35 $\mu\text{mol/L}$ olarak belirlendi ve aralarındaki fark önemsizdi ($p>0,05$). Araştırmanın 30. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen plazma GSH düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 9.68, 17.75, 14.29 ve 15.62 $\mu\text{mol/L}$ olarak ölçüldü. Gruplar arasında istatistiksel açıdan fark vardı ($p<0,01$). Kontrol grubunda 15. güne göre 30. günde bir azalma oluşu önemliydi ($p<0,05$).

Araştırmanın 15. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen tam kan MDA düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 4.33, 3.02, 3.57 ve 4.29 nmol/L olarak bulundu ve gruplar arasındaki fark önemliydi ($p<0,001$). 0 ve 1000 ppm grubuna göre 500 ve 750 ppm grubunda MDA düzeyinin azaldığı tespit edildi. Araştırmanın 30. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen tam kan MDA düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 6.26,5.13, 5.27 ve 5.30 nmol/L olarak ölçüldü ve kontrol grubuna göre deneme gruplarında görülen azalma istatistiksel olarak önemliydi ($p<0,01$). Yine 15. ve 30. günlerde alınan örnekler karşılaştırıldığında 15. güne göre 30. günde bir artış olduğu belirlendi

Araştırmanın 15. gününde alınan kan örneklerinde plazma AOA düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 6.57,6.53,6.28 ve 7.11 mmol/L olarak ölçüldü ve gruplar arasında fark yoktu ($p>0,05$). Araştırmanın 30. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen plazma AOA düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 7.63, 7.96,6.84 ve 6.93 mmol/L olarak ölçüldü ve gruplar arasında fark yoktu ($p>0,05$).

Tablo 4.4. Keçilerde yeme değişik düzeylerde çinko ilavesinin plazma Kolesterol (mg/dl), Glukoz (mg/dl), Üre-N (mg/dl), AOA (mmol/L); tam kan GSH ($\mu\text{mol/L}$), MDA (nmol/L) ile serum Zn, Cu ve Fe ($\mu\text{g/dl}$) düzeylerine etkisi (n=6, \pm SEM).

Örnekleme		0	500	750	1000	P
	zamanı					
Kolesterol	15.gün	44,21 \pm 6,30	42,16 \pm 1,79	39,29 \pm 3,96	42,38 \pm 6,99	0,926
	30.gün	40,42 \pm 5,18	46,27 \pm 5,33	52,48 \pm 5,90	40,95 \pm 8,34	0,513
Glukoz	15.gün	61,52 \pm 4,72	46,16 \pm 5,09	54,48 \pm 2,77	50,66 \pm 3,92	0,341
	30.gün	48,59 \pm 2,44	47,45 \pm 4,60	48,85 \pm 2,77	47,45 \pm 5,55	0,287
Ürea-N	15.gün	19,23 \pm 1,04	15,31 \pm 0,80†	16,09 \pm 1,05†	17,57 \pm 1,07†	0,059
	30.gün	17,88 \pm 1,45 ^b	21,93 \pm 1,15 ^{ab}	24,50 \pm 1,58 ^a	25,38 \pm 1,96 ^a	0,013
AOA	15.gün	6,57 \pm 0,69	6,53 \pm 0,52	6,28 \pm 0,29	7,11 \pm 0,68	0,776
	30.gün	7,63 \pm 0,79	7,96 \pm 0,43	6,84 \pm 0,39	6,93 \pm 0,38	0,395
GSH	15.gün	13,41 \pm 0,47†	15,27 \pm 1,24	16,07 \pm 0,64	15,35 \pm 0,82	0,182
	30.gün	9,68 \pm 0,87 ^b	17,75 \pm 2,42 ^a	14,29 \pm 0,60 ^a	15,62 \pm 0,95 ^a	0,005
MDA	15.gün	4,33 \pm 0,15 ^{a††}	3,02 \pm 0,10 ^{c†††}	3,57 \pm 0,21 ^{b††}	4,29 \pm 0,12 ^{a†††}	0,000
	30.gün	6,26 \pm 0,32 ^a	5,13 \pm 0,12 ^b	5,27 \pm 0,21 ^b	5,30 \pm 0,14 ^b	0,005
Zn	0.gün	98,32 \pm 7,2	102,41 \pm 11,3	96,00 \pm 2,31	108,33 \pm 8,23	0,990
	15.gün	60,05 \pm 7,13	64,31 \pm 8,42††	68,15 \pm 12,77††	86,50 \pm 11,75††	0,659
	30.gün	89,22 \pm 5,54 ^c	119,91 \pm 4,61 ^b	137,20 \pm 5,67 ^{ab}	151,44 \pm 2,65 ^a	0,040
Cu	15.gün	42,22 \pm 18,64	36,02 \pm 6,26	41,64 \pm 6,60	48,15 \pm 2,28††	0,555
	30.gün	42,58 \pm 6,61	30,68 \pm 10,15	39,03 \pm 8,09	21,21 \pm 8,69	0,340
Fe	15.gün	2021,81 \pm 430,12	2552,62 \pm 418,41	2819,91 \pm 350,48	3000,62 \pm 120,82	0,248
	30.gün	3168,52 \pm 263,13	3153,13 \pm 842,15	2444,93 \pm 411,54	2586,54 \pm 630,53	0,480

^{a,b,c}: Aynı sırada farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel bakımdan önemlidir.

Aynı gruplar arasında 15. ve 30. günlerde istatistiksel olarak fark önemlidir (†: p<0,05; ††: p<0,01; †††: p<0,001).

Araştırmanın başında gruplandırma için aldığımız numunelerde serum çinko düzeyi; sırasıyla 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarında; 98.32, 102.40, 96.00 ve 108.30 ug/dl olarak belirlendi ($p>0,05$). Serum çinko düzeyi araştırmanın 15.gününde 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 60.05, 64,31, 68,15 ve 86,50 ug/dl olarak ölçüldü ve gruplar arasında fark yoktu ($p>0,05$). Araştırmanın 30. gününde alınan kan örneklerinde ölçülen çinko düzeyi 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarda sırasıyla; 89.22, 119.91, 137.20 ve 151.44 ug/dl olarak ölçüldü. Buna göre 0 grubuna göre 500, 750 ve 1000 ppm gruplarında çinko düzeyi yükseldi ve aralarında fark vardı ($p<0,05$). Aynı zamanda 500, 750 ve 1000 ppm gruplarında 15.güne göre 30.günde çinko düzeyi her bir grupta daha yüksek bulundu ($p<0,01$).

Keçilerde yeme değişik düzeylerde çinko ilavesinin Serbest T3 (FT3), Serbest T4 (Serbest Tiroksin, FT4), Total Triiyodotironin (TT3), Total Tiroksin (TT4), insülin ve leptin hormonlarına etkisi Tablo 4.5’de gösterilmektedir. Araştırmanın 15. gününde alınan serum örneklerinde ölçülen Serbest T3 düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarında sırasıyla; 3.89, 5.14, 4.64 ve 5.86 ng/L olarak bulundu. 30. gün değerleri ise; 6.49, 6.662, 5.43 ve 4.73 ng/L olarak ölçüldü ve her iki örnekleme dönemi ve gruplar arasında istatistik açısından fark gözlenmedi ($p>0,05$).

Araştırmanın 15. Gününde alınan serum örneklerinde ölçülen Serbest T4 düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarında sırasıyla; 3.06, 2.72, 2.87 ve 2.75 ng/L olarak belirlendi. 30. gün örneklemesinde ise; 3.13, 2.63, 3.15 ve 2.94 ng/L olarak ölçüldü ve her iki örnekleme dönemi ve gruplar arasında istatistik açısından fark gözlenmedi ($p>0,05$).

Araştırmanın 15.gününde alınan serum örneklerinde Total T3 düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarında sırasıyla ortalama; 0.90, 1.83, 1.11, 0.96 $\mu\text{g/L}$ olarak belirlendi ve kontrol grubuna göre bir yükselme olduğu görüldü ($p<0,05$). 30. gün örneklemesinde ise 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarında sırasıyla ortalama; 0.66, 0.86, 0.63 ve 0.72 $\mu\text{g/L}$ şeklinde ölçüldü ve gruplar arasında herhangi bir değişiklik saptanmadı ($p>0,05$). Ancak 15. gün örneklemesi ve 30. gün örneklemesi karşılaştırıldığında kontrol grubunda ($p<0,05$) ve 500 ppm ($p<0,01$) grubunda bu hormonda azalma tespit edildi.

Tablo 4.5. Keçilerde yeme değişik düzeylerde çinko ilavesinin Serbest T3 (FT3), Serbest T4 (Serbest Tiroksin, FT4), Total triiyodotironin (TT3), Total Tiroksin (TT4), İnsülin ve Leptin hormonlarına etkisi (n=6,±SEM).

		Örnekleme				
	zamanı	0	500	750	1000	p
FT3,	15.gün	3,89±0,56	5,14±1,28	4,64±1,23	5,86±0,57	0,504
ng/L	30.gün	6,49±1,99	6,62±3,86	5,43±2,11	4,73±1,51	0,943
FT4,	15.gün	3,06±0,24	2,72±0,01	2,87±0,12	2,75±0,02	0,308
ng/L	30.gün	3,13±0,33	2,63±0,05	3,15±0,24	2,94±0,09	0,297
TT3,	15.gün	0,90±0,22 ^{b†}	1,83±0,17 ^{a††}	1,11±0,29 ^{ab}	0,96±0,34 ^b	0,042
µg/L	30.gün	0,66±0,15	0,86±0,18	0,63±0,32	0,72±0,37	0,930
TT4,	15.gün	53,11±6,08	47,13±2,41	50,67±3,80	53,11 ±3,64	0,733
µg/L	30.gün	50,67±4,73	52,78±2,03	50,92±2,25	51,49±3,43	0,381
İnsülin,	15.gün	22,36±4,65	26,11±2,22	38,54±7,57	48,55±5,97 [†]	0,098
pmol/L	30.gün	27,85±4,51	32,16±4,86	26,32±6,46	22,15±4,93	0,620
Leptin,	15.gün	3,44±0,26	2,83±0,27	3,07±0,29	3,17±0,12	0,405
ng/ml	30.gün	3,82±0,23 ^a	2,38±0,14 ^b	2,73±0,26 ^b	2,76±0,35 ^b	0,005

^{a,b}: Aynı sırada farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel bakımdan önemlidir.

Aynı gruplar arasında 15. ve 30. günlerde istatistiksel olarak fark önemlidir (†: p<0,05; ††: p<0,01).

Araştırmanın 15. gününde alınan serum örneklerinde Total T4; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarında sırasıyla ortalama; 53.11, 47. 13, 50.67 ve 53.11 µg/L olarak belirlendi. 30. günde ölçülen düzeyler ise 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarında sırasıyla ortalama; 50.67, 52. 78, 50. 92 ve 51. 49 µg/L olarak şekliyeydi ve her iki örnekleme dönemi ve gruplar arasında istatistik açısından fark gözlenmedi (p>0,05).

Araştırmanın 15. gününde alınan serum örneklerinde insülin düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarında sırasıyla ortalama; 22.36, 26. 11, 38.54 ve 48.55 pmol/L olarak ölçüldü. 30. gündeki örneklemede 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarında bu düzey; 27.85, 32.16, 26.32 ve 22.15 pmol/L olarak belirlendi. Örnekleme zamanlarının kendi içine herhangi bir istatistiksel fark belirlenmezken 15. gün 1000 ppm grubunda 30. gün örneklemesine göre bir azalma tespit edildi (p<0,05).

Araştırmanın 15.gününde alınan serum örneklerinde leptin düzeyi; 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarında sırasıyla ortalama; 3.44, 2.83, 3.07 ve 3.17 ng/ml olarak ölçüldü ve istatistiksel açıdan fark belirlenmedi ($p>0,05$). 30. gün örneklemede ise 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarına bu hormon düzeyi; 3.82, 2.38, 2.73 ve 2.76 ng/ml olarak ölçüldü. Kontrol grubuna göre deneme gruplarındaki azalma istatistiksel açıdan önemliydi ($p<0,01$).

Keçilerde yeme değişik düzeylerde çinko ilavesinin tiftik, karaciğer, böbrek ve pankreas dokularında Zn, Cu ve Fe düzeylerine etkisi Tablo 4.6'da gösterilmektedir. Alınan doku örneklerinde 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarında belirlenen çinko düzeyi sırasıyla karaciğerde; 77.95, 93.13, 109.52 ve 114.03 ppm, böbrekte 33.17, 26.86, 25.56 ve 28.65 ppm, pankreasta; 45.35, 45.18, 49.19 ve 48.96 ppm, tiftikte 120.90, 125.70, 137,72 ve 156,30 olarak ölçüldü. Bu dokularda sadece karaciğerde 0 ppm grubuna göre 750 ve 1000 ppm grubunda çinko düzeyinin yüksekliği istatistiksel açıdan önemli bulundu ($p<0,05$).

Doku örneklerinde belirlenen bakır düzeyi 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarında sırasıyla karaciğerde; 0.66, 0.44, 0.50 ve 0.10 ppm, böbrek; 8.48, 6.30, 6.63 ve 6.85 ppm, pankreas; 1.79, 1.50, 1.80 ve 1.92 ppm, tiftik; 7.84, 10.01, 9.04, 8.00 ppm olarak belirlendi. Diğer organlarda uygulamaya ilişkin herhangi bir değişim görülmedi fakat böbrek dokusunda 0 ppm grubuna göre diğer uygulama gruplarında bakır düzeyinin istatistiksel düzeyde arttığı görüldü ($p<0,05$).

Doku örneklerinde belirlenen demir düzeyi 0, 500, 750 ve 1000 ppm gruplarında sırasıyla karaciğerde; 255.67, 300.50, 390.19 ve 231.79 ppm, böbrek; 92.78, 99.80, 85.23 ve 93.41 ppm, pankreas; 29.68, 33.38, 36.57 ve 30.52 ppm, tiftik; 1073.00, 1702.90, 1180.10 ve 738.40 ppm olarak belirlendi. Karaciğer dokusunda 0 ppm grubuna göre 750 ppm grubunda doza bağımlı olarak artış olduğu görüldü ($p<0,05$). Tiftik dokusunda ise 0 ppm grubuna göre 500 ppm grubunda demir düzeyi bakımından bir artış olduğu istatistiksel olarak saptandı ($p<0,05$).

Tablo 4.6. Keçilerde yeme değişik düzeylerde çinko ilavesinin tiftik, karaciğer, böbrek ve pankreas dokularında Zn, Cu ve Fe düzeylerine etkisi (n=6,±SEM).

	Doku	0	500	750	1000	P
Zn, ppm	Karaciğer	77,95±7,75 ^b	93,13±7,76 ^{ab}	109,52±8,23 ^a	114,03±12,06 ^a	0,043
	Böbrek	33,17±2,76	26,86±2,63	25,56±1,40	28,65±2,58	0,161
	Pankreas	45,35±1,63	45,18±2,47	49,19±3,04	48,96±1,95	0,461
	Tiftik	120,90±10,80	125,70±3,06	137,72±15,39	156,30±36,90	0,608
Cu, ppm	Karaciğer	0,66±0,10	0,44±0,17	0,50±0,12	0,10±0,05	0,305
	Böbrek	8,48±0,73 ^a	6,30±0,69 ^b	6,63±0,34 ^b	6,85±0,31 ^b	0,050
	Pankreas	1,79±0,14	1,50±0,05	1,80±0,17	1,92±0,16	0,220
	Tiftik	7,84±0,46	10,01±1,08	9,04±0,48	8,00±0,34	0,103
Fe, ppm	Karaciğer	255,67±29,28 ^b	300,50±43,71 ^{ab}	390,19±46,40 ^a	231,79±28,54 ^b	0,038
	Böbrek	92,78±6,87	99,80±16,43	85,23±8,08	93,41±6,66	0,804
	Pankreas	29,68±3,03	33,38±2,36	36,57±1,88	30,52±3,50	0,310
	Tiftik	1073,00±236,70 ^b	1702,90±338,50 ^a	1180,10±158,90 ^{ab}	738,40±13,42 ^b	0,050

^{a,b}: Aynı sırada farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistiksel bakımdan önemlidir.

5. TARTIŞMA

Ruminant yetiştiriciliği dünyada ve ülkemizde hayvansal üretimin en önemli endüstriyel alanlarından birini oluşturmaktadır. Ruminant beslenmesinin kalitesi, özellikle yoğun hayvan yetiştiriciliğinde optimum üretim elde edebilmek ve hayvanların sağlık durumlarının korunması için önemli bir ön koşulu oluşturmaktadır. Bu nedenle, hayvanların beslenmesinde kullanılan yem ham maddeleri ile yem katkı maddelerinin hayvanların sağlığı ve verimine olumsuz etki doğurmaması gerekmektedir. İz minerallerin çiftlik hayvanlarının beslenmesindeki önemi uzun yıllardır bilinmektedir. Hayvanların yaş, verim ve fizyolojik durumlarına bağlı olarak mineral gereksinimleri değişebilmektedir. Organizmada sergilediği önemli işlevlere rağmen, toprakta iz mineral yetersizliğinin olduğu bölgelerde yetiştiriciliği yapılan hayvanlar tarafından günlük iz mineral tüketimi de yetersiz olmaktadır. Bu mineraller arasında dünyada eksikliği çok yaygın olan çinko mineralinin ruminant hayvanlarda tolere edilebilir düzeyinin yüksek olması nedeniyle, rumen fermentasyonunda değişiklikler oluşturma potansiyeli bulunmaktadır. Bu özelliğinden dolayı bazı bilim adamları tarafından rumen fermentasyonunda değişiklik yapmak amacıyla ruminant hayvanların yemlerinde yüksek düzeyde çinko kullanılmıştır. Bununla birlikte, çinkonun hem eksikliğinin görülmemesinin garanti altına alınması hem de rumen fermentasyonunda değişiklik oluşturmaları için yeme yüksek düzeyde katılmasının ruminant hayvanların sağlığı ve veriminde olumsuz etkilere yol açmaması gerekmektedir.

Ruminant hayvan türleri arasında sığır ve koyunlara göre keçilerde iz mineral metabolizmalarına yönelik günümüze kadar yapılmış araştırma sayısı oldukça yetersiz olup, yapılanlar da yetersizliklerinin keçilerde yol açtığı etkiler ya da minimum gereksinimleri tespit etmek üzerine odaklanmıştır. İz minerallerin keçilerin yeminde maksimum tolere edilebilir veya toksik düzeyine yönelik günümüze kadar yapılmış çalışmalar bulunmamaktadır. Bu çalışmada; keçilerin yemine yüksek düzeylerde çinko ilavesinin hematolojik ve biyokimyasal parametreler ile rumen fermentasyonu ve canlı ağırlığa etkileri araştırıldı.

Ruminant hayvanlarda çinko yetersizliğinin oluşmaması için yemdeki çinko düzeyinin en az 20-33 ppm, ortalama ise 40-50 ppm olması gerektiği bildirimi (McDowell, 1992; NRC, 2007) dikkate alındığında, bu çalışmada hayvanlara verilen temel yemde var olan çinko düzeyinin (31.76 ppm) keçilerin çinko ihtiyacını karşılayacak düzeyde olduğu gözlemlendi. Ruminant hayvanların yeminde bulunan çinkonun toksik düzeyinin kuru madde düzeyinde 1000 ppm olduğu yönündeki daha önce yapılan bildirimlerin (Scott, 1982; Ensminger ve Parker, 1986) aksine; daha sonra yapılan çalışmalarda, yemde 1000 ppm düzeyinde bulunan çinkonun sığırlar (Miller ve ark., 1989; Froestchel ve ark. 1990) ve koyunlarda (Sandoval ve ark., 1997; Henry ve ark., 1997) herhangi bir olumsuzluğa yol açmadığı ile rumen fermentasyonunda olumlu değişikliklere neden olduğu (Arelovich ve ark., 2000; Bateman ve ark., 2004) yönündeki bildirimler dikkate alınarak deneme grubundaki keçiler 500, 750 ve 1000 ppm çinko içeren yemle beslendiler. Yeme katılan çinko, rumende çözünürlüğünün yüksek olduğu bilinen (Sandoval ve ark., 1997) çinko sülfat formundaydı.

Araştırmada aynı tartım günlerinde kaydedilen canlı ağırlıklar yönünden gruplar arasında istatistiksel bir fark belirlenmedi (Tablo 4.1). Bu bulgu; yeme 100 ppm çinko ilavesinin yem tüketimi ve canlı ağırlığı azalttığı ifade edilen (Malcolm-Callis ve ark., 2000) ve hayvan başına haftada bir kez 500 mg çinko verilmesinin kuzularda canlı ağırlığı artırdığı gösterilen (Aksoy ve ark., 2002) bildirimlerle uyum sağlamazken; keçilerde 250 ppm (Eryavuz ve ark., 2002), koyunlarda 1000 (Bonhomme ve ark. 1980) ve 2100 ppm (Henry ve ark., 1997), sığırlarda ise 1000 ppm (Miller ve ark., 1989; Froestchel ve ark., 1990) çinko ilave edilerek yapılan çalışmalarda yem tüketimi ve canlı ağırlığın etkilenmediği yönündeki pek çok bildirimle uyumluydu. Nitekim optimum düzeyde çinko içeren yemle beslenen ruminant hayvanların yemlerine çinko ilavesinin canlı ağırlık üzerine etkisinin olmadığı bildirilmektedir (White ve ark., 1994). Çalışmada elde edilen bu bulgu aynı zamanda, sığırlar (Miller ve ark., 1989; Froestchel ve ark., 1990) ve koyunlarda (Henry ve ark., 1997) olduğu gibi yeme 1000 ppm çinko ilavesinin keçilerde de canlı ağırlığa ve yem tüketimine olumsuz etkisinin olmadığına işaret etmektedir. Çinko zehirlenmesinin ilk belirtisi olarak ruminant hayvanlarda yem tüketimindeki azalma

gösterilmektedir (Miller ve ark. 1989). Canlı ağırlık kazancı için günlük yem tüketimi önemlidir (Görgülü, 2009). Malcolm-Callis ve ark. (2000), yeme çinko ilavesinin canlı ağırlık üzerine olan olumsuz etkisinin, yeme ilave edilen çinko sülfatın yemin lezzeti (palatabilite) üzerine olumsuz etkisinden dolayı yem tüketimindeki düşmeden kaynaklandığını ileri sürmüştür. Eryavuz ve Dehority (2009) ise yeme ilave edilecek yüksek düzeydeki çinkonun rumende bakteriler tarafından üretilen enzimleri çöktürerek yemlerin sindirimini azaltacağını ve bunun da rumende dolgunluğa yol açarak yem tüketimini azaltabileceğini ileri sürmüşlerdir. Bu çalışmada elde edilen bulgular, yeme 1000 ppm gibi yüksek çinko ilavesinin keçiler tarafından tolere edilebileceğine işaret etmektedir. Keçilerde yapılacak daha uzun süreli araştırmalarla, yeme yüksek çinko ilavesinin besi performansına etkileri ortaya çıkarılabilir.

Çalışmada alınan rumen içeriği 15. ve 30. gün örneklemelerinde rumen pH'sının 6.76-7.00 arasında olduğu görüldü. Rumen sıvısı pH değerinin genelde rasyonun bileşimine, yemleme sıklığına, yemin hızlıca tüketilmesi ya da rumende toplanması ile yemlemeden sonra geçen süreye göre değişebileceği ve normal değerlerin 5.80-7.50 arasında olduğu (Bölükbaşı, 1989) göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışmada belirlenen değerlerin rumen fermentasyonunu olumsuz olarak etkilemeyeceği görülmektedir. Yine elde edilen bulgu Eryavuz ve ark. (2002) ve Cecava ve ark. (1993)' nın yeme çinko ilavesinin rumen pH'sını etkilemediği yönündeki bildirimleriyle uyumluydu. Run ve ark. (2013) yaptıkları *in vitro* çalışmada rumen pH'sının çinko ilavesiyle değişmediğini vurgulamışlardır. Bunların aksine Önder ve Keçeci (2003) Merinos ırkı kuzularda yaptıkları araştırmada çinkonun rumen pH'sını azalttığını ileri sürmüşlerdir. Süt ineklerinde yapılan bir çalışmada da benzer şekilde azalma tespit edilmiş, bu pH azalışını yüksek düzeydeki çinkonun üre hidrolizini inhibe ederek amonyak üretimini azaltmasından kaynaklanabileceği ifade edilmiştir (Arelovich ve ark., 2000).

Ruminant hayvanların yemlerine yüksek düzeyde çinko ilavesinin rumen fermentasyonunda değişikliklere yol açtığı bildirilmektedir (Bonhomme ve ark., 1980; Arelovich ve ark., 2000; Bateman ve ark., 2004). Ruminantların yemlerine

çinko ilavesinin rumen mikroorganizmalarının sayı ve işlevini etkilediği dolayısıyla amonyak düzeyinin bu durumdan etkilendiği çeşitli çalışmalarda ifade edilmiştir (Arelovich ve ark., 2000; Bateman ve ark., 2004). Rumende azotlu maddelerin metabolizması sonucu oluşan amonyak (NH_3), rumen mikroorganizmaları tarafından protein sentezinde ve azot kapsayan hücre duvarı unsurları ile nükleik asitler gibi diğer mikrobiyel hücre unsurlarının sentezinde kullanılmaktadır. Bu nedenle, amonyağın rumen mikroorganizmaları tarafından meydana getirilmesi ve yeniden kullanılması arasındaki denge büyük önem taşımaktadır (Wittwer ve ark., 1999). Bu çalışmada; hem 15. gün hem de 30. gün alınan numunelerde, amonyak azotu düzeyinin çinko ilave edilen gruplarda kontrole göre azaldığı tespit edildi (Tablo 4.2). Bu bulgu Eryavuz ve ark. (2002)'nin Ankara keçilerin yemine 250 ppm çinko ilave edilmesinin rumen amonyak azotu düzeyini düşürdüğünü ifade ettiği çalışmayla uyumluydu. Koyunlarda yüksek miktarda çinkonun üre kullanımını ve azot dengesini etkilediği, 860 ppm Zn verilmesinin NH_3 oluşum oranını önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir (Arolevich ve ark., 1998). Froetschel ve ark. (1990) yüksek düzey çinko ilavesinin amino asitlerin yıkılımını azalttığı aynı zamanda diyetdeki amino asitin postruminal geçişini arttırdığını ifade etmişlerdir. Yeme çinko ilavesinin yapıldığı başka çalışmalarda da rumende proteinlerin yıkılımının azaldığı (Arelovich ve ark., 2000), *in vitro* ortamda üreaz aktivitesini inhibe ettiği (Spears ve Hatfield, 1978) bildirilmiştir. Mousa (2014) çinko ilavesinin koyun ve keçilerin rumen içeriğinde amonyak düzeyi üzerine etkisini üreden amonyak salınımının azalması neticesinde olduğu fikrini beyan etmiştir. Buna zıt olarak bir başka *in vitro* çalışmada 37.60 ppm çinko içeren yeme 40 ppm çinko ilavesinde amonyak düzeyinin değişmemesi (Run ve ark., 2013) dozun azlığıyla ilişkilendirilebilir.

Froetschel ve ark. (1990), yeme 1142 ppm düzeyinde çinko ilavesinin rumen içeriği protozoon sayısını azalttığını, Bonhomme (1990) ise 500 ya da 1000 ppm çinko ilavesinin rumende protozoonları öldürerek defaunasyona yol açabileceğini bildirmektedirler. Bu bildirimlere uygun olarak çalışmada, yeme yüksek çinko katılmasına bağlı olarak protozoon sayısının azaldığı ve en fazla azalmanın ise yeme 1000 ppm çinko ilave edilen grupta gözlendiği bulundu (Tablo 4.2). *In vitro* yapılan bir çalışmada keçi ve koyunların rumen içeriğine çinkoklorür ilavesinin protozoon

sayısını azalttığı ifade edilmiştir (Mousa, 2014). Rumen protozoonlarının bakterilerin aksine tüketimi kontrol edemedikleri bu nedenle ortamda çinko yüksek olması halinde kendileri için toksik olsa bile çinkoyu bünyelerine aşırı dercede aldıkları ve parçalandıkları ifade edilmektedir (Bonhomme 1990). Faunalı hayvanlara göre defaunalı hayvanların daha düşük rumen amonyak düzeyine sahip oldukları bildirimleri (Eryavuz ve ark., 2002) dikkate alınır; çinko düzeyi yüksek yemle beslenen keçilerdeki düşük protozoon sayısı, rumen amonyak düzeyinin de azalmasına yol açabilir. Bu çalışmada elde edilen bulgu, defaunasyondan elde edilen yararların (Eryavuz 2000) saha şartlarına aktarılabilmesi için çinkonun kullanılabilmesine işaret etmektedir.

Araştırmada çinko ilave edilen grublardaki rumen sıvısı çinko düzeyleri, kontrol grubundakilerden genelde yüksekti ve 1000 ppm düzeyinde çinko ilave edilenlerde bu yükseklik önemliydi (Tablo 4.2; $p < 0,05$). Bu bulgu keçilerin yemine çinko ilavesinin rumen sıvısı çinko düzeyini artırdığına yönelik bildirimle (Eryavuz ve ark., 2002) uyumluydu. Run ve ark. (2013)' da *in vitro* yaptıkları çalışmada rumen içeriğine ilave edilen çinko düzeyi arttıkça rumen içeriğinde ölçülen çinko düzeyinin arttığını ifade etmişlerdir. Çalışmada kontrol grubundaki hayvanların rumen sıvısı çinko düzeyleri; kuru maddesinde 50 ppm çinko içeren yemle beslemede optimum mikrobiyel gelişmeyi sağladığı bildirilen (Reid ve ark., 1987) rumen sıvısı çinko düzeyleri (0.20-1.00 $\mu\text{g/ml}$) arasındaydı. Çinko ilave edilen grublardaki rumen sıvısı çinko düzeyleri ise 920 ppm çinko içeren yemle beslenen sığırlarda bildirilen (Kennedy ve ark. 1993) düzeyin (2.35 $\mu\text{g/ml}$) altında, 250 ppm çinko içeren yemle beslenen Ankara keçilerinde bildirilen (Eryavuz ve ark., 2002) düzeyin (1.12 $\mu\text{g/ml}$) ise üstündeydi. Rumen sıvısı çinko düzeylerine benzer şekilde, çinko ilavesi rumen içeriği bakır düzeylerini de artırmış ve 1000 ppm çinko ilave edilmiş keçilerin rumen içeriğinde önemlilik düzeyine ulaşmıştır (Tablo 4.2; $p < 0,05$). Bu bulgunun nedeni, rumende protozoon sayısının azalmasına bağlanabilir. Nitekim, Ivan ve ark. (1992), rumende protozoonların azalmasına bağlı olarak bakırın rumen sıvısında düzeyinin arttığını ve emiliminin de arttığını bildirmektedirler. Çalışmada; rumen sıvısı demir düzeyinde, 15. gün örneklemede 1000 ppm grubunda görülen azalma hariç, yeme çinko ilavesinin etkisinin olmadığı bulundu.

Çinkonun eritrosit ve hemoglobin üretimiyle ilişkili olduğu bildirilmekte, aşırı eritrositozis ve kan hemoglobin miktarında artış görülen yüksek rakımlarda yaşayan erkeklerde serum çinko düzeyinin de yüksek olduğuna dikkat çekilmektedir (Gonzales ve ark., 2011). Yeme 250 (Dönmez ve Keskin, 1999) ve 500 (Sobhanirad ve Naserian, 2012) ppm çinko ilavesinin keçi ve sığırlarda alyuvar sayısını ve hemoglobin miktarını artırdığı yönündeki bildirimlere uygun olarak çalışmanın 30. gününde alınan kan örneklerinde, yemlerine çinko ilavesi yapılan gruplarda kontrol grubuna göre alyuvar sayıları ile hemoglobin miktarlarının önemli düzeyde arttığı bulundu (Tablo 4.3). Çalışmada elde edilen bulgular süt ineklerine 500 ppm çinko (Sobhanirad ve Naserian, 2012) verilerek yapılan çalışma alyuvar sayısı ve hemoglobin düzeyinin arttığı yönündeki bildirimle uyumluysen, sığırların yemine 1000 ppm çinko ilavesinin söz konusu parametrelere etkisinin olmadığı yönündeki bildirimle (Miller ve ark., 1989) uyumsuzdu. Ott ve ark. (1966) 4000 ve 6000 ppm çinko tüketen kuzularda hemoglobin ve hematokrit düzeyinde artış olduğunu ve bunun hemokonsantrasyondan kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Çalışmamızda ise hemoglobin düzeyi artarken hematokrit değerinde bir değişimin gözlenmemesi keçilerin yemine 1000 ppm çinko ilavesinin hemokonsantrasyon gibi olumsuz bir etkiye yol açmadığına işaret etmektedir. Dönmez ve Keskin (1999) Ankara keçilerinin altı ay boyunca 35 ppm çinko içeren kontrol rasyonuna 250 ppm çinko ilave ederek besledikleri çalışmada alyuvar sayıları, hemoglobin ve hematokrit değer düzeylerinin üçüncü aya kadar değişmediğini bildirmişlerdir. Fakat kontrol grubunda çalışmanın son örnekleme döneminde değerlerde azalma olduğunu bu durumun mera şartlarından gelen hayvanların hareketlerinin kısıtlanmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Alyuvarlarda çinko miktarının plazmaninkinden yaklaşık on kat daha fazla olduğu, bunun nedeninin alyuvarların çinko içeren karbonik anhidraz gibi enzimler yönünden zengin olmasından kaynaklandığı bildirim (Ülger ve Coşkun, 2003) dikkate alınırsa, koyunlara göre alyuvar çapları daha düşük ve sayıları daha yüksek olan (Yılmaz, 1984) keçilerin yemine çinko ilavesinin alyuvar sayısı ve hemoglobin miktarına olumlu bir etkisinin olduğu ve hareket kısıtlamasına bağlı alyuvar sayısındaki azalmayı önleyebileceği söylenebilir.

Çalışmada yeme yüksek çinko ilavelerinin akyuvar sayılarına etkisinin olmadığı buna karşın, akyuvar yüzde oranları bakımından nötrofil yüzdesini azaltırken, lenfosit yüzde oranlarını arttırdığı bulundu. Akyuvar sayılarındaki artış yeme çinko ilavesinin akyuvar sayısı etkilemediği yönündeki bildirimlerle (Sobhanirad ve Naserian, 2012; Dönmez ve Keskin, 1999) uyumluydu. Yapılan diğer çalışmalardan ayıran lenfosit oranlarının artıp nötrofil oranlarının düşmesi kontrol grubu hayvanlarda 15. güne göre 30. günde nötrofilde düşme, lenfositte ise yükselmeye açıklanabilir.

Araştırmada 500-1000 ppm düzeylerinde çinko ilavesinin 15. ve 30. günlerde alınan plazma total kolesterol düzeylerinin gruplar arasında herhangi bir fark belirlenmedi. Çinkonun lipit enzimleri için yapısal ve fonksiyonel bir özellik taşıdığı ve eksikliğinde lipit metabolizmasının bozulduğu ifade edilmektedir (Li ve ark., 2013). Bununla birlikte yüksek çinko alımı lesitin:kolesterol asetin transferaz enzim etkinliği azaltarak kolestrol ve kolestrol esterlerini ve plazma lipitlerini azaltmaktadır. Nitekim çinkonun diyet 1000 ppm ilavesinin plazma kolestrol esterlerini, 500 ve 1000 ppm ilavesinin ise kolestrol yoğunluğunu yaklaşık %10 düzeyinde azalttığı gösterilmiştir (Jenkins ve Kramer, 1992). Malcolm-Callis ve ark., (2000) besi sığırlarının rasyonlarına 20, 100 ve 200 ppm çinko sülfat ekleyerek yaptıkları çalışmada, serum kolestrol düzeyinin değişmediğini bulmuşlardır. Araştırma bulgusuna benzer şekilde süt ineklerinde yapılan çalışmada 500 ppm çinkonun total kolestrol seviyesinin değişmediği bildirilmiştir (Sobhanirad ve Naserian, 2012). Buna karşın Jenkins ve Kramer (1992) yaptıkları çalışmada, sütlerine 500 ve 1000 ppm çinko ilave ettikleri buzağılarda plazma kolestrol düzeyinin düştüğünü ifade etmişlerdir. Bu bağlamda araştırma bulgusu 500-1000 ppm çinkonun kolesterol düzeyine herhangi bir etkisi olmadığını ortaya koymaktadır.

Araştırmada 15. ve 30. günlerde alınan kan örneklerinde glukoz düzeyi açısından gruplar arasında herhangi bir fark belirlenmedi. Avcı ve ark. (2013) 1 ay boyunca farklı ırk koyunların yemlerine 250 ppm çinko ilave ettikleri çalışmada, plazma glukoz düzeyini kontrol gruplarına göre değişmediğini bulmuşlardır. Yine Ankara keçileri ve buzağılarda yapılan başka çalışmalarda (Puchala ve ark., 1999;

Mandal ve Dass, 2010) rasyona ilave edilen çinkonun plazma glukoz düzeyinin değiştirmediği ifade edilmektedir.

Ruminantlarda plazma üre azotu düzeyi rasyondaki protein miktarı ve çeşidinden aynı zamanda da karaciğerde amino asitlerin deaminasyonundan oldukça etkilendiği bilinmektedir (Ayaşan, 2009). Plazma üre azotu düzeyinde araştırmanın 15. gününde değişmediği 30. günde ise özellikle 1000 ppm grubunda önemli düzeyde artış olduğu görüldü. Bu bulgu Eryavuz ve ark. (2002)'nın Ankara keçilerinin rasyonuna 250 ppm çinko ilave ettiği çalışmayla ve iki farklı koyun ırkında yapılan başka bir araştırmayla (Avcı ve ark., 2013) uyum içerisindedir. Bu etkiyi yüksek düzeydeki çinkonun rumen mikroorganizmalarının aktivasyonunu düşürerek protein sindirimini azaltması ve alt sindirim organlarına daha fazla protein geçmesiyle açıklanabilir. Puchala ve ark. (1999) yeme çinko ilavesinin plazma üre düzeyini değiştirmediğini ifade etmişlerdir. Aynı şekilde Mandal ve Dass (2010) buzağıların yemlerine 35 ppm çinko ilave ettikleri çalışmada serum üre ortalamasının periyotlara bakılmazsa 30. günde değişmediğini (ancak toplam periyot ortalamasında önemli düzeyde artış olduğunu) belirtmişlerdir.

Biyolojik sistemlerde serbest radikal, bir veya daha fazla çift olmayan (eşleşmemiş) elektron içeren başka bir deyişle elektron alıcı moleküllerdir. Serbest radikallerin aktif oksijen türevlerine ise oksidan denir. Oksidan maddelerle doğrudan birleşmeye geçerek serbest radikal reaksiyonunu engelleyen bileşikler antioksidan olarak bilinir. Oksidatif stres ile birlikte oluşan ve reaktif oksijen türleri/metabolitleri olarak bilinen moleküller özellikle lipit, protein ve DNA gibi hücre bileşenlerine zarar verir. Biyomembranlar ve hücre içi organeller membran fosfolipitlerinde doymamış yağ asitlerini barındırmaları nedeniyle oksidanların zararlarına karşı oldukça hassastırlar (Dündar ve Aslan, 2000). Lipid peroksidasyonun en önemli ürünlerinden olan malondialdehit (MDA), hücre membranlarından iyon alışverişine etki ederek iyon geçirgenliğinin ve enzim aktivitesinin değişimi gibi olumsuz durumlara yol açmaktadır. Lipit hidroperoksitleri ile nihai yıkım ürünü olan düşük moleköl ağırlıklı MDA, lipit peroksidasyonunun indeksi olarak kabul edilir (Mercan, 2004). Çinkonun antioksidan sistemde yer alarak hücreleri oksidatif stresten

koruduğu pek çok *in vitro* ve *in vivo* alışmalarda ortaya konulmuştur (Baltacı ve ark., 2004b). Çalışmamızda MDA düzeyinin kontrol grubuna göre deneme gruplarında azalması çinkonun lipitler üzerine antiperoksidatif etkisini, demir ve bakır gibi redoks aktif metalleri antagonize ederek membran yapılarını stabilize etmesi durumuyla rtşur niteliktedir (Shaheen, 1995). Bulgumuzun aksine Nagalakshmi ve ark. (2009) kuzularda yaptıkları bir çalışmada, bazal diyete ilave ettikleri 15 ppm çinkonun oksidan- antioksidan dengeyi korumada yeterli olduğu, daha yüksek çinko ilavesinin (45 ppm) oksidatif stresi azaltmada etkisi olmadığını bildirmişlerdir.

Glutasyon (γ -glutamilsisteinilglisin), organizmada tiyol grubu içeren, düşük molekl ağırlıklı önemli bir tripeptiddir. DNA ve protein sentezleri, enzim aktivitelerinin düzenlenmesi, hücre içi ve dışı transportlar gibi hücreyel fonksiyonları dışında başlıca antioksidan olarak hücre savunmasında da önemli rolü vardır (Dündar ve Aslan, 2000). Çalışmamızda GSH düzeyinin kontrole göre artış göstermesi serbest radikal ve peroksitlerle reaksiyona girerek hücreleri oksidatif hasara karşı koruması adına olumlu bir etki olarak görülebilir. Çinko ilavesinin ise MDA'yı düşürüp GSH'ı yükselttiği bildirilmekle beraber Avcı ve ark. (2013) farklı ırk koyunlara 250 ppm çinko vererek yaptıkları çalışmada MDA ve GSH'ın düzeylerindeki değişimi önemsiz bulmuşlardır. Çalışmada elde edilen bulgular; çinko düzeyi yüksek yemle beslenen sıanlarda AOA'yı artırdığı (Jing ve ark., 2007) bildirimine ters, Avcı ve ark. (2013)'nın koyunların yemine çinko ilavesinin total AOA'de bir değişikliğe yol açmadığına yönelik bildirimini destekler niteliktedir. Oksidatif stresin önemli göstergelerinden olan AOA düzeyi bakımından gruplar arasında önemli bir farklılığın olmaması, hayvanlarda oksidatif strese yol açacak bir beslemenin ve ortamın olmadığına işaret etmektedir.

Serum inko düzeyi gruplar oluşturulurken özellikle belirlendi ve 80-120 ug/dl olan normal sınırlar (Altıntaş ve Fidancı, 1993) içindeydi. On beşinci gün rneklemesinde 1000 ppm grubu hariç bildirilen normal sınırların altındaydı. Otuzuncu gün rneklemesinde ise kontrol ve 500 ppm çinko ilave edilen gruplarda normal sınırlardayken, yemlerine 750 ve 1000 ppm ilave edilen gruplarda serum

Çinko düzeyleri oldukça yüksekti (Tablo 4.4). Sobhanirad ve Naserian (2012) 18 adet Holştayn ırkı süt ineğini 3 gruba ayırarak kontrol, 500 ppm çinko sülfat ve 500 ppm çinko metiyonin ilave ettikleri yemle 15.gün srenin sonunda aldıkları serumda çinko düzeyini; 133, 243 ve 284 ug/dl olarak bulmuşlardır. Serum inko düzeyinin çinko sülfat ile karşılaştırıldığında yüksek bulunduğunu bunun Ott ve ark. (1966) ve Stake ve ark. (1975) ile benzer bir duruma işaret ettiğini bildirmişlerdir.

Çalışmada serum bakır ve demir düzeylerinin uygulamalardan etkilenmediği bulundu (Tablo 4.4). Bu bulgu; Aksoy ve ark. (2002)'nin haftada bir kez olmak üzere toplam 12 hafta boyunca oral olarak 500 mg çinko oksit verdikleri kuzularda serum bakır düzeylerinin önemli oranda düştüğü, buna karşın demir düzeylerinde herhangi bir değişimin olmadığı yönündeki bildirimlerine bakır düzeyi bakımından ters, demir düzeyi bakımından uyumluydu. Bununla birlikte, keçilerin rasyona 250 ppm (Eryavuz ve ark., 2001) ve keçi başına oral olarak günlük 500 mg çinko verilmesi (Pechova ve ark., 2009) ile sığırların yemine 1000 ppm (Miller ve ark., 1989) inko ilavesinin plazma Cu düzeylerine etkisinin olmadığı yönündeki bildirimlerle uyumluydu.

Tiroid metabolizmasında rolü olan çinko, bakır ve demir gibi iz elementlerin az ya da fazla alınmasının tiroid hormon metabolizmasını olumsuz etkilediği bilinmektedir (Aurthor ve Beckett, 1999). Çalışmada FT3 ve FT4 ile TT3 ve TT4 düzeylerinin değişmediği belirlendi ve yalnızca 15. gün rneklemesinde TT3 değerinde gruplar arasında farklılıkta genel olarak bir yükselmenin olduğu görüldü (Tablo4.5). Çalışmamızın bulgularına uygun olarak Hayat ve ark., (2010) postpartum dönemindeki keçilerde yaptıkları çalışmada, hayvan başı 424 ppm çinko ilavesinin TT3 düzeyini yükselttiği ve TT4 düzeyini değiştirmediğini ifade etmektedirler. Koyunlarda ve süt ineklerinde yapılan başka çalışmalarda da tiroid hormonlarında herhangi bir fark gözlenmediği ifade edilmiştir (Avcı ve ark., 2013; Sobhanirad ve Naserian, 2012). Keçeci ve Keskin (2002) ise 250 ppm çinko (sülfat) ilave edilmiş yemle besledikleri koyun ve Ankara keçilerin kanında tiroid hormon düzeylerinin azaldığını bildirmişlerdir. Çinkonun tiroid hormonları üzerine etkisi hakkında yapılan

araştırmaların sonuçlarının birbiriyle çelişkili olduğu görülmekte, daha net bir sonuç almak için daha uzun süreli araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Çinko, vücutta enerji metabolizmasında önemli etkilere sahip hormonların kan düzeylerini etkilemektedir. Çinkonun insülin hormonu sentezi, depolanması ve salıverilmesinde önemli olduğu, ayrıca plazma çinko düzeyi düştüğünde insülin salgılanması ile dokuların insüline duyarlılıklarının azaldığı bildirilmektedir (Gomez-Garcia ve ark., 2006). Çalışmada insülin düzeyinin değişmediği sadece 1000 ppm grubunda 15. gün ve 30. gün örneklemeleri karşılaştırıldığında bir azalma olduğu dikkat çekti. Bu çalışmadan elde edilen bulgu, farklı ırk koyunlarda ve süt ineklerinin yemlerine çinko ilave edilen çalışmalarda elde edilen sonuçlarla benzerdi (Avcı ve ark., 2013; Sobhanirad ve Naserian, 2012).

Leptin ve çinko arasında ilişkiyi ortaya koyan çalışmalar yeni yeni yapılmakla birlikte çoğunlukla beşeri hekimliktedir. Leptin ve çinko iştah ve dolayısıyla enerji metabolizmasında etkin role sahiptirler (Baltacı ve ark., 2005; Laleh ve ark., 2013). Genel itibariyle yapılan çalışmalarda çinko eksikliği olan bireylerde çinko takviyesi yapılmasıyla leptin düzeyinin yükseldiği veya değişmediği gibi bildirimler mevcuttur (Kwun ve ark., 2007; Marreiro ve ark., 2006). Çalışmada, yeme yüksek çinko katılmasının leptin hormonunun kan düzeylerini 30. gün örneklerinde önemli oranda düşürdüğü ve bu düşüşün yeme daha yüksek düzeyde katılan çinkodan etkilenmediği bulundu. Leptinin yağ dokudan salgılanması ve vücut yağ depoları hakkında merkezi sinir sistemine bilgi vermesi nedeniyle, vücut yağ kitlesinin düzeyi ile direkt orantılı olduğu bildirilmektedir (Eryavuz ve ark., 2007). Yapılan çalışmaların bulguları (Garcia ve ark. 2009), aşırı kilolu ve obez kişilerin kanındaki vitamin ve mineral düzeylerinin normal vücut kitlesine sahip kişilerinkinden daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu minerallerden biri de çinkodur (Mantzoros ve ark. 1998). Nitekim, obez kişilerde yapılan çalışmada (Tallman ve Taylor 2003), kan leptin düzeyinin yüksek, çinko düzeyinin ise düşük olduğu bildirilmektedir. Bununla birlikte, çinko ilavesinin obez kişilerin kanında hem leptin hem de çinko düzeyini artırdığı (Baltacı ve ark. 2005, Laleh ve ark. 2013) ve sağlıklı kişilerde serum leptin ve çinko düzeyleri arasında bir ilişkinin bulunmadığı da bildirilmektedir (Olusi ve

ark. 2003). Bu çalışmada leptin hormonuna yönelik elde edilen bulgu, 500 ppm çinko içeren yemle beslenen sığırlarda (Sobhanirad ve Naserian, 2012) leptin hormon düzeylerinin etkilenmediği yönündeki bildirimlerle uyumlu olmadığı gözlemlendi. Yapılan çalışmalar arasında leptin ve çinko arasındaki ilişkiye yönelik birbirine ters bildirimlerin yer alması, çinko ilavesi ile kan leptin düzeyi ve yağ doku kitlesi arasındaki ilişkileri aydınlatmaya yönelik daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Araştırmada, yüksek çinko tüketimine bağlı olarak tiftik, karaciğer, böbrek ve pankreas örneklerinde çinko, bakır ve demir düzeylerine yönelik etkiler incelendiğinde; çinkonun karaciğerde özellikle 750 ve 1000 ppm ilavelerde önemli olmak üzere genelde yükseldiği, tiftikte de çinko düzeyinin ilavelere göre yükseldiği fakat bu yüksekliğin istatistiksel anlamda önemlilik düzeyine ulaşmadığı, böbrek bakır düzeylerinin yüksek çinko ilave edilenlerde önemli oranda azaldığı ancak daha yüksek ilave edilen çinkonun bu azalmayı artırmadığı, karaciğer demir düzeylerinin özellikle 750 ppm çinko ilavelerinde önemli düzeyde arttığı ancak 1000 ppm ilavede ise bu artışın gözlenmediği bulundu (Tablo 4.6). Eryavuz ve ark. (2002)'nin keçilerin yemine 250 ppm çinko ilavesinin dört ay sonraki tiftik çinko düzeylerini artırdığı yönündeki bildirimle bu çalışmada elde edilen tiftik çinko düzeyinin önemsiz düzeyde artışı rakamsal anlamda uyumluydu. Kıl mineral düzeylerinin uzun süreli yetersizlik ya da aşırılıkları gösterdiği bildirimini (Özdemir ve ark., (2006) dikkate alınırca, bu çalışmada keçilerin bir aylık süreyle çinko takviyeli yemle beslenmiş olmaları, ilavelerin tiftikteki çinko düzeyine etkilerini sınırlı kılmış olabilir. Çalışmada yeme çinko ilavesinin karaciğer çinko düzeyini artırması, koyunlarda yeme 700, 1400 ve 2100 ppm çinko (sülfat formunda) ilavesinin karaciğer çinko düzeyini düzeye bağlı olarak artırdığı yönündeki bildirimle (Sandoval ve ark. 1997) uyumluydu. Bununla birlikte aynı çalışmada ifade edilen pankreas ve böbrek dokusunda da artış olduğu yönündeki bulguyla bu çalışmada elde edilen bulgu arasındaki fark, denemelerde kullanılan hayvan türleri ve ilave çinko düzeylerindeki farklılıklara bağlanabilir. Bu çalışmada elde edilen bulgular; yüksek çinko ilaveli yemle 30 gün süreyle beslenen keçilerde, bakırın karaciğer ve böbrekte depolanımını azaltırken, demirin tiftik ve karaciğerde depolanımını artırdığına işaret etmektedir.

Keçilerde iz minerallerin doku birikimleri üzerine yüksek çinko içeren yemle beslemenin etkileri hakkında daha ayrıntılı bilgi edinebilmek için uzun süreli besleme çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

6. SONUÇ

Çalışma sonucu elde edilen bulguların:

- Tarımsal alanın geniş olduğu ve çinko eksikliğinin yaygın olduğu Orta Anadolu Bölgesi'nde yetiştirilen Ankara keçilerinin ekonomik açıdan aynı bölge ve şartlarda yetiştirilen koyun ve sığırlar gibi 1000 ppm gibi yüksek çinko içeren yemleri tolere edebilecekleri,
- Rumen fermentasyonunda değişiklikler oluşturmak için yeme yüksek düzeyde çinko ilavesinin özellikle rumen protozoon sayısını ve yem proteinlerinin mikrobiyel yıkılımını azaltmak amacıyla yararlı olabileceği,
- Hareket alanı sınırlandırılmış hayvanların yemine yüksek çinko katılmasının alyuvar sayıları ve hemoglobin miktarlarını korumasının nedenlerine yönelik ruminantlarda daha geniş araştırmalar yapılması ve söz konusu hayvanların verimlerindeki yararlarının belirlenmesi gerektiği,
- Yüksek çinko ilavesinin doku iz mineral düzeylerinde yol açtığı değişikliklerin tam ortaya konması için ruminant hayvanlarda daha uzun süreli araştırmalar yapılması gerektiği,
- Sığır ve koyunlar için maksimum tolere edilebilir düzey olarak gösterilen 1000 ppm çinko içeren rasyonun keçilerdeki etkilerini gösteren ilk çalışma olması nedeniyle özgün değer taşınması yanı sıra, başlıca tiftik veriminden yararlanmak amacıyla üretilen Ankara keçileri ile sütçü keçilerde verimi artırmaya, rumen içeriği ve hematolojik parametreler ile tiftik ve süt verim ve kalitesini belirlemeye yönelik yapılacak benzeri araştırmalarda kriter olarak değerlendirilebilmesi açısından yararlı olabileceği,

Özet bir ifadeyle, yeme yüksek düzeyde çinko katılmasının ruminant hayvanların, özellikle keçilerin, verim ve sağlığında yol açtığı olumlu ve olumsuz etkilerinin araştırıldığı çalışmalara destek olması ve daha ekonomik ve etkin hayvansal üretimin gerçekleşmesi için beklenen yararların elde edilmesine yeni bilgi sağlaması ile keçilerde maksimum tolere edilebilir çinko düzeyine yönelik literatür boşluğunu doldurabileceği kanaatine varıldı.

ÖZET

Keçilerde Yüksek Çinko Tüketiminin Hematolojik ve Biyokimyasal Parametreler ile Rumen Fermentasyonuna Etkisi

Bu tez araştırması, Ankara keçilerinin yemlerin yüksek düzeyde çinko ilave edildiğinde canlı ağırlık, kan parametreleri ve rumen içeriğinde ortaya çıkabilecek değişiklikler ile birlikte biyokimyasal ve hormonal etkilerinin saptamak üzere amaçlandı.

Araştırmada ortalama 35 kg canlı ağırlığında, bir yaşında 24 adet erkek Ankara keçisi kullanıldı. Hayvanlar beslendikleri yemlerin çinko içeriğine göre her grupta 6 hayvan olacak şekilde 4 gruba ayrıldılar. Kontrol grubu hayvanlar 31,76 ppm çinko içeren yemle beslenirken, deneme grubundakiler kontrol grubu hayvanlarının tükettiği yeme (deneme 1 grubu) 500 ppm, (deneme 2 grubu) 750 ppm ve (deneme 3 grubu) 1000 ppm çinko ilave edilerek beslendi.

Araştırmanın 15. ve 30. gününde hayvanların canlı ağırlığı kaydedilerek kan ve rumen içeriği örnekleri alındı. Rumen içeriğinde pH, amonyak, protozoon sayısı, Zn, Fe ve Cu düzeyleri; kanda ise alyuvar sayısı, hemoglobin miktarı, hematokrit değer, akyuvar sayısı ve yüzde oranları, plazma kolesterol, glikoz, üre, Zn, Fe ve Cu düzeyleri, serbest ve total T₃ ile T₄, leptin ve insulin hormon düzeyleri belirlendi. Çalışmanın sonunda hayvanlardan alınan tiftik, karaciğer, böbrek ve pankreas örneklerinde Zn, Cu ve Fe düzeyleri belirlendi.

Yeme çinko ilavesinin hayvanların canlı ağırlıkları ve rumen pH düzeylerine etkisinin olmadığı bulundu. Rumen içeriği amonyak azotu ve protozoon sayıları çinko ilavelerine bağlı olarak önemli oranda ($p<0,01$) azaldı. Çinko ilaveli yemle beslenen keçilerde rumen içeriği Zn düzeyleri yüksek bulunurken, Fe ve Cu düzeylerine, 1000 ppm ilaveli gruptakiler hariç, uygulamaların etkisinin olmadığı saptandı. Kontrol grubundaki hayvanların 15.gün örneklerine göre 30.gün örneklerinde alyuvar sayıları ve hemoglobin düzeylerinin önemli oranda ($p<0,05$) azaldığı çinko ilaveli gruplarda bu parametrelerin etkilenmediği saptandı. İncelenen diğer kan parametrelerinin uygulamadan etkilenmediği bulundu. Biyokimyasal parametrelerden plazma üre azotu, GSH ve çinko düzeyi artarken, kan leptin miktarı ve lipid peroksidasyonun azaldığı görüldü. Dokulardaki mineral ölçümü yapıldığında, karaciğer çinko ve demir düzeyleri ile tiftik demir düzeyinin arttığı, böbrek bakır düzeyini ise azalttığı görüldü.

Sonuç olarak, yeme yüksek düzeyde çinko ilavesini keçiler tarafından tolere edebileceği kanaatine varıldı.

Anahtar kelimeler: Ankara keçisi, Çinko, Rumen ve Biyokimyasal Özellikler, Oksidan-Antioksidan Denge, Rumen Protozoonları

SUMMARY

Effects of High Dietary Zinc Intake on Rumen Fermentation, Haematological and Biochemical Parameters in Goats

This study was performed in order to determine effects of diet containing high zinc on differences in rumen and blood parameters, live weight and oxidant-antioxidant balance in goats. In this study, twenty four male Angora goats, 12 months of age, and weighing approximately 35 kg were divided into four groups as: control group (C) fed with basal diet containing 31.76 ppm Zn, experimental group 1 (500) fed with basal diet supplemented 500 ppm Zn, experimental group 2 (750) fed with basal diet supplemented 750 ppm Zn and experimental group 3 (1000) fed with basal diet supplemented 1000 ppm Zn. The investigation was started after a 15 days adjustment period and lasted 30 days.

On days 15 and 30 of the study, the blood and rumen samples were taken from animals and weighed. While pH and ammonia levels, protozoon numbers, Zn, Fe and Cu concentrations were determined in rumen contents, red blood cell counters (RBC), hemoglobine, haematocrite level, white blood cell counters (WBC) and their differentiation ratios, plasma cholesterol, glucose and urea nitrogen, Zn, Fe and Cu concentrations, total and free T₃ and T₄, leptin and insulin levels were measured in the blood samples.

There were no differences for body weight and ruminal pH between the groups. Ruminal ammonia and protozoal numbers were decreased ($p < 0,01$) by high zinc supplementations. Rumen Zn concentration increased in the goats fed with high zinc, whereas there was no difference in rumen Fe and Cu concentration among treatments, except for 1000 ppm supplementation. RBC and hemoglobin levels decreased significantly ($p < 0,05$) in the control group goats on the fifteenth day than on the thirtieth day but there were no effects of zinc supplementations. High Zn supplementation to diet had not an effect on WBC and hematocrite levels in the goats.

High zinc supplementation to diet increased plasma urea nitrogen, GSH and Zn concentrations but decreased leptin concentration and lipid peroxidation. There were no differences in other blood parameters among treatments. High zinc supplementation to diet increased the liver Zn and Fe concentrations and mohair Fe levels but decreased the kidney Cu concentrations.

As a result, we concluded that the goats can tolerate the supplementation of high zinc to diet.

Key words: Angora goat, Rumen and Biochemical Properties, Oxidant-Antioxidant Balance, Rumen Protozoa

KAYNAKLAR

- ACKLAND, M.L., MICHALCZYK, A. (2006). Zinc deficiency and its inherited disorders - A Review. *Genes & Nutrition*, **1(1)**: 41-50.
- AKSOY G., ŞAHİN T., ÇİMTAY İ., ARSERİM-KAYA, N.B. (2002) Kuzularda çinko oksit uygulamalarının bazı biyokimyasal parametreler ve canlı ağırlık kazancı üzerine etkileri. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, **26**; 85-90.
- ALIOSMANOĞLU, I., KAPON, M., GUL, M., ARIKANOĞLU, Z., ONDER, A., TASKESEN, F., BASARILI, M.K., (2013). Effects of oferythropoietin on the serum and liver tissue levels of copper and zinc in rats with obstructive jaunolice. *J. Med. Biochem.*, **32**; 47-51.
- ALTINTAŞ, A., UYSAL, H., YILDIZ, S., GONCAGÜL, T. (1990). Akkaraman ve melezlerinde serum ve yapağ örneklerinde karşılaştırılmal mineral durumu. *Lalahan Hay.Araş.Enst.Derg.*, **30(1-4)**: 40-56.
- ALTINTAŞ A., FİDANCI UR. (1993). Evcil hayvanlarda ve insanda kanın biyokimyasal normal değerleri. *AÜ Vet Fak Derg*, **40(2)**; 173-186.
- ANTAPLI, M. (1990). Koyunların kanında çinko seviyeleri ile karbonik anhidraz aktiviteleri arasındaki ilişkilerin araştırılması. *Doğa-Tr. J. Anim. Sci.*, **14**: 272-281.
- AOAC. (1984). Official methods of analysis of the association of official analytical chemist. ISBN:0-935584-24-2.
- ARCASOY, A. (2002). Çinko ve Çinko Eksikliği 2. baskı. Öğütler ofset. İstanbul.
- ARELOVICH, H. M. (1998). Effects of zinc and manganese on digestion, ruminal and blood parameters of cattle fed prairie hay. Ph D thesis. Oklahoma State University, Stillwater.
- ARELOVICH, H.M., OWENS, F.N., HORN, G.W., VIZCARRA, J.A. (2000). Effects of supplemental zinc and manganese on ruminal fermentation, forage intake, and digestion by cattle fed prairie hay and urea. *J Anim Sci*, **78**; 2972-2979.
- ARTHUR, A.J. (2000). Trace minerals for beef cattle. Agriculture, Food and Rural Revitalization.Saskatchewan-Canada.
- ASİ, T. (1996). Tablolarla Biyokimya. Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul.
- ASLAN, A. (1997). Topraklarımızda çinko ve çok yönlü etkileri. *Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Dergisi*, **118**; 57-62.
- AŞKIN, İ. (2013). Sağlıklı ankara keçilerinin hematolojik ve biyokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniv. Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- AURTHOR, J.R., BECKETT, G.J. (1999). Thyroid function. *British Med Bull*, **55**: 658- 668.
- AVCI, G., KÜÇÜKKURT, İ., KONTAŞ, T., ERYAVUZ, A., FİDAN, F. (2013). Farklı ırk koyunlarda rasyona çinko ilave edilmesinin plazma leptin, insulin ve tiroid hormon düzeyleri ile bazı biyokimyasal parametreler üzerine etkisi. *Ankara Üniv. Vet. Fak. Derg.*, **60**; 1-5.

- AYAŞAN, T. (2009). Süt ineklerinin beslenmesinde süt üre nitrojenin önemi. *Gaziosmanpaşa Üniv Zir Fak Derg*, **26**, 27-33.
- BAGCI, A., ERDAL, I., GULTEKIN, I., YILMAZ, A., EKIZ, H., SADE, B., TORUN, M.B., CAKMAK, I. (2007). Effect of zinc fertilization and irrigation on grain yield, zinc concentration and quality of cereal species. ZINC CROPS. "Improving crop production and human health" 24-26 May 2007, Istanbul, Turkey.
- BAKER, D.H., AMMERMAN, C.B. (1995). Zinc bioavailability. In: C.B. Ammerman, D.H. Baker, and A.J. Lewis (Eds.). *Bioavailability of Nutrients for Animals: Amino Acids, Minerals, and Vitamins*. Academic Press, San Diego, CA. 367-398 pp.
- BALTACI, A.K., MOGULKOC, R., KUL, A., BEDİZ, C.S., UGUR, A. (2004a). Opposite effects of zinc and melatonin on thyroid hormones in rats. *Toxicology*, **195**; 69-75.
- BALTACI, A.K., SUNAR, F., MOGULKOC, R., OZTEKIN, E. (2004b). Effect of zinc deficiency and supplementation on lipid peroxidation of renal tissue in ovariectomized rats. *Biol. Trace Elem. Res.*, **101**:231-239.
- BALTACI AK, MOGULKOC R, HALIFEOGLU I. (2005). Effects of zinc deficiency and supplementation on plasma leptin levels in rats. *Biol Trace Elem Res.*, **104**: 41-46.
- BARCELOUX, D.G. (1999). *Zinc, Clin. Toxicol.*, **37**:279-292.
- BAŞOĞLU, A., SEVİNÇ, M. (2004). *Evcil Hayvanlarda Metabolik ve Endokrin Hastalıklar, Pozitif Matbacılık, Konya*. Sf.418-420.
- BATEMAN, H.G., WILLIAMS, C.C., GANTT, D.T., CHUNG, Y.H., BEEM, A.E., STANLEY, C.C., GOODIER, G.E., HOYT, P.G., WARD, J.D., BUNTING, L.D. (2004). Effects of zinc and sodium monensin on ruminal degradation of lysine-HCl and liquid 2-hydroxy-4-methylthiobutanoic acid. *J Dairy Sci*, **87**; 2571-2577.
- BAYSAL, A. (2002). *Beslenme*. 9.Baskı, Ankara: Hatiboğlu Yayıncılık, 131-2.
- BAYŞU SÖZBİLİR, N., BAYŞU, N. (2008). *Biyokimya, Güneş Kitabevleri, Ankara*. Sf.52.
- BELGEMEN, T., AKAR, N. (2004). Çinkonun yaşamsal fonksiyonları ve çinko metabolizması ile ilişkili genler. *Ankara Üni.Tıp.Fak.Mecmuası.*, **57(3)**: 161-166.
- BEUTLER, E., DURON, O., KELLY, B.M. (1963). Improved method for the determination of blood gultathione. *J Lab Clin Med*, **61**: 882-888.
- BEYERSMANN, D. (2002). Homeostasis and cellular functions of zinc. *Matt Wiss U.Werkstofftech*, **33**:764-769.
- BÖLÜKBASI, F. (1989). *Fizyoloji Ders Kitabı (Vücut Isısı ve Sindirim)*, Cilt I., A.Ü. Vet. Fak. Yayınları, AÜ Basımevi, Ankara.
- BONHOMME, A., DURAND, M., BEAUMATIN, P. (1979). Etude in vitro du compertamentdes populations microbieenes du rumen en presence de zinc sous forme de sulfate. *Ann.Biol.Anim.Biochem.Biophys.*, **19(3)**; 937-942.

- BONHOMME, A., QUINTANA, C., DURAND, M. (1980). Elektron microprobe analysis of zinc incorporation into rumen protozoa. *J Protozool*, **27** (4); 491-497.
- BONHOMME, A. (1990). Rumen ciliates: Their metabolism and relationship with bacteria and their hosts. *Anim Feed Sci Technol*, **30**; 203-266.
- CAMPBELL, J.K., MILLS, C.F. (1979). The toxicity of zinc to pregnant sheep. *Environ. Res.*, **20**; 1-13.
- CAMPBELL, M.H., MILLER, J.K. (1998). Effect of supplemental dietary vitamin E and zinc on reproductive performance of dairy cows and heifers fed excess iron. *J.Dairy Sci.*, **81**; 2693-2699.
- CASE, C.L., CARLSON, M.S. (2002). Effect of feeding organic and inorganic sources of additional zinc on growth performance and zinc balance in nursery pigs. *J. Anim. Sci.*, **80**; 1917-1924.
- CECAVA, M.J., HANCOCK, D.L., PARKER, J.E. (1993). Effects of zinc-treated soybean meal on ruminal fermentation and intestinal amino acid flows in steers fed corn silage-based diets. *J Anim Sci*, **71**; 3423-3431.
- CEYLAN, Z. G., TÜRKÖĞLU, H., ÇAĞLAR, A. (1998). Çinkonun vücuttaki fonksiyonları ve metabolizması. *I. Ulusal Çinko Kongresi*, 889-892, Eskişehir.
- CHADRA, R.K., MCBEAN, L.D. (1994). Zinc and immunity. *Nutr.*, **10**(1): 79-80.
- CHAUSMER, A.B. (1998). Zinc, insulin and diabetes. *J. Am. Coll.Nutr.*, **17**(2): 109- 118.
- CHHABRA, A., ARORA, S.P. (1985). Effect of Zn deficiency on serum vitamin A level, tissue enzymes and histological alterations in goats. *Livest. Prod. Sci.*, **12**, 69-77.
- CHHABRA, A., ARORA, S.P. (1993). Effect of vitamin A and Zn supplement on alcohol dehydrogenase and superoxide dismutase activities of goat tissues. *Indian J. Anim. Sci.*, **63**, 334-338.
- CHIEN, X.M.X., ZAFRA-STONE, S., BAGCHI, M., BAGCHI, D. (2006). Bioavailability, antioxidant and immune-enhancing properties of zinc methionine. *Biofactors*, **27**; 231-244.
- CORDOVA, A., NAVAS, F.J., ESCANERO, J.F. (1993). The Effect of Exercise and Zinc Supplement on The Haematological Parameters in Rats. *Biol Trace Elem Res*, **39** (1): 13-20.
- CORTESE, M.M., CHRISTOPH, V., SUSCHEK, C., WIEBKE-WETZEL, D., KLAUS-D., KRÖNCKE, E., KOLB-BACHOFEN V. (2008). Zinc protects endothelial cells from hydrogen peroxide via Nrf2-dependent stimulation of glutathione biosynthesis. *Free Radical Biology & Medicine*, **44**, 2002-2012.
- COUSINS, J.R. (1998). A role for zinc in the regulation of gene expression. *Proc. Nutr. Soc.*, **57**: 307-311.
- ÇAKATAY, U., TELCİ, A., KAYALI, R., TEKELİ, F., AKCAY, T., SİVAS, A. (2003). Relation of aging with oxidative protein damage parameters in the rat skeletal muscle. *Clin. Biochem.*, **36**: 51-55.

- ÇAMAŞ, H., BİLDİK, A., GÜLSER, F. (1998). Toprak, bitki ve koyunların kanında çinko miktarlarının araştırılması. *I. Ulusal Çinko Kongresi*, 637- 641.
- DASS, R.S., KUMAR, R., BHADANE, K.P., TIWARI, R.K., MUDGAL, V., GARG, A.K., VARSHNEY, V.P. (2009). Effect of zinc-sulphate treated soybean-meal feeding on nutrient utilization and blood metabolic profile in male Murrah buffalo calves. *Indian J. Anim. Sci.*, **79**, 1156–1160.
- DEHORITY, B.A. (1984). Evaluation of subsampling and fixation procedures used for counting rumen protozoa. *Appl. Environ. Microbiol.*, **48**, 182–185.
- DOĞANAY S, (1996). İzmir Bölgesi Koyunlarında Kan Serumu Bakır, Demir, Total Demir Bağlama Kapasitesi ve Çinko Düzeylerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- DÖNMEZ, N., KESKİN, E. (1999). Ankara keçilerinde rasyona çinko ilavesinin bazı hematolojik parametreler üzerine etkisi. *Vet.Bil.Derg.*, **15(2)**; 125-131,
- DRAPER, H. H., HARDLEY, M. (1990). Malondialdehyde determination as index of lipid peroxidation. *Methods Enzymol.*, **186**: 421-431
- DROKE, E.A., GENGBACH, G.P., SPEARS, J.W. (1998). Influence of level and source (inorganic vs organic) of zinc supplementation on immune function in growing lambs. *Asian Aust. J. Anim. Sci.*, **11**, 139–144.
- DURMUŞ, İ., ERYAVUZ, A. (2012). Ruminant hayvanlarda yüksek çinko tüketiminin etkileri. *Kocatepe Vet J*, **5(2)**: 35-42.
- DÜNDAR Y, ASLAN R. (2000). Hekimlikte Oksidatif Stres ve Antioksidanlar. AKÜ Yayınları, Yayın No, 29, Uyum Ajans, Ankara.
- DÜNDAR, Y., ASLAN, R., ERYAVUZ, A. (2004). Effects of defaunation and urea on glutathione and malondialdehyde levels in blood and rumen fluid of Ramlıç Lambs. *Tr.J.Vet.Anim.Sci.*, **28**; 265-269.
- EATON, S.B., EATON, S.B. (2000). Consumption of Trace Elements and Minerals by Pragricultural Humans Chepter 1. in:Clinical Nutrition of the Essential Trace Elements and Minerals Ed: Bogden J.D. Klevay L.M. *Humana Press*, Totowa, New Jersey.
- ENJALBERT, F., LEBRETON, P., SALAT, O. (2006).Effects of copper, zinc and selenium status on performance and health in commercial dairy and beef herds: Retrospective study. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, **90**; 459-466.
- ENSMINGER, M.E., PARKER, R.O. (1986). Sheep& Goat Science, Fifth Ed., pp, 235-251, The Interstate Printers & Publisher, Inc, Danville, Illiones.
- EREN, V., ATAY, O., GÖKDAL, Ö. (2011). Organik Bakır ve Çinko'nun Toklularda Canlı Ağırlık ile Bu Minerallerin Serum ve Yapağıdaki Düzeyleri Üzerine Etkisi. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, **17 (1)**: 95-99.
- ERYAVUZ, A. (2000). Defaunasyonun ruminantların sindirimine etkileri (Derleme). *Hayv. Araş. Derg.*, **10 (1-2)**; 78-84.

- ERYAVUZ, A., ALTUNOK, V., KESKİN, E., HALİLOĞLU, S. (2001). Ankara keçilerinde rasyona çinko ilavesinin ve defaunasyonun bazı plazma mineral madde düzeylerine etkileri. *Hayv.Araş. Derg.*, **11 (1)**; 39-43.
- ERYAVUZ, A., DURGUN, Z., KESKİN, E. (2002). Faunalı ve faunasız Ankara keçilerinde rasyona çinko katılmasının bazı rumen ve kan metabolitleri ile tiftik verimi ve niteliğine etkileri. *Tr. J. Vet. Anim. Sci.*, 26; 753-760.
- ERYAVUZ, A., AVCI, G., KUCUKKURT, I. , FIDAN, A. F. (2007). Comparison of plasma leptin, insulin and thyroid hormone concentrations and some biochemical parameters between fat-tailed and thin-tailed sheep breeds. *Revue Méd. Vét.*, **158**, 244-249.
- ERYAVUZ, A., DEHORITY, B.A. (2009). The effects of supplemental zinc concentration on cellulose digestion and cellulolytic and total bacterial numbers in vitro. *Anim. Feed Sci. and Technol.*, **151**, 175-183.
- ETZEL, K.R., SHAPIRO, S.G., COUSINS, R.J. (1979). Regulation of liver metallothionein and plasma zinc by the glucocorticoid dexamethasone. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **89**:1120-1126.
- FAIRBANKS, V.F., KLEE, G.G. (1987). Biochemical aspect of haematology. In: Tietz, N.W. (Ed.), *Fundamentals of Clinical Chemistry*, third ed., Saunders, Philadelphia, pp. 803–804.
- FRAKER, P.J., JARDIE, P., COOK, J. (1987). Zinc deficiency and immune function . *Arch. Dermatol.*, **123**: 1699-1701.
- FREDERICKSON, C.J., GIBLIN, L.J., BALAJI, R.V., MASALHA, R., FREDERICKSON, C.J., ZENG, Y., LOPEZ, E.V., KOH, J.Y., CHORIN, U., BESSER, L., HERSHFINKEL, M., LI, Y., THOMPSON, R.B., KREZEL, A. (2006). Synaptic release of zinc from brain slices: factors governing release, imaging, and accurate calculation of concentration. *J Neurosci Methods*, **154**: 19 –29.
- FRIDOVICH, I. (1995). Superoxide radical an superoxide dismutases. *Annu Rew Biochem*, **64**, 97–112.
- FROETSCHER, M.A., MARTIN, A.C., AMOS, H.E., EVANS, J.J. (1990). Effects of zinc sulfate concentration and feeding frequency on ruminal protozoal numbers, fermentation patterns and amino acid passage in steers. *J Anim Sci*, **68**; 2874-2884.
- GAAFAR, H. M. A., M. I. BASIUONI, M. F. E. ALI, A. A. SHITTA, A. SH. E. SHAMAS. (2010). Effect of zinc methionine supplementation on somatic cell count in milk and mastitis in Friesian cows. *Archiva Zootechnica*, **13:2**, 36-46.
- GARCIA, O.P., LONG, K.Z., ROSADO, J.L. (2009). Impact of micronutrient deficiencies on obesity. *Nutr Rev.*, **67**: 559-572.
- GARG, A.K., MUDGAL, V., DASS, R.S. (2008). Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization and mineral profile in lambs. *Anim. Feed Sci. Tech.*, **144 (1-2)**: 82-96.
- GARIPOĞLU, A.V., SARIÇİÇEK, B.Z. (2000). “Rumen bakterileri.” *OMÜ, Zir.Fak.Dergisi*, **15 (3)**: 131-137.

- GEORING, H.K., VAN SOEST, P.J. (1970). Forage fiber analysis agric. Handbook No: 379. (Agricultural Research Service) U.S.Dep. Agric. Washington, D.C.
- GOMEZ-GARCIA, A., HERNANDEZ-SALAZAR, E., GONZALEZ-ORTIZ, M., MARTÍNEZ-ABUNDÍS, E. (2006). Effect of oral zinc administration on insulin sensitivity, leptin and androgens in obese males. *Rev. Med. Chil.*, **134**, 279-284.
- GONZOLES, G.F., TAPIA, V., MANUEL, G., RUBIO, J., GONZOLES-CASTAÑEDA, C. (2011). High serum zinc and serum testosterone levels were associated with excessive erythrocytosis in men at high altitudes. *Endocrine*, **40(3)**: 472-480.
- GÖRGÜLÜ, H., KUTLU, R., BAYKAL, L., ERDAL, İ., ÇAKMAK, İ. (1997). Çukurova bölgesinde yaygın kullanılan bazı yem hammaddelerinin çinko düzeylerinin belirlenmesi üzerinde bir araştırma. *Ulusal Çinko Kongresi*, Anadolu Tarımsal Araştırma Enst. Eskişehir. 12-16 Mayıs.
- GÖRGÜLÜ, M. (2009). Büyük ve Küçükbaş Hayvan Besleme. Adana, Bölüm IV, Sy. 40.
- GRACE, N.D, LEE, J. (1990). Effect of Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Sc and Zn supplementanion on the elemental content of soft tissues and bone in sheep grazing ryegrass a white clover pasture, New Zeland. *J. Agr. Res.*, **33**, 635-647.
- GUPTA, R.P., VERMA, P.C., PAUL-GUPTA, R.K. (1985). Experimental Zinc Deficiency in Guinea-Pigs: Clinical Signs and Haematological Studies. *Brit. J. Nutr.*, 54:421-428.
- GÜÇÜŞ, A.İ, ÖNCÜLER, A., KALKANDELEN, G., BAKİOĞLU, T.(1998). Koyun ve sığırlarda plazma çinko düzeyinin bölgesle ve mevsimsel değişimleri. *I. Ulusal Çinko Kongresi*, 629-636.
- HANTKE, K. (2005).Bacterial zinc uptake and regulators. *Curr. Opin. Microbiol.*, **8**:196-202.
- HATFIELD, P.G., SNOWDER, G.D., HEAD, W.A., GLIMP, H.A., STOBART, R.H., BESSER, T. (1995). Production by ewes rearing single or twin lambs: Effects of dietary crude protein percentage and supplemental zinc methionine. *J Anim Sci*, **73**: 1227-1238.
- HAYAT, H.M., EL-NOUR, H., ABDEL- RAHMAN, M.A., EL-WAKEEL, S.A. (2010). Effect of Zinc-Methionin Supplementation on Reproductive Performance, Kid's Performance, Minerals Profile and Milk Quality in Early Lactating Baladi Goat. *World Applied Sciences Journal*, **9(3)**: 275-282.
- HENRY, P.R., R.C. LITTELL, C.B. AMMERMAN. (1997). Effect of high dietary zinc concentration and length of zinc feeding on feed intake and tissue zinc concentration in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **66**; 237-245.
- İNAL, F. (1997). Ankara Keçileri ve Etçi Keçilerin Beslenmesi, Hayvan Besleme Ders Notları. B. Coşkun, E. Şeker, F. İnal. *S.Ü.Vet.Fak. Yayın Ünitesi*, Konya, 141-146.
- IVAN, M., DAYRELL, M.S., HIDIROGLOU, M. (1992). Effects of Bentonite and Monensin on selected elements in the stomach and liver of fauna-free and faunated sheep. *J Dairy Sci*, **75**; 201-208.
- JENKINS, K., KRAMER, J.K.G. (1992). Changes in lipid composition of calf tissues by excess dietary zinc. *J Dairy Science*, **75**: 1313-1319.

- JIA, W., JIA, Z., ZHANG, W., WANG, R., RUNLIAN, W., ZHANG, S., ZHU, X. (2008). Effects of dietary zinc on performance, nutrient digestibility and plasma zinc status in Cashmere goats. *Small Rum.Res.*, **80**; 68-72.
- JING, M.Y., SUN, J.Y., SUN, W., QIAN, L.C., WENG, X.Y. (2007). Effects of zinc on hepatic antioxidant systems and the mRNA expression levels assayed by cDNA microarrays in rats. *Ann. Nutr. Metab.*, **51**; 345-351.
- JOHANNES, W., SWINKLES, M., KORNEGAY, E.T., VERSTEGEN, M.W. (1994). Biology of zinc and biological value of dietary organic zinc complexes and chelates. *Nutr. Res. Rev.*, **7**: 129-149.
- JOUANY, J. P., IVAN, M., PAPON, Y., LASSALAS, B. (1992) Effects of *Isotricha*, *Eudiplodinium*, *Epidinium* + *Entodinium*, and a mixed population of rumen protozoa on the in vitro degradation of fishmeal, soybean meal and casein. *Can. J. Anim. Sci.*, **72**: 871-880.
- KAMRA, D.N. (2005). Rumen microbial ecosystem. *Curr. Sci. India*, **89**: 124-135.
- KANEKO, J.J. (1989). Clinical Biochemistry of Domestic Animals. USA.
- KARR, K.J., K.A. DAWSON, G.E. MITCHELL. (1991). Inhibitory effects of zinc on the growth and proteolytic activity of selected strains of ruminal bacteria. *Beef Cattle Res.Rep*, No.337. Univ. of Kentucky, Lexington. P 27.
- KAYA, Ş., KOCABATMAZ, M. (1998). Değişik oranlarda üre kapsayan rasyonların Ankara Keçisi'nin rumen ve kan metabolitleri üzerindeki etkisi. *Vet. Bil. Derg.*, **14(1)**: 15-24.
- KATOULI, M., L. MELIN, M. JENSEN-WAERN, P. WALLGREN, R. MOLLBY. (1999). The effect of zinc oxide supplementation on the stability of the intestinal flora with special reference to composition of coliforms in weaned pigs. *J.Appl. Microbiol.*, **87**; 564-573.
- KECECİ, T. KESKİN, E. (2002). Zinc supplementation decreases total thyroid hormone concentration in small ruminants. *Acta Vet. Hung.*, **50**; 93-100.
- KELLOGG, D.W., D. J. TOMLINSON, M. T. SOCHA, AND A. B. JOHNSON. (2004). Review: Effects of zinc methionine complex on milk production and somatic cell count of dairy cows: Twelve-trial summary. *Prof. Anim. Sci.*, **20**:295-301.
- KENNEDY, D.W., CRAIG, W.M., SOUTHERN, L.L. (1993). Ruminal distribution of zinc in steers fed a polysaccharide-zinc complex or zinc oxide. *J Anim Sci*, **71**; 1281-1287,
- KIM, W.K., P.H. PATTERSON. (2005). Effects of dietary zinc supplementation on hen performance, ammonia volatilization, and nitrogen retention in manure. *J. Environ. Sci. Health B.*, **40**; 675-686.
- KINCAID, R.L., CHEW, B.P., CRONRATH, J.D. (1997). Zinc oxide and amino acids as sources of dietary zinc for calves: Effects on uptake and immunity. *J Dairy Sci*, **80**; 1381-1388.
- KING, J.C., SHAMES, D.M., WOODHOUSE, L.R. (2000). Zinc homeostasis in humans, *J. Nutr.*, **130**: 1360-1366.
- KIRCHGESSNER, M. (1985). Hayvan Besleme, Tübitak Fotoğraf Klişe Laboratuvarı ve Ofset Tesisleri, Ankara.

- KOCABATMAZ, M. (1980). Değişik oranlarda şeker pancarı posası kapsayan rasyonların Akkaraman koyunlarda rumen mikrofaunası üzerindeki etkileri ile rumen içeriği ve bazı kan metabolitleri üzerindeki fizyolojik değişiklikler. TÜBİTAK, VHAG-475. Kesin Rapor.
- KONUK., T. (1981). .Pratik Fizyoloji. A.Ü. Vet. Fak. Yayınları Yayın No:378. İkinci Baskı. Ankara.
- KOPER, J., ZAMORSKY, R. (1990). The concentration of zinc and magnesium in the ewe and their progeny from a farm in vicinity of Bydgoszcz. *Medycyna Weterynaryjna*, **6**, 355-357.
- KORACEVIC, D., KORACEVIC, G., DJORDJEVIC, V., ANDREJEVIC, S., COSIC, V. (2001). Method for the measurement of antioxidant activity in human fluids. *J Clin Pathol*, **54**: 356-361.
- KREBS, N.F., HAMBIDGE, K.M. (2001). Zinc metabolism and homeostasis: the application of tracer techniques to human zinc physiology. *Biometals*, **14**, 397-412.
- KUMAR, S., DAGAR, S.S., PUNIYA-KUMAR, A. UPADHYAY, C.H. (2013). Changes in methane emission, rumen fermentation in response to diet and microbial interactions. *Research in Veterinary Science*, **94**; 263-268.
- KUMAR, S., PUNIYA, A.K., PUNIYA, M., DAGAR, S.S., SIROHI, S.K., SINGH, K., GRIFFITH, G.W. (2009). Factors affecting rumen methanogens and methane mitigation strategies. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, **25**, 1557-1566.
- KUTLU, H.R., SERBESTER, U. (2014). Ruminant beslemede son gelişmeler. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, **2(1)**: 18-37.
- KWON, I.S., CHO, Y.E., LOMEDA, R.A., KWON, S.T., KIM, Y., BEATTIE, J.H. (2007). Marginal zinc deficiency in rats decreases leptin expression independently of food intake and corticotrophin-releasing hormone in relation to food intake. *Br. J. Nutr.*, **98**, 485-489.
- LALEH, P., ALIREZA, O., MAJID, M., BISHAK, Y.K., MOHAMMAD, A.J. (2013). Effects of zinc supplementation on serum leptin level and insulin sensitivity in obese people. *Trace Elements and Electrolytes*, 1-6.
- LEONARD, A., GERBER, G.B., LEONARD, E. (1986). Mutagenicity, carcinogenicity and teratogenicity of zinc. *Biomedical Division*, **168**: 342-353.
- LI, X., GUAN, Y., SHI, X., DING, H., SONG, Y., LI, C., LIU, R., LIU, G. (2013). Effects of High Zinc Levels on the Lipid Synthesis in Rat Hepatocytes. *Biol Trace Elem Res*, **154**:97-102.
- LIN, C.C., HUANG, J.F., TSAI, L.Y., HUANG, Y.L. (2006). Selenium, iron, copper, and zinc levels and copper-to-zinc ratios in serum of patients at different stages of viral hepatic diseases. *Biol. Trace Elem. Res.*, **109**, 15-24.
- MALCOLM-CALLIS, K.J., DUFF, G.C., GUNTER, S.A., KEGLEY, E.B., VERMEIRE, D.A. (2000). Effects of supplemental zinc concentration and source on performance, carcass characteristics, and serum values in finishing beef steers. *J. Anim. Sci.*, **78**; 2801-2808.
- MANDAL, G.P., DASS, R.S., ISORE, D.P., GARG, A.K., RAMB, G.C. (2007). Effect of zinc supplementation from two sources on growth, nutrient utilization and immune response in

- male crossbred cattle (*Bos indicus* × *Bos taurus*) bulls. *Animal Feed Science and Technology*, **138**: 1–12.
- MANDAL, G.P., DASS, R.S. (2010). Haemato-biochemical profile of crossbred calves supplemented with inorganic and organic source of zinc. *Indian J. Anim. Res.*, **44** (3) : 197-200.
- MANTZOROS, C.S., PRASAD, A.S., BECK, F.W., GRABOWSKI, S., KAPLAN, J., ADAIR, C., BREWER, G.J. (1998). Zinc may regulate serum leptin concentrations in humans. *J Am Coll Nutr.*, **17**: 270-275.
- MARREIRO, D.N., GELONEZE, B., TAMBASCIA, M.A., LERARIO, A.C., HALPERN, A., COZZOLINO, S. M. F. (2006). Effect of zinc supplementation on serum leptin levels and insulin resistance of obese women. *Biological Trace Element Research*, **112**; 109-118.
- MARTTILA, R.J., LORENTZ, H., RINNE, U.K. (1988). Oxygen toxicity protecting enzymes in Parkinson's disease: increase of superoxide dismutase activity-like activity in the substantia nigra and basal nucleus. *J Neurol Sci*, **86**, 321-331.
- MCALLISTER, T.A., BAE, H.D., JONES, G.A., CHENG, K.J. (1994). Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *J. Anim. Sci.*, **72**: 3004-3018.
- MCALLISTER, T. (2000) Learning More About Rumen Bugs: Genetics and Environmental Factors Affecting Rumen Bugs. Southern Alberta Beef Review -January, Volume 2, Issue 1.
- MCDOWELL, L.R. (1992). Zinc. In: Minerals in animal and human nutrition. Ed. by T.J. Cunha. Academic Press Inc., San Diego, 265-293 pp.
- MERCAN, U. (2004). Toksikolojide serbest radikallerin önemi. *YYU Vet Fak Derg.*, **15**(1-2); 91-96.
- MESCHY, F. (2000). Recent progress in the assessment of mineral requirements of goats. *Live. Prod. Sci.*, **64**, 9-14.
- MILLER, W.J., AMOS, H.E., GENTRY, R.P., BLACKMON, D.M., DURRANCE, R.M., CROWE, C.T., FIELDING, A.S., NEATHERY, M.W. (1989). Long-term feeding of high zinc sulfate diets to lactating and gestating dairy cows. *J Dairy Sci.*, **72**; 1499-1508.
- MILLER, J.K. BRZEZINSKA-SLEBODZINSKA, E. (1993). Oxidative stress, antioxidants, and animal functions. *J. Dairy Sci.*, **76**; 2812-2823.
- MILLER, L.V., HANBRIGE, K.M., NAAKE, V.L., HONG, Z., WESCOTT, J.L., FENNESEY, P.V. (1994). Size of the zinc pools that exchange rapidly with plasma zinc in humans: Alternative technologies for measuring and relation to dietary zinc intake. *J. Nutr.*, **124**: 268-276.
- MOCHEGANI, E., MUZZIOL, M. (2000). Therapeutic application of zinc in human immunodeficiency virus against opportunistic infections. *J. Nutr.*, **130**, 1424–1431
- MOCHEGANI, E., BERTONI-FREDDARI, C., MARCELLINI, F., MALAVOLTA, M. (2005). Aging and neurodegeneration: Role of zinc ion availability. *Progress in Neurobiology*, **75**, 367–390.

- MOUSA, S.A. (2014). Influence of in vitro addition of metal ions salts on rumen fermentation parameters and selected ruminalenzymes activity in sheep and goats. *Life Science Journal*, **11(4)**: 198-203.
- MUNYAN, V. (2007). Sabancı Üniversitesi'nin kuraklığa dayanan buğday arayışına Gates desteği. 6 Ağustos 2007, Hürriyet Gazetesi.
- NAGALAKSHMI, D., DHANALAKSHMI, K., HIMABINDU, D. (2009). Effects of dose and source of supplemental zinc on immune response and oxidative enzymes in lambs. *Vet Res Commun*, **33**: 631-644.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1980). Mineral Tolerance of Domestic Animals. National Research Council: National Academy Press Washington, D.C.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2001). Nutrient Requirement of Dairy Cattle. National Research Council. Seventh Revised Edition. National Academy Press Washington, D.C.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. 6th. ed. Washington, DC: National Academy Press, 384 p.
- NAZIFI, S., SAEB, M., ABANGAH, E., KARIMI, T. (2008). Studies on the relationship between thyroid hormones and some trace elements in the blood serum of Iranian fat-tailed sheep. *Veterinarski Archiv*, **78**, 159-165.
- NELSON, D.R., WOLFF, W.A., BLODGETT, D.J., LUECKE, B., ELY, R.W., ZACHARY, J.F. (1984). Zinc deficiency in sheep and goats: Three field cases. *Javma.*, **184(12)**: 1480-1485.
- OLGUN, O. (2014). Yumurta Tavukları ve Brodyerlerde Kemiğin Biyomekanik Özelliklerine Beslemenin Etkisi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, **2(3)**: 132-136.
- OLUSI, S., AL-AWADHI, A., ABIKA, C., ABRAHAM, M., GEORGE, S. (2003). Serum copper levels and not zinc are positively associated with serum leptin concentrations in the healthy adult population. *Biol Trace Elem Res.*, **91**, 137-144.
- OTT, E.A, SMITH, W.H., HARRINGTON, B.B., BECSON, W.M. (1966). Zinc toxicity in ruminants. II. Effects of high levels of dietary zinc on gains feed consumption and feed efficiency of beef cattle. *J. Anim. Sci.*, **25**: 419-423.
- ÖNDER, F., KEÇECİ, T. (2003). Konya merinosu kuzularda rasyona çinko ve bakır ilavesinin bazı hematolojik parametrelere etkisi. *İstanbul Üniv Vet Fak Derg*, **29(1)**: 33-41.
- ÖZDEMİR, M., ÇINAR, M., HALİLOĞLU, S., ERYAVUZ, A. (2006). Effects of Defaunation and Dietary Nitrogen Source on Sodium, Potassium, Iron and Zinc in the Rumen Fluid, Plasma and Wool of Lambs. *Tr J Vet Anim Sci*, **30**; 367-373.
- ÖZEL, O.T. (2005). Ruminantlarda yemlemeye bağlı olarak değişen rumen mikrobiyal popülasyonun belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, OMÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ÖZKUL, H., ŞAYAN, Y., POLAT, M. (2003). Ruminantların Beslenmesinde Organik İz Mineraller. *Hayvansal Üretim*, **44(1)**: 37-43.

- PASTRANA, R., MCDOWELL, L.A., CONRAD, J.H., WILKINSON, N.S. (1991). Mineral status of sheep in the paramo region of Colombia. II Trace minerals. *Small Ruminant Research*, **5**, 23-34.
- PAVLATA, L., CHOMAT, M., PECHOVA, A., MISUROVA, L., DVORAK, R. (2011). Impact of long-term supplementation of zinc and selenium on their content in blood and hair in goats. *Veterinarni Medicina*, **56**, 63-74.
- PECHOVA, A., MISUROVA, L., PAVLATA, L., DVORAK, R. (2009). The influence of supplementation of different forms of zinc in goats on the zinc concentration in blood plasma and milk. *Biol.Trac.Elem.Res.*, **132**, 112-121.
- PUCHALA, R., T. SAHLU AND J.J. DAVIS. (1999). Effects of zinc-methionine on performance of Angora goats. *Small Rum. Res.*, **33**; 1-8.
- RANJAN, R., SWARUP, D., NARESH, R., PATRA, R.C. (2005). Enhanced erythrocytic lipid peroxides and reduced plasma ascorbic acid, and alteration in blood trace elements level in dairy cows with mastitis. *Vet Res Commun.*, **29**; 27-34.
- REID, R.L., JUNG, G.A., STOUT, W.L., RANNEY, T.S. (1987). Effect of varying zinc concentrations on quality of alfalfa for lambs. *J Anim Sci*, **64**; 1735-1742.
- RERRY, T.W., CULLISON, A.E., LOWREY, R.S. (2003). Feeds and Feeding. *Prentice Hall*, 6th ed., New Jersey.
- REUTER, M., BESLER, B., MASTERS, H. (1987): Zinc responsive alopecia and hyperkeratosis in Angora goats. *Austr. Vet. J.* **11**, 351-352.
- RODRIGUEZ, B.T., ARELOVICH, H.M., VILLALBA, J.J., LABORDE, H.E. (1995). Dietary supplementation with zinc and manganese improves the efficiency of nitrogen utilization by lambs. *J. Anim. Sci.*, **37**(1); 1233 (Abstract).
- ROJAS, L.X., MCDOWELL, L. R, COUSINS, R. J., MARTIN, F.G., WILKINSON, N.S., JOHNSON, A.B., VELASQUEZ, J.B. (1995). Relative bioavailability of two organic and two inorganic zinc sources fed to sheep. *J Anim Sci*, **73**: 1202-1207.
- ROTH, H.P., KIRCHGESSNER, M. (1997). Course of concentration changes of growth hormone, IGF-1, insulin and c-peptide in serum, pituitary and liver of zinc-deficient rats. *J. Anim. Phys. Anim. Nutr.*, **77**, 91-101.
- RUN, L. W., JIAN, G.L., LIN, L., LI, Y.Z., SU, F.L., XU, G. L. (2013). Effect of Zinc Source on Performance, Zinc Status, Immune Response, and Rumen Fermentation of Lactating Cows. *Biol Trace Elem Res*, **152**: 16-24.
- RUSSELL, J.B., RYCHLIK, J.L. (2001). Factors that alter rumen microbial ecology. *Science*, **292**: 1119-1122.
- RYAN, P.J., KEARNS, P., QUINN, T. (2002). Bioavailability of dietary copper and zinc in adult Texel sheep: A comparative study of the effects of sulphate and bioplex supplementation. *Irish Veterinary Journal*, **55**: 221-224.

- SAGGU, H., COOKSE, J., DEXTER, D., WELLS, F.R., LEES, A., JENNER, P., MARSDEN, C.D. (1989). A selective increase in particulate superoxide dismutase activity in parkinsonian substantia nigra. *J Neurochem*, **53**, 692-697.
- SALAMA, A.A.K., CAJA, G., ALBANELL, E., SUCH, X., CASALS, R., PLAIXATS, J. (2003). Effects of dietary supplements of zinc –methionine on milk production, udder health and zinc metabolism in dairy goats. *J. Dairy Res.*, **70**; 9-17.
- SALGUERIO, M.J., ZUBILLAGA, M., LYSIONEK, A., SARABIA, M.I., CARO, R., DE PAOL T. (2002). Zinc as an essential micronutrient: A Review. *Nutr. Res.*, **20(5)**: 737-755.
- SANDOVAL, M., HENRY, P.R., LITTLE, R.C., COUSINS, R.J., AMMERMAN, C.B. (1997). Estimation of the relative bioavailability of zinc from inorganic zinc sources for sheep. *Anim Feed Sci Technol*, **66**; 223-235.
- SANDSTEAD, H.H. (2000). Zinc: Growth development and function. *J Trace Elem Experim Med*, **13**: 41–49.
- SANER, G. (2002). Mikroelementler (Çinko), Pediatri (Neyzi O., Ertugrul T). Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul., 1. cilt, 3. Baskı.
- SARI, M., ÇERÇİ, H., DENİZ, S., ve ARK. (2008). Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları (1. Baskı), Medipres Matbaacılık Yayıncılık, Malatya.
- SBERMAN, A.R. (2000). Immune Dysfunction in Iron, Copper, and Zinc Deficiencies. Chapter 1. in: Clinical Nutrition of the Essential Trace Elements and Minerals Ed: Bogden J.D. Klevay L.M. *Humana Press*, Totowa, New Jersey.
- SCOTT, G.E. (1982). “Nutrition” in: The Sheepman’s Production Handbook. Sheep Industry Development Program. Colorado, USA.
- SENSI, L.S., PAOLETTI, P., KOH, J.Y., AIZENMAN, E., BUSH, A.I., HERSHFINKEL, M. (2011). The Neurophysiology and Pathology of Brain Zinc. *Journal of Neuroscience*, **31(45)**:16076 –16085.
- SHENA, S.G., LIA, H., ZHAOA, Y.Y., ZHANGB, Q.Y., SUNA, H.W. (2005). The distribution patterns of trace elements in the blood and organs in a rabbit experimental model of copper pollution and study of haematology and biochemistry parameters. *Envir. Toxicol. Pharmacol.*, **19**, 379-384.
- SHAHEEN, A.A., EL-FATTAH, A.A. (1995). Effect of Dietary Zinc on Lipid Peroxidation, Glutathione, Protein Thiols Levels and Superoxide Dismutase Activity in Rat Tissues. *Int J Biochem Cell Biol*, **27(1)**: 89-95.
- SINGH, A.P., NETRA, P.R., VASHISTHA, M.S., SHARMA, S.N. (1994). Zinc Deficiency in Cattle. *Ind. J. Anim. Sci.*, **64 (1)**: 35-40.
- SOBHANIRAD, S., CARLSON, D., KASHANI, R.B. (2010). Effect of Zinc Methionine or Zinc Sulfate Supplementation on Milk Production and Composition of Milk in Lactating Dairy Cows. *Biol. Trace. Elem. Res.*, **136**: 48–54.

- SOBHANIRAD, S., NASERIAN, A.A.(2012). Effects of high dietary zinc concentration and zinc sources on hematology and biochemistry of blood serum in Holstein dairy cows *Anim. Feed Sci. and Technol.*, **177**: 242-246.
- SONAWANE, S.N., ARORA, S.P. (1976). Influence of zinc supplementation on rumen microbial protein synthesis in in vitro studies. *Indian J. Anim. Sci.*, **46**:13-18.
- SPEARS, J.W., HATFIELD, E.E. (1978). Nickel for Ruminants I. Influence of Dietary Nickel on Ruminal urease activity. *J. Anim. Sci.*, **47**:1345-1350.
- SPEARS, J.W. (1989). Zinc methionine for ruminants: Relative bioavailability of zinc in lambs and effects of growth and performance of growing heifers. *J. Anim. Sci.*, **67**: 835–843.
- SPEARS, J.W. (1996.)Organic trace minerals in ruminant nutrition. *Anim. Feed Sci. a. Technol.*, **58**: 151-163.
- SPEARS, J.W. (2003). Trace mineral bioavailability in ruminants. *J. Nutr.*, **133**, 1506S-1509S.
- SPSS ver. : 16.0 Software for MS Windows. SPSS Inc., Chicago, IL, USA.
- STAFANIDOU, M., MARAVELIAS, C., DONA, A., SPILIOPOULOU, C. (2006). Zinc: a multipurpose trace element. *Arch. Toxicol.*, **80**: 1-9.
- STAKE, P.E., MILLER, W. J., GENTRY, R.P., NEATHERY, M.W. (1975). Zinc metabolic adaptations in calves fed a high but nontoxic zinc level for varying time periods. *Journal of Animal Science*, **40(1)**: 132-137.
- STURNIOLO, G.C., MESTRINER, C., RENATA, D. (2000). Trace Element and Mineral Nutrition in Gastrointestinal Disease Chapter 1. in:Clinical Nutrition of the Essential Trace Elements and Minerals Ed: Bogden J.D. Klevay L.M. *Humana Press*,Totowa, New Jersey.
- SULU, N., BÖLÜKBAŞI, F., BÖRKÜ, K. (1988). Merinos koyunları rumen sıvısında protozoa sayısı ve bazı protozoon tiplerinin identifikasyonu. *AÜ Vet Fak Derg.*, **35 (1)**; 157-168.
- SUTTLE, N.F. (2010). Mineral Nutrition of Livestock, 4th Edition. *Chapter 16*, 425-458.
- ŞAHİN, G. (2013). Türkiye’de Ankara keçisi (*Capra hircus ancryrensis*) yetiştiriciliğinin dünü bugünü ve yarını. *CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, **11 (2)**, 338-352.
- ŞANLI, Y., KAYA, S. (1991). Veteriner Farmakoloji ve İlaçla Sağlık Seçenekleri. *Medisan Yayınları*, No:4, Ankara.
- TALLMAN, D.L., TAYLOR, C.G. (2003). Effects of dietary fat and zinc on adiposity, serum leptin and adipose fatty acid composition in C57BL/6J mice. *J Nutr Biochem.*, **14**, 17-23.
- TAPIERO, H., TEW, K.D.(2003). Trace elements in human physiology and pathology: zinc andmetallothioneins. *Biomed. Pharmacother.*, **57**: 399-411.
- TAYLOR, J.A., SIMONS, T.J.B. (1994). The Mechanism of zinc uptake by cultured rat liver cells. *J. Physiol.*, **474**:55-64.

- TOMLINSON, D.J., MULLING, C.H., FAKLER, T.M. (2004). Formation of Keratins in Bovine Claw: Roles of Hormones, Minerals and Vitamins in Functional Claw Integrity. *J. Dairy Sci.*, **87**: 797-809.
- TORRES-VEGA, A., PLIEGO-RIVERO, B.F., OTERO-OJEDA, G.A., GÓMEZ-OLIVÁN, L.M., VIEYRA-REYES, P. (2012). Limbic system pathologies associated with deficiencies and excesses of the trace elements iron, zinc, copper, and selenium. *Nutr Rev*, **70(12)**: 679-92.
- TUCKER, H.F., SALMON, W.D. (1955). Parakeratosis or zinc deficiency disease in the pig. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **88**: 613-616.
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu). (2013). <http://www.tuik.gov.tr/>, Son erişim: (04.07.2013).
- UNDERWOOD, E.J. (1977). Copper. (In) Trace Elements in Human and Animal Nutrition. 4th Edition, 57- 100, *Academic Press.*, New York.
- UNDERWOOD, E.J., SUTTLE, N.F. (1999) *The Mineral Nutrition of Livestock*, 3rd edn. CAB International, Wallingford, UK.
- UYANIK, F. (1998). Hayvanlarda çinko metabolizması. *Erciyes Üniv. Sağlık Bilim. Derg.*, **7(1-2)**: 58-66.
- UYANIK, F. (2000). Bazı iz elementlerin organizmadaki başlıca fonksiyonları ve bağışıklık üzerine etkileri. *Erciyes Üni.Sağlık Bilimleri Derg.*, **9(2)**: 49-58.
- ÜLGER, H., COŞKUN A. (2003). Çinko: Temel fonksiyonları ve metabolizması. *Düzce Tıp Fak. Derg.*, **5(2)**: 38-44.
- VALLEE, B.L., FALCHUK, K.H. (1993). The biochemical basis of zinc physiology. *Physiol. Rev.*, **73**, 79-118.
- WALKER, C.F., KORDAS, K., STOLTZFUS, R.J., BLACK, R.E. (2005). Interactive effects of iron and zinc on biochemical and functional outcomes in supplementation trials. *Am. J. Clin. Nutr.*, **82**, 5-12.
- WHITE, C.L., MARTIN, G.B., HYND, P.I., CHAPMAN, E. (1994). The effect of zinc deficiency on wool growth and skin and wool follicle histology of male Merino lambs. *Br J Nutr*, **71**; 425-435.
- WHITNEY, E.N., HAMILTON, E.M.N., ROLFES, S.R. (1990). Understanding Nutrition. Fifth Edition. New York: *West Publishing Company*, 326-31.
- WILDE, D. (2006). Influence of macro and micro minerals in the peri-parturient period on fertility in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, **96 (3-4)**; 240-249.
- WITTEW, F.G., GALLARDO, P., REYES, J., OPTIZ, H. (1999). Bulk milk urea concentrations and their relationship with cow fertility in grazing dairy herds in southern Chile. *Prev. Vet. Med.*, **38**, 159-166.
- WRIGHT, C.L., SPEARS, J.W. (2004). Effect of zinc source and dietary level on zinc metabolism.